UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DEL CANTO DE LA BALLENA JOROBADA (*MEGAPTERA NOVAEANGLIAE*) EN LOS CABOS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

(BIOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:

DIANA CARINA LÓPEZ ARZATE

TUTOR: DR. JORGE URBÁN RAMIREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

ASESORES EXTERNOS:

DR. AARON THODE. -SCRIPPS INSTITUTION OF OCEANOGRAPHY

M. EN C. SANDRA ELIZABETH SMITH AGUILAR. -CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

DRA. CARMEN BAZÚA DURÁN. -UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

DR. EDUARDO ROMERO VIVAS. -CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE

DR. HÉCTOR REYES BONILLA. - UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

DR. JUAN PABLO GALLO REYNOSO. -CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO

MÉXICO, D.F., NOVIEMBRE DE 2015

Dedicatoria

A mi hermosa familia porque, gracias a su cariño, apoyo, paciencia y gran amor he podido seguir cumpliendo mis sueños. Gracias por mantenerme firme y proporcionarme la plataforma emocional, espiritual y material para iniciar y consumar este logro. Los amo con todo mi corazón.

Foto: Hiram Rosales Nanduca

"El que quiere nacer tiene que romper el mundo".
Hermann Hesse

Créditos

La realización de esta tesis fue posible gracias al financiamiento otorgado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) mediante la beca nacional otorgada durante el periodo 2013-2015 y la BECA MIXTA 2013 - MZO2014 MOVILIDAD EN EL EXTRANJERO otorgada durante el periodo de septiembre a diciembre de 2013, en el Instituto de Oceanografía Scripps, University of California, San Diego.

Al proyecto "Acoustic Monitoring and Bio-acoustic Tagging Studies in Proposed Humpback Whale Refuge in Baja California, Mexico", co-dirigida por los Doctores Jorge Urbán (Laboratorio de Mamíferos Marinos, Universidad Autónoma de Baja California Sur UABCS) y Aaron Thode (Marine Physical Laboratory, University of California, Scripps Institution of Oceanography) y fue financiado por la beca de investigación para la colaboración UC MEXUS-CONACYT 2012.

Al Programa de Mamíferos Marinos (PRIMMA) de la Universidad Autónoma de Baja California Sur por el préstamo de equipo de cómputo y por proporcionarme un espacio para la elaboración de esta tesis.

Al apoyo económico otorgado por el Comité Académico del Posgrado en Ciencias el Mar y Limnología, UNAM, para cursar la materia optativa "Diseño Experimental y Análisis de Datos en R" durante el semestre 2014-II en la unidad Sisal, UNAM. De igual manera, al apoyo económico otorgado para asistir a la XXXIV Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos en Querétaro, mayo 2014.

Agradecimientos

Al Programa de Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, mediante el cual pude realizar mis estudios de maestría.

A mi director de tesis Jorge Urbán Ramírez por haberme aceptado como su estudiante, por su guía, interés, apoyo y por proporcionarme todas las herramientas necesarias para esta tesis.

A Sandra Smith Aguilar, porque siempre mostraste un amplio interés y dedicación en guiarme, me acompañaste durante todo el recorrido y estuviste al pendiente de mí con la mejor disposición de ayudarme. Muchas gracias por tus asesorías, apoyo, y por ser un ejemplo a seguir, en todos los aspectos. Sin tu ayuda no hubiera podido realizar mi tesis.

A Aaron Thode por haberme guiado, sobre todo al inicio de ésta etapa. Gracias por haberme aceptado en su laboratorio en Scripps para realizar mi estancia y por las sesiones de asesoría y sugerencias realizadas.

A Carmen Bazúa Durán por haber aceptado continuar siendo parte de mi formación académica, por introducirme al mundo de la acústica y por la dedicación y el apoyo recibido sobre todo durante las correcciones de esta tesis.

A Eduardo Romero Vivas por su dedicación y paciencia para introducirme en el mundo de Matlab y seguir cementando mis bases en acústica, así como las sugerencias durante la realización de la tesis.

A Héctor Reyes Bonilla y Juan Pablo Gallo Reynoso por formar parte de mi comité académico y por sus asesorías y comentarios para mejorar mi tesis.

A Maite Mascaro Miquelajauregui y a Roberto Carmona Piña por su tiempo y asesoramiento en los análisis estadísticos.

A Diana Juárez Bustos, Chantal Ruiz Guerrero, Gabriela Almaraz Mejía, Guadalupe Godoy Medina y Gloria Vilaclara Fatjó, por su inagotable paciencia y ayuda durante la realización de mi maestría. Gracias por su apoyo a distancia, incontables correos y ayuda en los trámites administrativos necesarios.

De manera personal quisiera agradecer a:

A mi Dios por darme la voluntad y fuerza para llevar a cabo éste proceso. Por darme esperanza en todo momento y la confianza de saber que todo estará bien. Gracias por poner a mi alrededor ángeles guardianes que amortiguaron mis caídas y me ayudaron a levantarme.

A mis padres por el amor incondicional que me han dado desde siempre, por cuidar que mi mundo de sueños y metas sean realidad, por apoyarme una vez más durante este recorrido y estar ahí a pesar de la distancia…gracias por haberme hecho ser quien soy.

A mi hermanita hermosa por su fortaleza y sabiduría, por su amor y dedicación cuando más lo he necesitado y porque es una musa que inspira a los corazones que la rodeamos.

A Tlacaélel Vázquez por acompañarme desde que tengo memoria, intermitente pero siempre presente en mi mente y corazón, gracias por ser mi mejor amigo.

A María Márquez y Abril Ramírez, mis compañeras de carrera, mejores amigas, confidentes, siempre dándome la confianza y palabras necesarias para seguir adelante, las amo mucho. Gracias por ser una ventanita de mi pasado abierta en el tiempo.

A mis compañeros de posgrado, en especial Perla Vázquez, Xóchitl Sánchez y Miguel Cuevas, porque no importa la distancia siempre estuvieron juntitos en mi corazón, apoyándome y dándome las fuerzas para salir adelante.

A Tabata Olavarrieta, por tu hermosa amistad, por abrirme las puertas de tu casa, por compartir a Truffa, por enseñarme en todos los aspectos de mi vida, por tu enorme corazón, pero sobre todo, gracias porque das testimonio día a día de tus valores y tu belleza interior.

A Diego Buenrostro, por los atardeceres, rodadas, consuelos, uvas en la playa y risas sin fin. Cuantas historias por recordar, todas me llenan de felicidad y siempre me sacan la sonrisa. Gracias ex-vecinito por cuidarme y procurarme desde que nos conocimos.

A Carlos López porque compartiste tu gran corazón conmigo, por inspirarme con tu amor a las ballenas y a la vida, por ser una fortaleza donde apoyarme y porque vivimos momentos muy lindos juntos. Gracias porque estuviste ahí desde el inicio. Te aprecio y admiro mucho.

A Hiram Rosales por ser uno de mis maestros en la vida, por tus consejos y apoyo, por escucharme, por tu sonrisa, por demostrarme que los sueños sí se cumplen y siempre hay que verle el lado bonito a la vida. Gracias por marcar la pauta en mi vida profesional.

A Sergio Martínez por haberme invitado a formar parte de una experiencia inolvidable, mi primera temporada en campo con ballenas grises. Gracias por tus enseñanzas, consejos, risas, aventuras, vagancias, fotografías y tantos detalles que tuviste conmigo, pero sobre todo gracias por tu amistad.

A Diana Berenice, por procurarme, quererme, cuidarme y por ser tan delicada y fuerte a la vez, contagiándome las ganas de vivir y seguir soñando.

A Cassandra Vera, mi hermanita del alma, tan poco de conocerte y siento que has sido mi amiga de toda la vida, eres única, todo un mujerón! gracias por ser mi comadre y mi ángel de la guarda cuando más lo necesité. No sabes lo agradecida que estoy por habernos topado en el camino. Espero ésta solo sea una aventura más de las que nos falta por compartir.

A Daniel Guevara por su amistad, compañerismo, camaradería y ayuda. Gracias por estar ahí cuando lo necesito y tenerme la paciencia y cuidado del mundo.

A Benjamín Martínez por inspirarme con su motivación y empeño en aprender todo lo relacionado con mamíferos marinos, por compartir momentos mágicos y enseñarme a ser espontánea y disfrutar de todo lo que me rodea. Te admiro y respeto mucho mi estimado colega.

A Nicolás Cadot, porque a pesar de tener tan poco de conocernos y sin quererlo has sido un impulsor diario para terminar este proceso, especialmente en los momentos que más trabajo me ha costado. Gracias porque a pesar de la distancia has influido a tal grado que han vuelto a renacer sentimientos que dormían muy dentro de mí.

A Rodrigo Guerrero, por tu pasión por aprender todo, por el interés que pusiste en entender mi tesis y motivarme. No sabes lo importante que fuiste para mí durante mis últimos meses en La Paz. Gracias por soñar conmigo y ayudarme a creer en mí y que puedo lograr lo que yo me proponga.

A todos los que hicieron que mi cotidianidad se llenara de rayos de luz, reconfortando mi corazón con su voz y presencia…Margarita Arzate, Michele Ávila, Emma Mendoza. Ethel Ávila, Mayli López, Hernán Torres, Julio Sojo, Alfredo Vázquez, Rubén Sandoval, Nunutzi Fragoso, Peter Patterson, Erick Rodríguez, Deborah Espinosa, José María Vázquez, Luciano Geraldo, Patricia Ruiz y Stefano Silva.

A León Roditi por haberme reivindicado con "la magia" en los momentos más difíciles después de mi regreso a casa y por el cambio tan radical y positivo que he sentido como fruto de ello.

A mis compañeros de laboratorio por sus enseñanzas, paciencia y cooperación en mi proceso de aprendizaje en campo y por todos los momentos inolvidables que compartimos haciendo lo que más nos gusta hacer…ballenear! De manera particular agradezco a Lorena Viloria y Pablo Hernández por abrirme las puertas de su casa y hacerme sentir bienvenida en La Paz; a Pamela Martínez, Kerri Seger, Esther Jiménez y Juan Carlos Salinas por haberme apoyado durante la obtención de las muestras en campo y todo lo que aprendimos y vivimos durante la temporada y por ser el "Release & Catch Team"; a Adriana del Águila por su dulce amistad, enseñanzas y palabras de fortaleza; a Hiram Rosales, Raquel Arroyo y Vinnie Caicero por compartir conmigo la maravillosa experiencia de Bahía Magdalena con ballenas grises y jorobadas amistosas y cerrar esta etapa de mi vida con broche de oro, los recuerdo a todos con mucho cariño.

A todas aquellas personas que de alguna forma u otra contribuyeron durante el proceso de este trabajo, gracias.

"Uno nunca llega a casa, pero allí donde se cruzan los caminos de la amistad el mundo entero se ve temporalmente como un hogar"

Hermann Hesse.

Índice

Dedicatoria i
Créditos ii
Agradecimientos iii
Índice vii
Índice de figuras 1
Índice de ecuaciones 2
Índice de tablas 2
Resumen 3
Abstract 4
1. Introducción 5
2. Antecedentes 7
2.1 Descripción de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* 7
2.2 El canto de la ballena jorobada 12
3. Trabajo de investigación 20
4. Hipótesis 21
5. Objetivo general y objetivos particulares: 21
6. Justificación 22
7. Área de estudio 23
8. Método 26
8.1 Muestreo 26
8.2 Tratamiento de datos 28
8.2.1 Análisis de la estructura de las secuencias de las canciones 28
Selección de las secuencias de canciones analizadas 28
Transcripción y construcción de secuencias 31
8.2.2 Análisis de la variación de secuencias 35
Variaciones en la frecuencia de las frases y los temas 35
Medida de la diferencia entre secuencias durante la temporada 36
9. Resultados 46

9.1 Caracterización de la estructura del canto de la ballena jorobada en la región de Los Cabos, B.C.S. 46

9.2 Cuantificación de los cambios entre las secuencias de las canciones mediante la Distancia Levenshtein 56

9.3 Tendencias semanales en las variaciones de las secuencias 60

9.4 Descripción de las combinaciones entre temas e identificación de patrones temporales en la secuencia de temas de las canciones 61

9.5 Descripción integrada de los resultados 75

10. Discusión 79

10.1 Variaciones en las secuencias de temas de la temporada invernal 2013 79

10.2 Las variaciones en las secuencias de la canción en Los Cabos, BCS en contexto con las ballenas jorobadas que visitan el Océano Pacífico mexicano 82

10.3 Similitudes entre frases tipo de secuencias analizadas en estudios previos de otras congregaciones invernales en el Océano Pacífico mexicano y el presente estudio 85

11. Conclusiones 87

12. Consideraciones y recomendaciones 88

13. Referencias bibliográficas 90

14. Anexos 97

Índice de figuras

Figura 1. Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*)..... 7
Figura 2. Distribución de la ballena jorobada a nivel mundial..... 8
Figura 3. Porción de una canción de ballena jorobada representada en el espectrograma.. 13
Figura 4. Límites previstos para la zona del refugio de la ballena jorobada en Los Cabos. 24
Figura 5. Mapa con las posiciones geográficas de las grabaciones analizadas. 27
Figura 6. Espectrograma de una frase tipo D con sus características espectrales. 30
Figura 7. Espectrogramas de frases tipo conformando una secuencia. 33
Figura 8. Ejemplo de notación para una secuencia. 34
Figura 9. Calculo de la Distancia Levenshtein DL entre dos secuencias. 37
Figura 10. Porcentaje semanal de repeticiones de las frases más frecuentes. 51
Figura 11. Número de secuencias en las que estuvo presente cada tema..... 56
Figura 12. Distancias Levenshtein DL de cada secuencia vs las demás 58
Figura 13. Dendrograma de la similitud entre las secuencias de temas analizadas..... 59
Figura 14. Frecuencia porcentual semanal de cada tema 62
Figura 15. Frecuencia porcentual de cada tema durante la temporada 2013..... 63
Figura 16. Combinaciones de temas presentes en las 20 secuencias analizadas..... 64
Figura 17. Índice de Asociación Simple de todas las combinaciones de temas..... 65
Figura 18. Índice de Asociación Simple IAS para las siete combinaciones de temas durante las seis semanas de la temporada 2013..... 67
Figura 19. Índice de Asociación Simple IAS para las tres combinaciones de temas que desaparecieron hacia el final de la temporada 2013. 68
Figura 20. Índice de Asociación Simple IAS para las cuatro combinaciones de temas que aparecieron o reaparecieron a partir de la semana III-IV 69
Figura 21. Índice de Asociación Simple IAS para las cuatro combinaciones de temas que aparecieron en las secuencias de al menos dos semanas. 70
Figura 22. Índice de Asociación Simple IAS para la única combinación de temas que apareció en las secuencias de cinco semanas 70
Figura 23. Secuencia de una canción conformada por la combinación de temas con los promedios del Índice de Asociación Simple más elevados. 72
Figura 24. Dendrograma calculado a partir de las distancias D_{xy}. 73
Figura 25. Diagrama nMDS calculado a partir de las distancias D_{xy}. 75
Figura 26. Movimientos de ballenas jorobadas en la misma temporada entre las tres principales zonas de congregación en el Pacífico mexicano..... 84

Índice de ecuaciones

(1)Índice de Asociación Simple 40
(2)Medida de Distancia D_{xy}……....……..43

Índice de tablas

Tabla 1. Ejemplo de una matriz semanal de IAS entre los 15 temas descritos para la temporada invernal 2013……...42

Tabla 2. Ejemplo de cómo se calculó la medida de distancia D_{xy} (recuadro gris) para un par de semanas x y y……...44

Tabla 3. Principales características de las 22 grabaciones empleadas para este estudio…..46

Tabla 4. Descripción de las unidades que conformaron la canción de la ballena jorobada durante 2013……..48

Tabla 5. Número de repeticiones de las frases de cada tema en las secuencias agrupadas por semana durante la temporada 2013……...48

Tabla 6. Descripción del tipo de cambios encontrados en las unidades de algunas frases de las secuencias analizadas de la temporada 2013……...52

Tabla 7. Notación de las 20 secuencias analizadas mostrando la secuencia total de temas con sus frases y sus respectivas repeticiones completas e incompletas……..……..53

Tabla 8. Matriz de Distancias Levenshtein DL calculada a partir de la comparación de cada secuencia con el resto de las secuencias de la temporada invernal 2013……..57

Tabla 9. Variaciones intra-semanales de la Distancia Levenshtein DL obtenidas a partir de la comparación de secuencias de la misma semana……..60

Tabla 10. Resultados del análisis de varianza usando las Distancias Levenshtein DL por semana …….……61

Tabla 11. Matriz de distancias D_{xy} obtenida para las secuencias semanales considerando la diferencia entre los índices de asociación IAS ……....72

Resumen

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) se caracteriza por emitir una serie de sonidos complejos y repetitivos que se han denominado canción. Dicha conducta se ha registrado principalmente en las zonas de reproducción y de crianza durante el invierno, donde los machos de una población cantan la misma versión de la canción en un determinado momento y lugar, reflejando la transmisión y evolución cultural que existe en una zona. En este trabajo se hipotetizó que las variaciones temporales en las canciones de las ballenas jorobadas que invernan en Los Cabos, Baja California Sur, son mayores al inicio y al final de la temporada invernal porque esta área no sólo es un sitio de reproducción, sino que representa una zona de tránsito hacia y desde las zonas de reproducción primarias. Se encontró una alta diversidad y cambios en la estructura de las canciones cuando se realizó la cuantificación de la variación entre las secuencias de las canciones que fueron grabadas frente a Los Cabos entre el 7 de febrero y el 2 de abril de 2013. Las técnicas de la Distancia Levenshtein y el Índice de Asociación Simple fueron útiles, ya que se encontraron varios cambios en los temas que compusieron la canción de la ballena jorobada durante la temporada invernal 2013. Se identificaron temas fundamentales (temas A, B, D, F, E1 y E2), temas recurrentes (temas C y G), temas novedosos (temas H, I y E) y temas raros (temas K, G1, K1 y J). De igual manera, se encontró que las variaciones en las secuencias fueron graduales y consecutivas, identificándose dos subgrupos de secuencias en la temporada invernal 2013: el primer subgrupo conformado por las secuencias de las semanas I, II y III-IV y el segundo subgrupo consistente de las secuencias de las semanas V, VI y VII; siendo la semana III-IV un parteaguas entre ambos subgrupos al mostrar similitudes con las secuencias de toda la temporada invernal 2013. Es posible que la presencia de temas novedosos y raros en las canciones de las ballenas jorobadas de Los Cabos durante la temporada invernal 2013 indique un intercambio de versiones de canciones distintas provenientes de diferentes sitios de reproducción primarios en el Océano Pacífico, como lo son el Archipiélago Revillagigedo y la costa continental de México.

Abstract

The humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) produces a series of sounds in a complex and repetitive way, which has been classified as a song. Such behavior has been documented mainly in the breeding areas during winter, where the males of a given population sing the same version of the song at a particular time and place, reflecting the transmission and cultural evolution that pertains to that area. The original hypothesis was that the temporal variation in the songs of humpback whales that winter in Los Cabos, Baja California Sur, is greater at the beginning and ending of the winter season because this area is not only used for reproduction, but as a transit area to and from the primary breeding regions of the Mexican Pacific Ocean. High diversity and changes in the structure of songs recorded off Los Cabos from February 7 to April 2, 2013 were found by measuring the variation between sequences. The techniques of the Levenshtein Distance and the Simple-ratio association index proved to be adequate, since various changes were determined in the themes of the song of the humpback whale during the winter season of 2013. Fundamental themes (A, B, D F, E1, and E2), recurring themes (C and G), new themes (H, I, and E) and rare themes (K, G1, K1, and J) were identified. Sequence variations were gradual and consecutive, making it possible to identify two song sub-groups during the 2013 winter season: the first subgroup consisted of sequences from weeks I, II, and III-IV, and the second subgroup consisted of sequences from weeks V, VI, and VII. Week III-IV appeared to be the breakthrough between both subgroups, since it presented similarities with the sequences of the entire 2013 winter season. It appears that the presence of new and rare themes in the songs of the humpback whales off Los Cabos, in the 2013 winter season might indicate that an exchange is occurring between different versions of the songs from different primary reproduction zones in the Pacific Ocean, such as the Revillagigedo Archipelago and the mainland coast of Mexico.

1. Introducción

La comunicación animal se define como «la acción o señal dada por un organismo o remitente y que es percibido, alterando, el patrón de probabilidad de comportamiento en otro organismo o receptor, en una manera adaptativa a cualquiera de los participantes» (Wilson, 1975). Dado que existe una gran variedad de canales sensoriales o modalidades de señales para comunicarse, ésta habilidad se ha vuelto importante para la supervivencia de los animales. Las señales pueden ser visuales, acústicas, químicas (olfativas), táctiles y eléctricas, entre otras, permitiendo distintos sistemas de comunicación. Dentro de ésta variedad de formas, la comunicación acústica es común en la naturaleza aprovechando que el sonido se transmite de manera rápida y puede ser adaptado a una gran variedad de condiciones ambientales y situaciones conductuales. Los sonidos pueden variar grandemente en su amplitud, duración y frecuencia, condicionando la distancia a la cual se propaga el sonido en el ambiente y que tan fácilmente será identificado por el receptor (Gillam, 2011).

Los animales pueden generar sonidos para comunicar la presencia de algún peligro, de una zona de alimentación, de algún con-específico o de otro animal, además de su propia posición, identidad, territorio o estado reproductivo (Richardson *et al.,* 1995). En particular, se han realizado muchos estudios con respecto a los sonidos emitidos por las ballenas, de tal forma que se han documentado las características acústicas y hasta cierto grado la función de los sonidos producidos por el rorcual común (*Balaenoptera physalus*), la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y la ballena franca austral (*Eubalaena australis*); mientras que se conoce poco de la función de los sonidos emitidos por la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) y la ballena boreal (*Balaena mysticetus*) (Richardson *et al*., 1995).

Dentro del grupo de los misticetos, la ballena jorobada es la especie más estudiada en cuanto a su comportamiento acústico, ya que se caracteriza por emitir una serie de sonidos complejos y repetitivos que se han clasificado como **canción**, con componentes que varían dentro de un rango de 20 hercios a 4 kilohercios y ocasionalmente hasta 8 kilohercios (Payne & McVay, 1971; Richardson *et al*., 1995). Esta conducta se ha asociado con la reproducción (Tyack, 1981; Helweg *et al*., 1992), debido a que las canciones son emitidas por los machos, en su mayoría solitarios (Tyack, 1981), y principalmente en las zonas de agrupación de invierno, es decir, en las zonas de reproducción y de crianza (McSweeney *et al.*, 1989).

En toda comunicación se busca que la señal emitida sea recibida y evaluada por un receptor, teniendo repercusiones conductuales importantes, incluyendo en el sistema de apareamiento. En el caso de las ballenas jorobadas, se ha reportado que los machos de una población cantan una misma versión de la canción en un determinado momento y lugar (Helweg *et al.*, 1992; Noad, 2000; Cerchio *et al.*, 2001; Garland *et al.*, 2013), lo cual implica que van incorporando pequeñas variaciones en las canciones de una zona a la versión general cantada por todos los machos. Sin embargo, se ha encontrado que las versiones de las canciones que cantan los machos pueden llegar a mostrar diferencias sustanciales entre poblaciones, de tal manera que se ha visto que a mayor distancia entre poblaciones, existen mayores diferencias (Helweg *et al*., 1992; Noad *et al.*, 2000). Al parecer, los diferentes niveles de variación natural de la canción observados pueden proveer bases importantes para comprender la divergencia y evolución de los sistemas de comunicación de esta especie (Wilczynski & Ryan, 1999).

En este trabajo se analiza la estructura y variación del canto de la ballena jorobada en las costas de Los Cabos, Baja California Sur, México.

2. Antecedentes

2.1 Descripción de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae*

La ballena jorobada *Megaptera novaeangliae* (Borowsky, 1781) pertenece a la familia Balaenopteridae, suborden Mysticeti, orden Cetacea. Se caracteriza por su singular comportamiento aéreo y la complejidad de sus cantos (Clapham, 2002). Este cetáceo llega a medir entre 13 y 14 m de longitud, y pesar 40 toneladas, aunque las hembras son de 1 a 1.5 m más grandes que los machos. Presenta un cuerpo robusto con aletas pectorales que miden un tercio de la longitud de su cuerpo (Clapham, 2002). Su coloración es negra en la región dorsal, pero puede ser de color negro, blanco o moteado en la región ventral (Figura 1) (Reeves *et al.*, 2008).

Figura 1. Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*)
(Foto: Jorge Urbán Ramírez)

Su cabeza y mandíbula inferior cuentan con pequeñas protuberancias denominadas nódulos pilosos. En la boca, presentan de 270 a 440 barbas de color negro-grisáceo, a cada lado de la mandíbula, las cuales son de tamaño intermedio (65-70 cm) con respecto a otros misticetos. Los individuos se identifican fácilmente por las marcas particulares que presenta el borde externo de su aleta caudal. Se estima que tiene un promedio de vida de 50 años (Clapham, 2002; Guerrero *et al.*, 2006; Reeves *et al.*, 2008).

A nivel global las ballenas jorobadas se encuentran distribuidas en los principales océanos del mundo, en las costas y en las plataformas continentales. Se sabe que realizan una migración anual de aguas frías de latitudes altas y medias, donde se alimentan, a latitudes tropicales y subtropicales para aparearse y tener a sus crías (Clapham, 2002) (Figura 2).

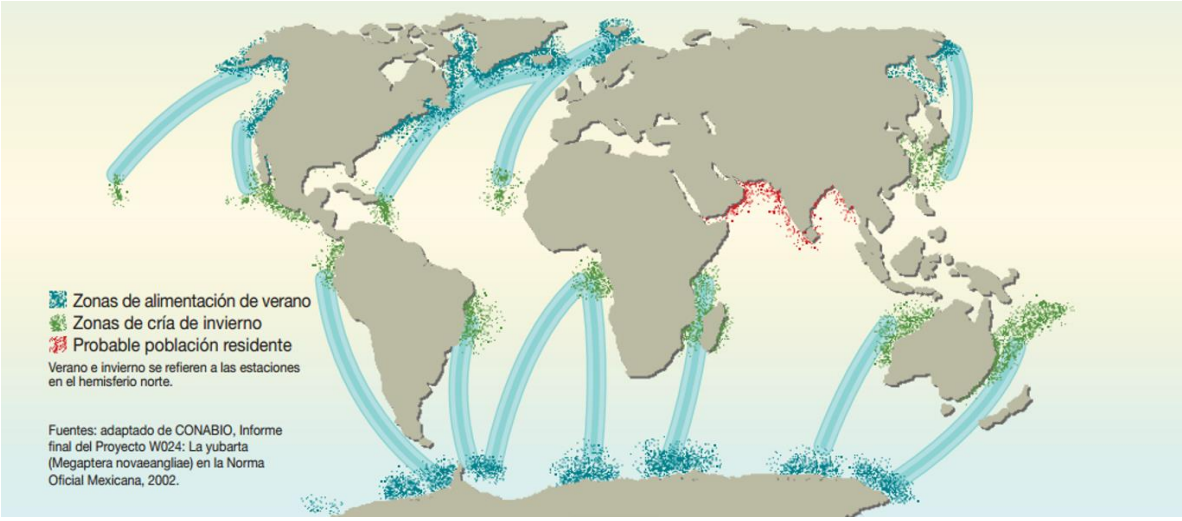


Figura 2. Distribución de la ballena jorobada a nivel mundial. En azul claro se indican las conexiones migratorias de las zonas de alimentación en verano (azul oscuro) con las zonas de reproducción y crianza invernales (verde). En rojo se indica la población del Océano Índico que parece residir en esa zona durante todo el año (tomado de www.grida.no).

De acuerdo a Rice (1978), antes de 1905 la población de ballenas jorobadas del Océano Pacífico norte se había mantenido estable alrededor de los 15 000 individuos, calculado a partir de las bitácoras de capturas. Sin embargo, debido a la cacería comercial de ballenas durante el siglo XX, la población se vio fuertemente reducida (Rice, 1978), de tal manera que, para cuando se estableció la veda de cacería en la década de los años 1960´s, se llegó a estimar un total de entre 1200 (Gambell, 1976) y 1400 individuos (Johnson & Wolman, 1984). Actualmente, la población de las ballenas jorobadas del Océano Pacífico norte se ha recuperado sustancialmente. Con el proyecto SPLASH (Structure of Populations, Levels of Abundance and Status of Humpback Whales in the North Pacific) durante el periodo 2004-2006, la abundancia fue estimada en 21, 808 individuos (CV=0.04) (Barlow *et al.,* 2011). De manera particular, durante su época de reproducción (entre noviembre y mayo) se estima que alrededor de 6000 ballenas jorobadas visitan el Océano Pacífico mexicano en tres congregaciones invernales, con un pico de abundancia durante febrero y marzo (Martínez, 2008; Calambokidis *et al.,* 2008). Estas tres congregaciones invernales en el Océano Pacífico mexicano son: 1) la costa continental: desde el sur de Sinaloa hasta la frontera con Guatemala, con una mayor concentración de ballenas alrededor de Isla Isabel, Islas Tres Marías y en Bahía de Banderas, 2) la península de Baja California en su extremo sur y 3) el Archipiélago de Revillagigedo, que incluye Isla Socorro, Isla San Benedicto, Roca Partida e Isla Clarión (Urbán & Aguayo, 1987; Urbán *et al.,* 1999; Urbán *et al.,* 2000; Calambokidis *et al.,* 2008). La estimación de la abundancia de ballenas jorobadas en cada una de esas congregaciones invernales es complicada, pero se calcula una abundancia de 2000 a 2600 ballenas para el Archipiélago de Revillagigedo, de 1400 a 2000 individuos

para la costa continental y de 2600 a 4600 ballenas para la Península de Baja California (Calambokidis *et al.*, 2008; Barlow *et al.*, 2011).

La presencia de ballenas jorobadas en la costa continental del Océano Pacífico mexicano comprende desde finales de octubre hasta principios de mayo, con una mayor abundancia durante enero y febrero. En las Islas Revillagigedo se han observado desde noviembre hasta mayo, con una mayor abundancia en marzo, y en la región de Los Cabos su presencia se ha documentado desde noviembre hasta abril, con una mayor abundancia en marzo (Medrano & Urbán, 2002). Es en esta última zona donde la ocurrencia de ballenas jorobadas es mayor debido a que las costas de la península de Baja California funcionan como un destino migratorio, así como una zona de tránsito de ballenas de las otras dos congregaciones en el Océano Pacífico mexicano (González-Peral, 2011).

La organización social tanto en latitudes altas como en latitudes bajas carece de la estabilidad cohesiva observada en algunas especies de odontocetos, ya que predomina la formación de grupos pequeños e inestables (Clapham, 2000). Durante el verano, las ballenas jorobadas pueden formar agrupaciones pequeñas (i.e., pares) durante unas cuantas horas (o menos) (Whitehead, 1983; Clapham, 2000). Las agrupaciones llegan a aumentar en tamaño (hasta 10 individuos) para facilitar su alimentación (Whitehead, 1983). Su dieta consiste principalmente de kril (orden de crustáceos eufausiáceos), los cuales se encuentran en parches densos y extendidos, y también de una variedad de especies de peces pequeños (i.e., la familia de los peces marinos ammodítidos) que se caracterizan por encontrarse en cardúmenes (Clapham, 2000). Las ballenas jorobadas utilizan un método de caza inusual llamada *red de burbujas*, mediante la cual concentran a las presas y las devoran (Reeves *et*

al., 2008). Los tiempos de inmersión durante la alimentación varían entre 5 y 10 minutos, como también lo son durante el tránsito (Reeves *et al.*, 2008).

Durante el invierno, las ballenas tienden a agruparse en regiones tropicales y subtropicales con latitudes de 0 a 35º y temperatura superficial de hasta 28ºC, las cuales se denominan zonas de reproducción. En dichas zonas las ballenas jorobadas no se alimentan, dependiendo únicamente de sus reservas de grasa corporal (Clapham, 2002) (Figura 2). En esas regiones, así como en las regiones de latitudes altas o zonas de alimentación, las ballenas jorobadas realizan asociaciones breves y/o forman pequeños grupos que cambian constantemente en su composición, como los son los individuos solitarios, las madres con crías, las madres con cría y escolta, los pares, los tríos y los grupos de competencia (Mobley & Herman, 1985; Mattila *et al.*, 1994). Particularmente, las hembras con crías recién nacidas prefieren las aguas someras y tranquilas en sitios como las bahías (Medrano & Urbán, 2002). Los periodos entre partos son de dos a tres años, la gestación es de un año y las crías permanecen con sus madres hasta por un año, ocasionalmente dos (Reeves *et al.*, 2008).

Durante esta temporada también se presentan interacciones agonísticas frecuentes entre los machos (Clapham, 2002), formándose grupos de competencia de hasta 15 individuos (generalmente incluyen una hembra), los cuales pueden presentar una serie de conductas agresivas como lo son los saltos, las embestidas, los coletazos, los bloqueos y los golpes pectorales (Mobley & Herman, 1985; Mattila *et al.*, 1994; Clapham, 2002; Smith Aguilar, 2007; Reeves *et al.*, 2008). Asimismo, durante esta temporada de reproducción se observa una mayor actividad de los machos emitiendo canciones complejas, por lo que es común que presenten tiempos de inmersión de entre 15 a 20 minutos (Clapham, 2002).

Actualmente, las principales fuentes de riesgo y/o mortandad para las ballenas jorobadas se asocian a las interacciones con las pesquerías, como lo son el enmallamiento y las colisiones con las embarcaciones pesqueras (Klinowska, 1991; Clapham, 2002). Otro peligro potencial es el creciente interés turístico que hay sobre la especie tanto en las zonas de crianza como en las de alimentación (Ruiz *et al*., 2006), ya que se ha observado que los cetáceos, en general, pueden mostrar cambios conductuales en respuesta al tráfico de embarcaciones turísticas que podrían ser importantes biológicamente (i.e. alimentación, descanso) (Parsons, 2012). Dichos cambios conductuales pueden traducirse en efectos a nivel poblacional tales como una disminución de las tasas reproductivas (Parsons, 2012). Así mismo, puede haber mortalidad directa por colisiones entre embarcaciones y animales (Clapham, 2002).

2.2 El canto de la ballena jorobada

Como se mencionó en la sección anterior, las ballenas jorobadas realizan migraciones anuales en invierno desde su zona de alimentación en latitudes altas a zonas de crianza y reproducción en latitudes subtropicales y tropicales, época durante la cual se concentra la actividad del canto (Payne & McVay, 1971). Ésta también se ha registrado, en menor medida, durante los movimientos migratorios y en las zonas de alimentación (McSweeney *et al.,* 1989; Clark & Clapham, 2004; Vu *et al*., 2012).

La canción de las ballenas jorobadas se puede definir como un patrón de sonidos repetidos en un orden predecible, con componentes que varían en frecuencias de entre 20 hercios y 4 kilohercios (alcanzando hasta 8 kilohercios) (Payne & McVay, 1971; Richardson *et al*., 1995). Las canciones presentan una **estructura jerárquica** conformada por tres niveles. En su estructura basal, la canción está integrada por sonidos discretos llamados unidades.

Existen algunas unidades que pueden estar compuestas por una serie de pulsos, los cuales se denominan subunidades. Varias unidades en una secuencia componen una frase, la cual comprende el segundo nivel de la estructura jerárquica. El tercer nivel son los temas, los cuales consisten de un número variable de frases también en una secuencia. La secuencia de temas es lo que conforma una canción (Figura 3). Esta secuencia de temas consiste en que después de cantar un tema durante varios minutos, el cantor cambia a una serie diferente de frases, lo cual es otro tema que se repite también un cierto número de veces. Este patrón de iniciar un tema distinto se repite hasta que el cantor regresa al tema inicial y empieza a emitir nuevamente la canción. La canción tiene una duración de entre 10 y 15 minutos, aunque puede ser más corta (alrededor de los 5 minutos) o más larga (de hasta 30 minutos). La canción puede repetirse sin interrupción hasta por varias horas y esto es a lo que se le llama una sesión (Payne & McVay, 1971; Richardson *et al*., 1995). Entonces, una canción es una *secuencia de temas* distintos emitidos en un orden predecible y es a lo que se le denomina el ciclo, patrón o repertorio de la canción. El número de temas en una canción puede variar entre poblaciones y años (Payne & McVay, 1971).

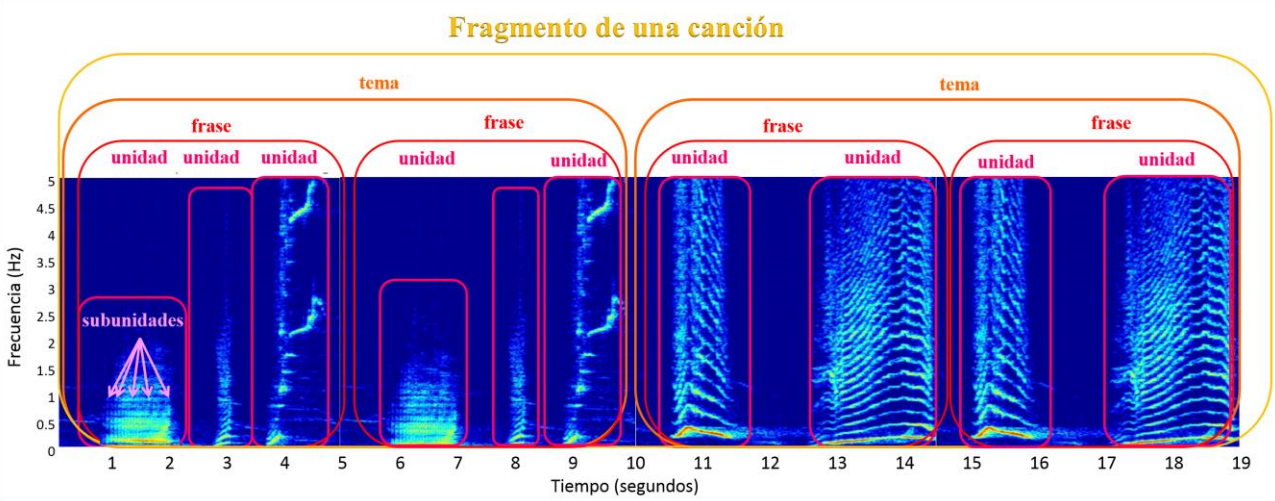


Figura 3. Diagrama de una porción de una canción de ballena jorobada mostrando la terminología empleada para describir los sonidos representados en el espectrograma. Las canciones están conformadas por unidades (rosa), las cuales en conjunto con otras unidades forman una frase (rojo) y la repetición de frases forma un tema (naranja).

Debido a que los patrones de las canciones presentan variaciones en su composición, resulta importante distinguir entre la variación individual y la variación debida a los cambios temporales en las canciones. La variación estructural (individual) se refiere a aquellas modificaciones particulares que cada individuo hace en el orden, repetición, duración y características espectrales de los elementos de sus canciones; mientras que la variación debida a los cambios temporales sucede cuando los machos incorporan cambios similares a otras canciones en sus propias canciones (por contacto acústico), homogeneizando las versiones de las canciones dentro de una misma población (Cholewiak, 2012).

Los cambios suceden en los tres niveles jerárquicos de la canción: 1) en las unidades se han registrado cambios en el espectro, duración, orden y número de repeticiones, 2) en las frases existen cambios en su composición y una alta variabilidad en el número de repeticiones y 3) en los temas, a pesar de que el orden es una de las características más estables, las omisiones llegan a ser comunes, así como las sustituciones, pérdidas o adiciones de temas (Payne & McVay, 1971; Frumhoff, 1983; Payne, 1985; Helweg *et al.*, 1992; Salinas Zacarías, 2000; Smith Aguilar 2009; Cholewiak, 2012). Generalmente los cambios son incorporados en las canciones durante la temporada invernal, cuando hay mayor actividad de canto y contacto acústico entre las ballenas jorobadas, ya que durante el verano el número de cantores detectados en las zonas de alimentación es considerablemente menor (Clark & Clapham, 2004). Con el paso del tiempo, los patrones viejos se van perdiendo y la canción presenta poco parecido a las versiones anteriores (Payne & McVay, 1971; Payne & Payne, 1985; Helweg *et al*., 1992; Smith Aguilar, 2009; Garland *et al*., 2013).

Los patrones de las canciones que cantan los machos dependen de en donde viven, ya que entre mayor es la distancia entre las poblaciones, mayores son las diferencias entre los patrones (Helweg *et al.,* 1992; Noad *et al.,* 2000). Todos los machos pertenecientes a un stock o subpoblación cantan versiones similares, reflejando la transmisión y evolución de la canción (Payne & Payne,, 1985; Helweg *et al.,* 1990; Noad *et al.,* 2000; Salinas Zacarías, 2000; Cerchio *et al.,* 2001; Cholewiak, 2008 & Smith Aguilar, 2009) mostrado en las canciones entre diferentes agrupaciones de ballenas jorobadas, ya que se han encontrado similitudes entre los cantos de ballenas entre México, Hawai`i y Japón, lo cual sugiere cierto grado de contacto acústico entre ballenas que migran a distintas zonas de invierno (Winn, 1981; Helweg *et al.,* 1990). Particularmente, Cerchio (1993) describió similitudes estructurales y una relativa sincronía en los cambios de las canciones de ballenas jorobadas invernando en la Isla de Kaua`i en Hawai`i e Isla Socorro en el Archipiélago Revillagigedo. En el caso específico de las ballenas jorobadas que invernan en las distintas zonas de reproducción de México (en particular, Archipiélago de Revillagigedo, Bahía Banderas y Baja California Sur) se han realizado estudios de sus canciones, y se ha encontrado que de manera general, las canciones en el Océano Pacífico mexicano presentan una estructura similar con diferencias en la ocurrencia de temas, la duración de las frases y los rangos de frecuencias de los sonidos emitidos (Salinas Zacarías, 2000; Smith Aguilar, 2009).

De acuerdo a Noad *et al.* (2000), el hecho de que los machos pertenecientes a una misma población mantengan los cambios que se van generando en la canción, podría indicar que existe aprendizaje por «transmisión cultural» entre individuos. Se observó que los cantores de la población de ballenas jorobadas que transitan la costa del este de Australia adoptaron la canción de la población de la costa oeste de Australia en un periodo de dos años, después

de que dos cantores se movieron entre las dos zonas de reproducción durante 1996 (Noad *et al.*, 2000). Sin embargo, se ha propuesto que además de «transmisión cultural» entre individuos existe un mecanismo denominado «plantilla innata» (del inglés "innate template"), el cual permite que las ballenas cambien las canciones de manera similar, basándose en una serie de reglas discretas, de tal manera que las frases compartidas evolucionan en la misma dirección sin que haya contacto o transmisión cultural (Cerchio *et al.*, 2001). Dicha propuesta se basa en el alto grado de similitud entre las canciones de las ballenas jorobadas de las islas de Kaua`i, Hawai`i, y Socorro, y al intercambio limitado entre ambos sitios, por ello Cerchio *et al.* (2001) concluyen que la similitud entre las canciones de las ballenas de la cuenca del Océano Pacífico norte podría deberse a la combinación de varios mecanismos, donde el proceso de «plantilla innata» explique la similitud en los cambios de los elementos estructurales (como la duración de la frase y el tiempo y la frecuencia de las unidades), mientras que la «transmisión cultural» pudiera explicar la similitud en el arreglo de estos elemento o los patrones actuales de la canción (estructura de las frases o de la canción).

Generalmente se ha observado que las ballenas, al cantar, tienden a adoptar una postura fija con la cabeza gacha y la cola elevada, a una profundidad de entre 15 y 30 metros (Darling, 2002). Pueden permanecer así durante algunos minutos hasta que suben a la superficie a respirar, se sumergen nuevamente y regresan a dicha posición; en algunos casos cantando durante varias horas (Darling, 2002). De acuerdo a Adam *et al.* (2013), esta posición óptima debe ser un comportamiento intencional de la ballena, posiblemente demostrando una técnica aprendida para obtener una mayor eficiencia vocal. Sin embargo, no siempre

cantan de forma estacionaria, ya que se han observado ballenas jorobadas que viajan a una velocidad constante mientras cantan (Frankel *et al.*, 1995).

De acuerdo con varios autores, los machos permanecen generalmente solitarios mientras cantan (Winn & Winn, 1978; Tyack, 1981; Helweg *et al.*, 1992). Sin embargo, esta actividad del canto también se ha llegado a registrar, aunque con mucho menos frecuencia, en otro tipo de agrupaciones como en pareja con otro adulto o con hembras con cría (Darling *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 2008). En el primer tipo de agrupación, como en los casos en los que una ballena silenciosa (u ocasionalmente un grupo de ballenas) se llega a unir a un macho cantor, se ha observado que los machos cantores cesan su canto (Tyack, 1981; Helweg *et al.*, 1992; Darling & Bérubé, 2001; Darling *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 2008, Cholewiak, 2008). De acuerdo a Darling *et al*. (2006), esto puede atribuirse a una conducta que preceda a una posible competencia física o cooperación para acceder a una hembra, mientras que Cholewiak (2008) propone que las asociaciones entre machos cantores y silenciosos reflejan un tipo de competencia donde los machos interrumpen el canto de sus rivales. En cambio, existe una mayor ocurrencia de machos cantando mientras escoltan a hembras con cría (Darling *et al*, 2006; Smith *et al.*, 2008), con asociaciones y canciones más duraderas en comparación con las que ocurren durante cualquier otra agrupación, probablemente con el fin de aumentar las posibilidades de apareamiento (Smith *et al.*, 2008). Cabe mencionar que, a pesar de ser mucho menos frecuentes, también se han reportado machos que cantan estando en un grupo (Frankel *et al.*, 1995).

A pesar de que no existe una interacción directa entre las ballenas jorobadas cantoras, Cholewiak (2008) sugiere una interacción acústica intra-sexual entre los machos cantores, ya que observó que los machos cantores de la Isla Socorro del Archipiélago Revillagigedo respondieron a la presencia de otro cantor en el área al incrementar la tasa de cambio de temas en sus canciones en comparación a cuando eran los únicos cantores audibles. Así mismo, describió «una tendencia hacia el aumento de una relativa versatilidad del canto», es decir, los cantores completaban los ciclos de las canciones más rápidamente. De acuerdo a este estudio, al parecer los machos tienden a aproximarse entre ellos de manera no azarosa.

Es importante resaltar que el canto y la competencia física no son alternativas opuestas para obtener pareja, sino que son el producto de distintas condiciones de contexto social, ya que de acuerdo a Smith Aguilar (2007), al analizar la relación del contexto social con la actividad de canto y la competencia física, los valores más altos de abundancia corresponden con los valores más altos en la competencia física y con los valores más bajos de la actividad de canto y viceversa. Esto lleva a pensar que la conducta del canto y la competencia física son importantes en diferentes momentos durante el proceso de apareamiento y, más que alternativas contrapuestas, son el resultado de condiciones debido a abundancias distintas.

El contexto reproductivo en el que ocurren los cantos respalda la idea de que son un componente del sistema de apareamiento de las ballenas jorobadas (Payne & McVay, 1971), idea que se ve reforzada con un fuerte incremento de la actividad durante el invierno en las zonas de reproducción (Winn & Winn, 1978). Por ello, se ha propuesto que la función principal del canto es atraer a las hembras hacia el cantor (Payne & McVay, 1971;

Winn & Winn, 1978; Tyack, 1981). Otras funciones que se han sugerido alrededor de esta actividad son: como base para la selección femenina de posibles parejas (Mobley *et al.*, 1988; Helweg, 1992; Frankel *et al.,* 1995), alertar la presencia de un cantor y delimitar el espaciamiento entre machos (Winn & Winn, 1978; Tyack, 1981; Frankel *et al.,* 1995), reflejar el estatus de los cantores a otros machos (Mobley & Herman, 1985; Clapham, 1996; Brown *et al*., 1995), como índice de asociación entre machos, dando la pauta a interacciones no agonísticas y/o potencialmente cooperativas, o de reducir el costo energético de peleas y agresiones (Darling & Bérubé, 2001; Darling *et al*., 2006), sincronizar o inducir la ovulación en hembras (Baker & Herman, 1984), transmitir información a la hembra con respecto a la condición física del cantor (Chu & Harcourt,1986; Chu, 1988; Helweg *et al*., 1992), la competencia acústica entre machos (Smith Aguilar, 2007; Cholewiak, 2008) y posiblemente una asociación con el éxito reproductivo del macho debido a que se ha visto una mayor actividad de cantores alrededor de las madres con cría (Smith *et al.,* 2008).

3. Trabajo de investigación

En México, las ballenas jorobadas se congregan en tres zonas principales durante su temporada de reproducción en el Océano Pacífico: la costa de Baja California Sur, el Archipiélago de Revillagigedo y la costa continental de México (Rice, 1978; Urbán & Aguayo, 1987). Con base en el análisis de fotoidentificación y DNA-mitocondrial (frecuencias haplotípicas), se sabe que las ballenas que presentan un mayor tiempo de residencia y fidelidad al área son las pertenecientes a la congregación del Archipiélago de Revillagigedo, seguidas por las del continente mexicano, y que la región en donde permanecen menos tiempo es Baja California Sur (González-Peral, 2011). Se ha encontrado que mientras algunas ballenas utilizan Baja California Sur como un área de reproducción, las ballenas del continente mexicano y las del Archipiélago Revillagigedo utilizan dicha región de Baja California Sur como una zona de tránsito tanto de ida como de regreso a las zonas de alimentación (Urbán, 2000; Calambokidis *et al.*, 2001; Calambokidis *et al.*, 2008; González-Peral, 2011).

Entonces, la dinámica poblacional particular dada en la costa de Baja California Sur proporciona un sitio de estudio adecuado para cumplir con el objetivo planteado en este trabajo, que es estudiar la diversidad y los cambios en la estructura de las canciones mediante la cuantificación de la variación en dos niveles de la estructura jerárquica de la canción: los temas y las frases, permitiendo dilucidar la dinámica de las canciones de las ballenas jorobadas.

4. Hipótesis

Se espera que existan mayores cambios en la estructura de la canción de las ballenas jorobadas en las costas de Baja California Sur durante el inicio (febrero) y el final (marzo-abril) de la temporada invernal, debido a que la incidencia de las ballenas jorobadas del Archipiélago Revillagigedo es mayor durante los meses de febrero y marzo, y las de la costa continental de México lo hacen durante la segunda mitad de la temporada invernal (marzo-abril) en su camino de regreso hacia sus zonas de alimentación.

5. Objetivo general y objetivos particulares:

El objetivo de este estudio fue analizar la estructura y variación del canto de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en las costas de Los Cabos, Baja California Sur, México, durante la temporada invernal de 2013, que es de febrero a abril.

Los objetivos particulares fueron:

- Reconocer los temas predominantes en las secuencias de la canción de la temporada invernal 2013.
- Describir los cambios en las secuencias de la canción durante la temporada 2013.
- Cuantificar las diferencias entre las secuencias durante la temporada invernal 2013 para determinar cuándo hay un mayor cambio en la estructura de la canción durante la temporada invernal 2013.

6. Justificación

Con base en el **Programa de Acción para la Conservación de la Ballena Jorobada** (PACE de la ballena jorobada) de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), se elaboró una propuesta de "Refugio para la Ballena Jorobada" en la región de Los Cabos, B.C.S., ya que el Océano Pacífico mexicano es la segunda región en importancia, después de Hawai`i, para la reproducción de la población de estas ballenas en el Océano Pacífico norte. Esta zona de Baja California Sur, México, al ser una zona de agregación importante de ballenas jorobadas, se ha convertido en un recurso natural explotado turísticamente por medio del avistamiento de ballenas en su medio natural; actividad que en la última década ha tenido un crecimiento exponencial y ya forma parte importante de la actividad socio-económica de la zona (Guerrero *et al*., 2006).

A pesar de que se desconoce cuál es la función del canto emitido por los machos de la ballena jorobada, esta actividad se ha relacionado con su sistema de comunicación y éxito reproductivo (Darling, 2002). Por ello, es importante monitorear y asentar los antecedentes del conocimiento que se tiene acerca del comportamiento acústico de las ballenas jorobadas en una de las zonas de tránsito y reproducción del Océano Pacífico norte, con el fin de poder monitorear y detectar cambios atribuibles a actividades antropogénicas y de esta manera utilizar acciones derivadas del conocimiento científico para el mantenimiento de su aprovechamiento sustentable en la región.

7. Área de estudio

La zona de estudio se ubica en la región propuesta como refugio para el **Programa de Protección de la Ballena Jorobada** en la región de Los Cabos, Baja California Sur (Figura 4). Esta zona presenta la mayor ocurrencia de ballenas jorobadas en aguas de Baja California Sur (Medrano & Urbán, 2002).

El municipio de Los Cabos (23°40'-22°52'N, 109°24'-110°07'O) se localiza en el extremo sur del estado de Baja California Sur, con una extensión territorial de 3, 451,51 km^2. La cabecera municipal es San José del Cabo y limita al norte con el municipio de La Paz y con el Golfo de California, y al sur con el Océano Pacífico. Esta área es uno de los destinos turísticos más importantes de México (INAFED, 2005). Las actividades turísticas de mayor relevancia son la pesca deportiva y la observación de ballenas, ya que existen varias empresas que se dedican a esta actividad durante la temporada invernal de la ballena jorobada (SEMARNAT, en revisión).

El refugio propuesto para la conservación de la ballena jorobada se encuentra delimitado por un polígono que abarca toda la punta de Los Cabos, desde Punta Pescadero hasta Punta La Tinaja, y mar adentro hasta los Bancos de la Gorda (23° 0'59.95''N, 109°27'59.99''O) (Figura 4).

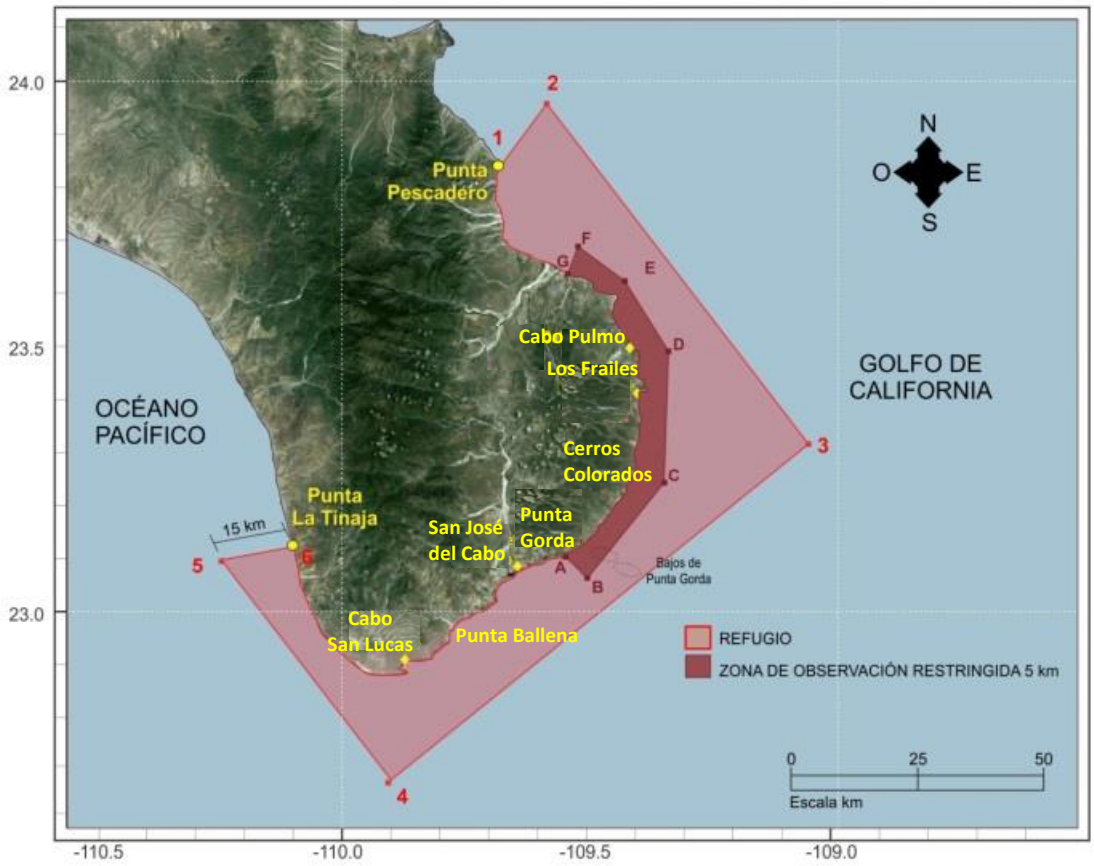


Figura 4. Límites previstos para la zona del refugio de la ballena jorobada en el área de Los Cabos (área rosa). La zona con rojo oscuro concentra la mayor densidad de madres con crías y se propone como zona de observación restringida (Thode & Urbán, 2013).

Con base en 928 avistamientos registrados durante las temporadas 2004 a 2009 por el Programa de Investigación de Mamíferos Marinos (PRIMMA) de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, se ha encontrado que las ballenas se distribuyen a lo largo de la costa desde Punta Pescadero hasta Punta La Tinaja (Figura 4), pero principalmente al sur de punta Pescadero, entre Los Frailes y San José del Cabo (SEMARNAT, en revisión). Debido a lo anterior, los avistamientos de ballena jorobada para este estudio fueron realizados entre las zonas frente a San José del Cabo, Cabo San Lucas, Punta Ballena, Punta Gorda y Los Cerros Colorados. La alta abundancia de ballenas jorobadas registrada en estas zonas se debe a la suma de varias características ambientales

como lo son la influencia de vientos, las corrientes submarinas, el talud continental y una plataforma continental angosta (de 50 km aproximadamente), implicando grandes profundidades cerca de la costa en esta región. Además, los cambios en los flujos de las corrientes, con aguas tropicales durante el verano y aguas templadas en el invierno, permiten que se desarrollen diferentes ambientes y, en sumatoria, una alta productividad (Urbán, 2010). La región presenta un régimen de lluvias en verano, registrándose en el mes de septiembre la mayor precipitación pluvial (INAFED, 2005).

La región suroeste del Golfo de California está fuertemente influenciada por las aguas del Océano Pacífico. La circulación superficial en mar abierto y en las proximidades del golfo es hacia el sur y el sureste en invierno y en primavera, mientras que ocurre en sentido contrario en verano y en otoño. Se han registrado tres tipos de masas de aguas superficiales simultáneas: las aguas frías de la corriente de California con una temperatura de 22° C y salinidad de 34 a 34.2 UPS, la masa de agua del Océano Pacífico Tropical Oriental con una salinidad intermedia (34.5-34.7 UPS) y una temperatura de 26° C que proviene del sureste y una cálida (26°C) y salina (35 UPS) masa de agua del Golfo de California (Castro *et al.*, 2000).

La temperatura superficial del agua varía entre 21ºC y 22ºC durante el invierno y entre 28ºC y 29ºC durante los meses de verano. La salinidad superficial del agua fluctúa mayormente entre los 35.0 UPS y 35.8 UPS y cambia poco con la temporada (Castro *et al.*, 2000).

8. Método

8.1 Muestreo

Las muestras de las canciones de ballenas jorobadas fueron obtenidas a partir de las grabaciones hechas con un sistema de grabación portátil, el cual consistió de una grabadora de estado sólido marca Marantz modelo PM-Min96D660 y un hidrófono omnidireccional modelo HTI-96-MIN con una sensibilidad de -201 dB re: 1 V/µPa para una respuesta de frecuencias entre 2 Hz y 30 kHz. El hidrófono mide 6.35 cm (2.6 pulgadas) de largo y 1.91 cm (0.75 pulgadas) de ancho con un cable de 14 m de longitud.

Se hicieron grabaciones a lo largo de 7 semanas durante 24 días entre el 7 de febrero y el 2 de abril del 2013, navegando a bordo de una embarcación menor tipo panga de 7 m de eslora con motor fuera de borda de la UABCS. El muestreo se llevó a cabo de manera oportunista a lo largo del día (entre las 07:30 horas y las 18:00 horas) entre Punta Ballena, San José del Cabo y Cerros Colorados (Figura 5).

Se monitoreó el ruido submarino con el sistema portátil cuando se avistaba una ballena solitaria o cuando se alcanzaban a percibir sonidos fuera del agua. Cuando esto sucedía, se posicionaba la panga de tal manera que el hidrófono no fuese a enrollarse con el motor, el cual se apagaba, y se introducía aproximadamente medio metro del cable del hidrófono en el agua para verificar si efectivamente se escuchaba alguna canción de ballena jorobada. Una vez detectada la canción, se sumergía todo el cable del hidrófono del sistema portátil (hasta 13m) y se comenzaban a hacer las grabaciones acústicas.

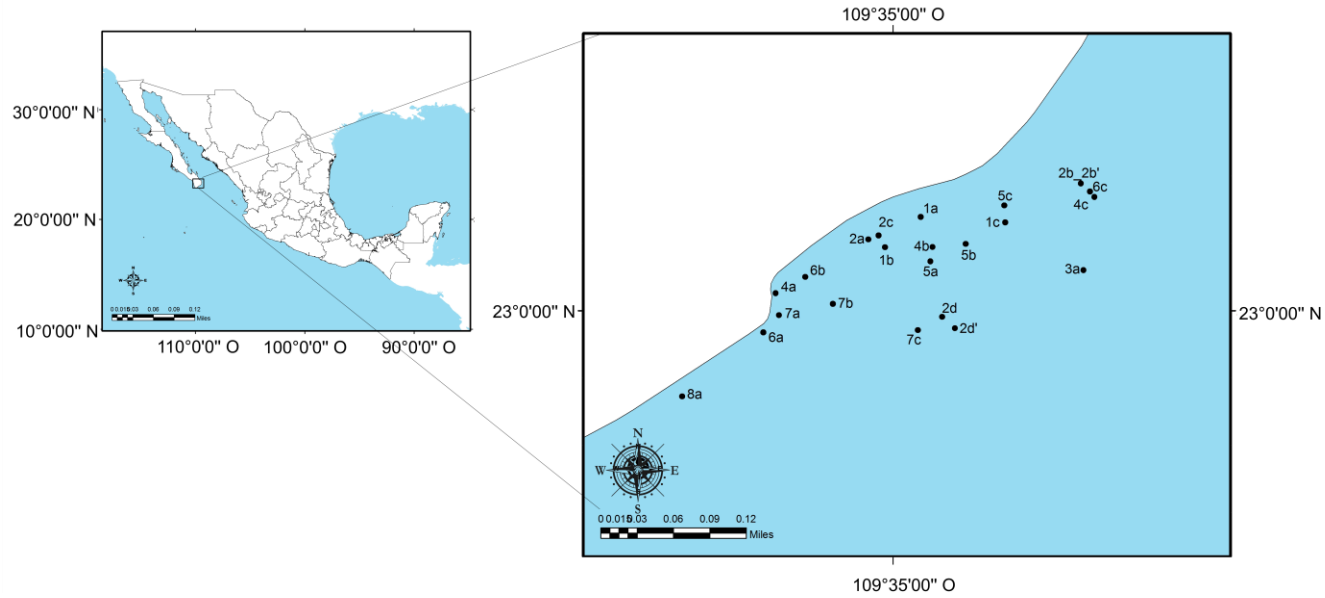


Figura 5. Mapa de las posiciones geográficas donde se registraron las 22 grabaciones con secuencias seleccionadas para el análisis de las canciones de las ballenas jorobadas de Los Cabos durante la temporada invernal 2013.

Se realizaron grabaciones de aproximadamente diez minutos, ya que se consideró que era el tiempo suficiente para cubrir una secuencia completa de una canción. De manera simultánea se registraron las actividades de las ballenas visibles desde la superficie del agua en formatos de campo para registrar cualquier comportamiento biológico observado (como la hora de las emersiones y actividades fuera del agua como los coletazos o los saltos) y las actividades antropogénicas que pudieran interferir con las grabaciones de las canciones (i.e., tipo de embarcación, si estaba en movimiento o no, dirección de movimiento y, distancia y velocidad relativas).

Debido a que fue un muestreo oportunista, se grabaron ballenas identificadas como cantoras (en el caso de que estuvieran muy cercanas a la panga) o como canciones detectadas a la distancia (cuando se escucharon todas las unidades de las frases y eran nítidas), sin conocer necesariamente de cual ballena cantora ni de cual agrupación cercana

provenía la canción. Por ende, las distancias a las cuales se encontraba la ballena cantora al momento de realizar la grabación fueron muy variables.

En el caso de que hubiera interferencia de ruido antropogénico en las grabaciones y que éste fuera lo suficientemente fuerte como para enmascarar la canción, se procuró pausar el sistema de grabación portátil y reiniciarlo una vez que la fuente de ruido se alejará de la zona, como sucedió con las grabaciones 2b y 2d.

De esta manera se obtuvieron 58 grabaciones durante 24 días a lo largo de 7 semanas consecutivas dando un total de tiempo muestreado de 493 minutos con 48 segundos (8 horas 13 minutos y 29 segundos).

8.2 Tratamiento de datos

8.2.1 Análisis de la estructura de las secuencias de las canciones

Selección de las secuencias de canciones analizadas

De las 58 grabaciones hechas con el sistema portátil se seleccionaron el mayor número de grabaciones analizables con base en la claridad (la relación señal-ruido) y la duración de la grabación, en la presencia de una secuencia completa de temas de la canción que fuese claramente distinguible (en el caso de canciones simultáneas) y en que la grabación tuviera el menor ruido ambiental posible (i.e., otros cetáceos, ruido de embarcaciones y oleaje, entre otros). Es decir, se seleccionaron las grabaciones con la mejor calidad por semana.

Se seleccionaron 22 grabaciones con secuencias de temas de canciones, con una duración total de 207 minutos con 50 segundos, equivalentes al 42.1% de las grabaciones obtenidas. A partir de cada grabación se obtuvo una secuencia de temas de una canción. Sin embargo, en campo se presentaron dos casos donde las grabaciones tuvieron que ser interrumpidas

debido a un alto nivel de ruido ambiental, generándose cuatro grabaciones a partir de dos canciones (o secuencias de temas). Entonces, como las secuencias 2b y 2d provienen de grabaciones interrumpidas del mismo día, las 22 grabaciones seleccionadas realmente corresponden a 20 secuencias de temas. Dichas grabaciones interrumpidas presentaron fragmentos de secuencias de temas en común, por lo cual, fue posible juntar los dos pedazos antes y después de la interrupción, obteniéndose las secuencias correspondientes a 2b y 2d. Estas 20 secuencias se utilizaron para caracterizar y determinar el cambio en la estructura de la canción de las ballenas jorobadas para la temporada invernal 2013.

Para el análisis de las grabaciones se usó el programa AllFile Specgram Viewer Win64, que es una rutina escrita en Matlab. Los espectrogramas de las secuencias de las canciones fueron calculados con una FFT de 4096 puntos (0.66 s), 90% de traslape y una ventana de Hanning para secuencias con energía hasta 5 kHz (eje vertical Y) y con una duración de 30 segundos (eje horizontal X). Los espectrogramas se emplearon para obtener imágenes gráficas (Figura 6) que permitiesen el estudio y la caracterización de la estructura de las señales, en este caso, las unidades que componen las frases y los temas de la canción.

De esta manera se pudo evaluar con mayor facilidad el cambio entre temas con unidades similares o que variaban poco, así como cuando se presentó más de una canción simultánea en las grabaciones.

Para los espectrogramas de las unidades también se registraron sus características espectrales con la función de “Annotation details” del programa AllFile Specgram Viewer (Figura 6) y se calcularon la duración promedio y la frecuencia basal de las unidades. La frecuencia basal es donde está concentrada la mayor cantidad de la energía, debido a que

las características de los armónicos dependen no solamente de la distancia a la cual fue emitida la canción, sino también de cómo fueron emitidos por el individuo, y no siempre están presentes en cada grabación. De todas las frecuencias basales medidas para las distintas unidades se determinó cuáles eran los valores mínimo y máximo para reportar un rango de frecuencia. Con ello, se dio un valor de duración promedio y un rango de frecuencias basales para caracterizar cada una de las unidades emitidas por las ballenas jorobadas grabadas.

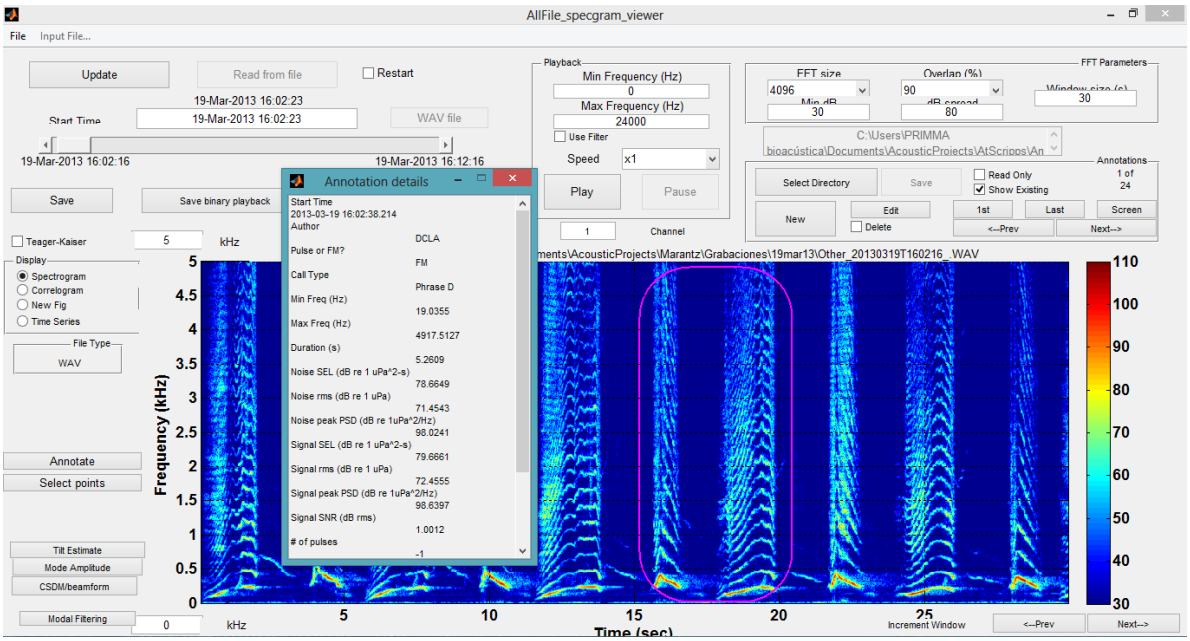


Figura 6. Espectrograma de una porción del tema D (frases compuestas de las unidades m1 y b0), desplegado por el programa AllFile Specgram Viewer, mostrando la frase (señalada dentro del óvalo morado) y sus respectivas características espectrales (i.e., frecuencia mínima, frecuencia máxima, duración) descritas en la ventana de "Annotation details". El eje X representa el tiempo en segundos y el eje Y representa la frecuencia dada en kilohercios).

Transcripción y construcción de secuencias

Para cada secuencia se realizó el siguiente procedimiento escuchando las grabaciones y viendo sus espectrogramas en el programa AllFile Viewer para determinar lo que eran las unidades, frases y temas de las secuencias de canciones de la ballena jorobada. Dicha nomenclatura se basa en la clasificación jerárquica de la canción descrita por Payne & McVay (1979), donde se consideró como **tema** a una serie de repeticiones consecutivas de una misma frase, mientras que se consideró como **frase** a una serie de **unidades** repetidas en una secuencia (Figura 3). De tal forma que el tema corresponde al último nivel de esta clasificación jerárquica (antes de ser considerada como canción), mientras que las unidades componen su nivel basal.

1) Identificación de las unidades. Se reconocieron primero los sonidos más cortos producidos por las ballenas, los cuales se denominaron unidades, y se les asignaron nombres de acuerdo al tipo de sonido que se reconocía asociándolas a sonidos familiares. En el caso de que esa unidad formara parte de más de una frase se le asignó una numeración para diferenciarlos. Por ejemplo, el sonido **bramido (b)** formó parte de más de dos frases, por lo que se numeró como b0 si se encontraba en la frase D y b1 si se encontraba en la frase E.

2) Identificación de las frases. Los sonidos identificados como unidades se escribieron a mano en series de letras que en conjunto representan las frases. A cada frase distinta se le asignó una letra del alfabeto en mayúscula. Se utilizó la nomenclatura de variantes numerales de una misma letra cuando las frases presentaban variaciones mínimas de la frase original, como fueron los casos de las frases compuestas por dos unidades (i.e., a b) y su versión variante que repetía una de ellas (i.e., a b b); o frases donde una de las unidades

variara ligeramente en su composición espectral, identificándose claramente el patrón original. Esto sucedió con la frase E1 consiste de un **tren de pulsos (pt0)** seguido de un bramido (b1), ya que existe una frase compuesta del tren de pulsos (pt0) seguido del bramido (b1) y luego de un **bramido corto (sb)**. Entonces, a la frase E1 con un bramido corto adicional se le denominó frase E2. Cuando estas frases fueron emitidas de manera alternada, se definió el tema E. De manera similar, cuando la frase G compuesta por una única unidad **tren de gruñidos (gt)** presentó una variación alterna se denominó frase G1, consistente de cuatro repeticiones del tren de pulsos pt en lugar del tren de gruñidos característico. Se definió el tema K1 a partir de versiones ligeramente modificadas de la frase K, en específico de las unidades **keri (kr)** y **ketani (kt)** en cuanto a la duración y frecuencia. Dichas variaciones se asignaron a frases claramente reconocibles como las originales, pero con variaciones que no ameritaban una nueva asignación de frase.

3) Conteo del número de frases completas e incompletas en cada tema. Con la finalidad de delimitar el inicio y el fin de cada tema, se evaluó la estructura de las frases que compusieron cada tema, de tal manera que fuera posible identificar el número máximo de unidades que podía conformar cada frase de cada tema (repetidas al menos dos veces consecutivas) y reconocer **frases completas**, con todas las unidades registradas para un tema dado, y **frases incompletas** cuando se omitieron una o más unidades en las frases al ser repetidas. Una vez identificadas las frases completas se eligió como **frase tipo** o frase representativa de cada tema a aquella frase con las mejores características espectrales, es decir, aquella que se visualizara mejor en el espectrograma y que no tuviese interferencia de ruido de fondo. Cabe destacar que este método se empleó para categorizar todas las frases tipo, con excepción de la frase G, la cual está compuesta por una serie de subunidades de patrón único.

4) Identificación y anotación de la mejor frase de cada tema en cada canción. Las **frases tipo** se emplearon para identificar todas las unidades presentes en una frase determinada de la secuencia de la canción y para evaluar si existieron unidades similares pero utilizadas en diferentes frases. Se consideró como mejor frase aquella que estuviera completa y sin ruido de fondo (i.e., otros cantos simultáneos o ruido de embarcaciones), para la cual se registraron sus características espectrales (como su rango de frecuencias y duración) con la función de "Annotation details" del programa AllFile Specgram Viewer (Figura 6). Cada frase tipo se guardó en audio (formato WAV) y su espectrograma como imagen (formato JPEG) para su posterior análisis.

5) Transcripción inicial de la canción. Los sonidos identificados como unidades, a partir de los espectrogramas, se transcribieron a mano en series de letras que en conjunto representan las frases y temas, obteniendo así secuencias de letras de los temas contenidos en cada secuencia de la canción analizada.

6) Construcción de las secuencias con los espectrogramas de las frases tipo. Usando las frases tipo se hicieron las secuencias de cada grabación analizada para visualizar de manera rápida la composición general del ciclo de la canción (secuencia de temas que se repite) en cada grabación y evaluar los cambios a primera vista en la composición de las frases con respecto a las demás secuencias (Figura 7).

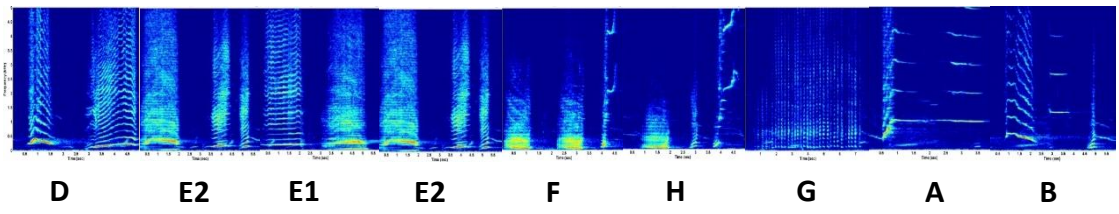


Figura 7. Mapa visual (espectrograma) de una secuencia conformada por los espectrogramas de las frases representativas de cada tema. La frecuencia máxima de cada espectrograma es de 5kHz (eje Y) con duraciones de 5 a 8 segundos (eje X) por espectrograma.

7) Notación de las secuencias y los temas. Se desarrolló un sistema de notación para expresar de manera resumida la composición de las secuencias. Se consideró como tema a una serie de repeticiones consecutivas de una misma frase tipo, asignándosele la misma letra del alfabeto en mayúscula que a las frases que lo integran, pero anotando el número de repeticiones completas e incompletas de las frases en cada tema, incluyendo la fecha y las características de la frase. Es decir, núm. de grabación de la semana (fecha): tema 1 (núm. repeticiones completas, núm. repeticiones incompletas) tema 2…tema n (núm. repeticiones completas, núm. repeticiones incompletas) (Figura 8).

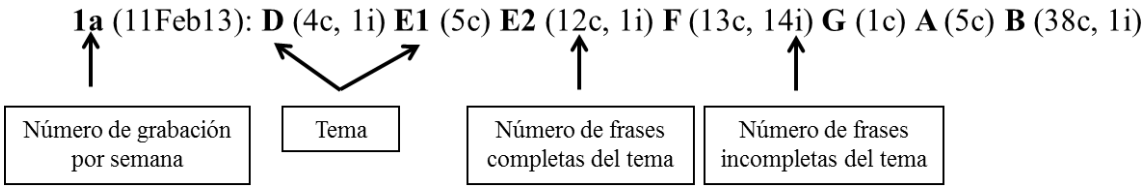


Figura 8. Ejemplo de notación para una secuencia.

8) Transcripción de la canción. Entonces, al ser los temas repeticiones de la misma frase, cuando se evalúa la composición de las frases con respecto a las demás secuencias, también se están evaluando los temas y su orden. Así, las secuencias de los temas utilizando la notación de letras mayúsculas es como se transcribe lo que se denomina la canción de la ballena jorobada, es decir, se obtuvieron secuencias de letras que representan la canción, contemplando todos los temas que aparecieron en cada secuencia, así como el número de repeticiones de las frases de cada tema y las variaciones estructurales de las frases para evaluar los cambios en las secuencias de la temporada 2013.

9) Vaciado de los datos. Todos los datos obtenidos de cada secuencia analizada fueron vaciados a una tabla con el programa Excel. Se anotó toda la información sobre el número

de repeticiones de cada frase, las unidades que la conforman, la hora de inicio y de término de la grabación, la duración de cada tema, la secuencia de temas y cualquier variación estructural observada (i.e., el cambio de una unidad por otra en alguna frase o en todo el tema) para cada una de las secuencias analizadas (Anexo 1).

8.2.2 Análisis de la variación de secuencias

Para cuantificar si existieron cambios en las secuencias durante la temporada invernal 2013, se hizo un agrupamiento temporal de las grabaciones mediante una división semanal. Pero debido a que sólo se obtuvo una grabación durante la semana 3, del 24 de febrero al 2 de marzo, no se consideró como un muestreo semanal por lo que esta grabación fue integrada con las grabaciones de la semana que la sucedió (denominándose semana III-IV), de tal forma que se obtuvieron "6 semanas" para las siete semanas calendáricas durante las cuales se recolectaron los datos.

La asignación del nombre de cada grabación o secuencia fue con base en la semana durante la cual se tomó. Por ejemplo, las tres grabaciones analizadas registradas durante la primera semana de muestreo fueron denominadas como 1a, 1b y 1c.

Variaciones en la frecuencia de las frases y los temas

Se calculó primero el número de repeticiones de las frases durante la temporada 2013 al determinar el número de veces que apareció cada frase durante cada una de las seis semanas, y así poder calcular el promedio y desviación estándar de las repeticiones de frases durante la temporada 2013.

Después, con estos datos se calculó el porcentaje de repeticiones de cada frase para cada semana para obtener la representación gráfica de las frases más frecuentes en las secuencias de la temporada 2013.

Posteriormente se calculó la frecuencia semanal relativa de cada tema. Para determinar esta frecuencia relativa de cada tema en las secuencias se calculó el porcentaje de veces que ocurrió cada tema con respecto al total de temas considerando todas las secuencias de una semana. Por ejemplo, si en la semana uno el tema B apareció 4 veces de un total de 37 temas de la semana uno, entonces la frecuencia relativa semanal del tema B tendría un valor de 4/37*100= 10.81%. Con estos datos se realizó una gráfica de frecuencias semanales (expresadas como porcentaje) y que representan la ocurrencia de cada tema durante la temporada 2013. Nótese que, a diferencia del paso anterior, aquí no se considera el número de frases de cada tema, si no el número de veces que apareció el tema *per se* en las secuencias.

Medida de la diferencia entre secuencias durante la temporada

De manera general, se emplearon dos métodos de análisis para obtener información con respecto a la estructura de la canción de la ballena jorobada de la temporada 2013. Estos métodos trabajan a nivel del tema (el último nivel de clasificación antes de ser considerada canción) y se enfocan en diferentes aspectos de los temas, pero ambos se calculan con la finalidad de analizar los cambios de la canción durante la temporada 2013. La **Distancia Levenshtein (DL)** (Kohonen, 1985; Helweg *et al.,* 1998; Tougaard & Eriksen, 2006) se utilizó para evaluar las diferencias entre las canciones a partir de la clasificación de los cambios entre las secuencias, ya sea como inserciones, eliminaciones y/o sustituciones. Por otra parte, el **Índice de Asociación Simple (IAS)** (Villareal *et al.,* 2004) evaluó la

ocurrencia contigua de combinaciones de temas (visto como una asociación de temas) en las secuencias de periodos distintos del muestreo. Cabe mencionar que para la DL se utilizó un ciclo de canción contenida en las grabaciones, mientras que para el IAS se empleó toda la secuencia de temas obtenida en las grabaciones (i.e. más de un ciclo de canción).

Distancia Levenshtein, DL. Es una medida general de la similitud entre dos secuencias, la cual expresa el número mínimo de elementos que se requiere eliminar, insertar o sustituir para convertir una secuencia en otra:

$$\mathbf{DL\ (a, b) = min\ (inserciones + eliminaciones + sustituciones)} \quad (1)$$

La secuencia *a* es convertida en la secuencia *b* con el mínimo número de inserciones (i), eliminaciones (d) y sustituciones (s) (Kohonen, 1985; Tougaard & Eriksen, 2006). Este método permite investigar la similitud de múltiples secuencias de cantos al agrupar secuencias similares con base en sus temas (Garland *et al.*, 2012). Por ejemplo, la DL entre las secuencias *a*: AGABCDE2HFG y *b*: ABCDE2E1E2FHG es 5, debido a que se requieren un mínimo de 5 cambios para que una secuencia sea igual a la otra utilizando el menor número de pasos posibles (Figura 9).

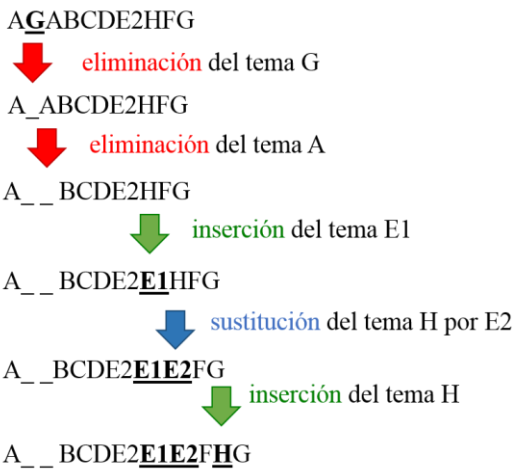


Figura 9. Calculo de la distancia mínima empleando el método de la Distancia Levenshtein contemplando el mínimo número de inserciones (i), eliminaciones (d) y sustituciones (s) necesarios para la conversión de la secuencia a (AGABCDE2HFG) en la secuencia b (ABCDE2E1E2FHG).

El cálculo de la DL para cada par de secuencias resultó en un valor de similitud donde 0 representa que las secuencias son iguales, mientras que los valores mayores a 1 indican la cantidad de cambios necesarios para que dos secuencias sean iguales. Es decir, a mayor DL menor es la similitud entre dos secuencias (Helweg *et al.,* 1998). Con estos valores de similitud se construyó una matriz de similitudes entre las distintas secuencias analizadas (Anexo 2). Así mismo, se realizó una gráfica de los promedios de las DL para todas las secuencias de cada semana, calculando sus respectivos intervalos de confianza. Cabe mencionar que en este estudio el número mínimo de cambios para que una secuencia fuera igual que la otra varió entre 1 y 6.

A partir de dicha matriz se realizó un **análisis de agrupamiento jerárquico** (en inglés, "clustering"), el cual es un método que reconoce las similitudes y las diferencias entre objetos, conjuntándolos en agrupamientos y produciendo dendrogramas que muestran las relaciones entre los objetos (Carr *et al.,* 1999; Legendre & Legendre, 2012). Debido a que existen varios métodos de clasificación jerárquica, se obtuvo el **coeficiente de correlación cofenético (CCC)** del dendrograma, el cual permite entender qué tan cercana es la representación jerárquica mostrada en el árbol a la relación entre los datos originales; como también permite comparar entre distintos métodos de ligamiento para escoger el que de la mejor representación (que es aquel con el mayor CCC). Utilizando cualquier método de ligamiento, conforme se van formando grupos de mayor tamaño, se va reduciendo el valor del CCC, por lo que el valor del CCC también es una referencia de cuándo es conveniente detener la fusión de grupos. Este coeficiente abarca un rango de entre 0 (poco acertado) y 1 (representación perfecta) y se considera que el valor de 0.8 es el recomendado para un dendrograma (Ludwig & Reynolds, 1988; Carr *et al.,* 1999).

Considerando lo anterior, se realizaron dendrogramas utilizando distintos métodos de ligamiento para la matriz de datos calculada con la Distancia Levenshtein. El valor del CCC más alto (0.8016) se obtuvo con el Método de Ward mediante el software PAST por lo que se consideró que con este método se obtuvo la mejor representación de los resultados al ajustar entre las diferencias y el dendrograma (Ludwig & Reynolds, 1988; Carr *et al.*, 1999).

El Método de Ward es un método de clasificación jerárquica que se basa en el análisis de varianza para aglomerar agrupaciones, de tal manera que el criterio es conformar grupos cada vez más inclusivos buscando que se minimice, lo más posible, la suma de la varianza de todos los grupos que se conforman (Ludwig & Reynolds, 1988).

Se calculó la Distancia Levenshtein entre cada par de secuencias dentro de cada semana (distancias intra-semanales), para evaluar si al menos una de las semanas mostró una variación intra-semanal significativa diferente de las demás semanas. Pero antes, para determinar si los datos de la Distancia Levenshtein intra-semanales se distribuyeron de manera normal se utilizó la prueba de bondad de ajuste **Kolmogorov-Smirnov** mediante el software STATISTICA. En esta prueba cada frecuencia observada es comparada con la frecuencia esperada bajo la hipótesis nula de que ambas distribuciones son las mismas. La frecuencia esperada se calcula de la misma manera que la prueba de chi cuadrada para la bondad de ajuste (Zar, 1984). Una vez que se determinó la normalidad de los datos, se realizó una prueba **ANDEVA** (análisis de varianza) de un factor. La cual es una técnica estadística utilizada para comparar las medias de tres o más grupos. La hipótesis alternativa utilizada en el análisis de varianza establece que el efecto en la variable dependiente de una o más de las condiciones difiere de cuando menos una de las otras. La hipótesis nula establece que todas las condiciones son igualmente eficaces, en cuyo caso los puntajes en

cada grupo son muestras aleatorias de poblaciones que tienen la misma media (Pagano, 2011).

Índice de Asociación Simple IAS. También conocido como el índice de Jaccard, es un índice que mide las diferencias en la presencia o ausencia de sólo un par de elementos a la vez en una muestra. Se caracteriza por dar el mismo peso a todas las combinaciones de elementos independientemente de su abundancia en la muestra y, por ende, da importancia incluso a los elementos más raros. El IAS se calcula como:

$$\mathbf{IAS}_{AB} = \frac{N_{AB}}{N_A + N_B - N_{AB}} \qquad (1)$$

donde:

N_A= número de veces que apareció el tema A en la muestra

N_B= número de veces que apareció el tema B en la muestra

N_{AB}= número de veces que ocurrió el tema A seguido del tema B en la muestra

Es decir, el número de veces que ocurrió el tema A seguido del tema B en una muestra x (N_{AB}), dividido entre el número de veces que aparece cada tema por separado en esa misma muestra x (N_A, N_B) menos el número de veces que aparece el tema A seguido del tema B en la muestra x (N_{AB}). El rango de este índice va desde cero (0) cuando no existe dicha combinación de temas en la muestra x, ya sea porque los temas no aparecen de manera consecutiva o porque uno de los temas (o ambos) está(n) ausente en la muestra x, hasta uno (1) cuando los temas que componen la combinación considerada (i.e., AB) siempre aparecen seguidos uno del otro en el mismo orden (i.e., AB y no BA) y no aparecen aislados o pareados con otros temas en la muestra x (i.e., A, CA o AC, entre otros), por lo que la asociación es máxima entre los temas A y B (Villarreal *et al.*, 2004).

Por ejemplo, para el periodo semanal x que contiene las secuencias a= E2FG**AB**DE1E2FG**AB**, b= E2F**AB**DE1F**AB**DE1E2E1 y c= DE2HFGAG**AB**CDE2, el cálculo del IAS correspondiente a la combinación de temas AB de ese periodo semanal x se calcula de la siguiente manera:

$$IAS_{AB} = \frac{5}{6+5-5} = 0.8$$

donde:

N_A= número de veces que apareció el tema A en las secuencias del periodo semanal x = 6

N_B= número de veces que apareció el tema B en las secuencias del periodo semanal x = 5

N_{AB}= número de veces que A fue precedido de B en las secuencias del periodo semanal x = 5

Como se observa en el ejemplo anterior, se analizaron en conjunto las secuencias obtenidas durante cada semana, agrupándolos por periodo de análisis. De este modo, en cada periodo semanal se tomó en cuenta la suma de las ocurrencias de cada combinación de temas en todas las secuencias del periodo semanal. Así, se obtuvieron los IAS para cada combinación de temas que se encontraron para las secuencias de cada semana. Entonces, en este trabajo el IAS evalúa si la ocurrencia de un tema seguido de otro (combinación de temas) apareció de forma común, lo cual es una forma de describir ciertos patrones temporales en la secuencia de temas de las canciones de las ballenas jorobadas de la temporada 2013.

Con estos valores de IAS, para cada combinación de temas para cada una de las seis semanas, se generaron matrices semanales (Tabla 1). Los valores mayores a 0 indicaron que esa combinación de temas ocurrió en las secuencias de ese periodo semanal.

Al realizar el cálculo del IAS fue posible identificar las combinaciones más comunes de temas durante la temporada 2013, por lo que se realizó la representación de una secuencia

donde se resaltaron los patrones predominantes de las combinaciones de temas que aparecieron en más de cinco semanas, indicando el orden de la secuencia más observada durante la temporada 2013 y sus correspondientes promedios del IAS.

Tabla 1. Ejemplo de una matriz semanal de IAS entre los 15 temas descritos para la temporada invernal 2013. El primer tema de la combinación se lee en la columna y el segundo tema en el renglón, ya que en las secuencias no es lo mismo la combinación de temas AB, que la combinación de temas BA. Por ende, no es una matriz simétrica. Los valores mayores a 0 indican el grado de asociación entre dos temas, es decir, qué tan frecuentemente apareció esa combinación en el conjunto de secuencias de una semana dada. El cero indica que esa combinación de temas no ocurrió durante el periodo semanal, ya fuera porque los temas no ocurrieron juntos o porque uno de los dos temas (o ambos) no ocurrieron en la secuencia. Los IAS de las combinaciones de temas para el ejemplo dado están resaltadas en las casillas en gris.

	A	B	C	D	E	E1	E2	F	H	I	G	G1	K1	K	J
A	-	0.83	0	0	0	0	0	0	0	0	0.11	0	0	0	0
B	0	-	0.2	0.38	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	-	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	-	0	0.5	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	-	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0
E1	0	0	0	0	0	-	0.25	0.13	0	0	0	0	0	0	0
E2	0	0	0	0	0	0.11	-	0.38	0.17	0	0	0	0	0	0
F	0.22	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0.5	0	0	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0.2	-	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
G	0.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
G1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
K1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Una vez obtenidos los valores de IAS de cada combinación de temas de las secuencias de cada semana se compararon los IAS de todas las combinaciones de temas entre dos semanas a la vez mediante la medida de distancia D_{xy}:

$$D_{xy} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1,j=1}^{k^2}(C_{ijx} - C_{ijy})^2}}{k^2} \quad (2)$$

donde:

C_{ijx} = IAS de la combinación de temas *ij* de la semana x

C_{ijy} = IAS de la combinación de temas *ij* de la semana y

k^2 = número de temas encontrados en las seis semanas (toda la temporada invernal 2013)

Es decir, *x* y corresponden a las dos semanas a comparar, entonces C_{ijx}-C_{ijy} equivale a la diferencia entre los valores del IAS para la combinación de los dos temas *ij* de las semanas *x* y *y*. *k* se refiere al número total de elementos distintos considerados en el análisis, que en este estudio es el número total de temas observados durante la temporada 2013 (Smith Aguilar, 2009).

Entonces, la medida de distancia D_{xy} obtenida al comparar todos los IAS de todas las combinaciones de temas entre dos semanas indica el grado de similitud entre las secuencias de dos semanas (Tabla 2). Con base en las medidas de distancia D_{xy} obtenidas al comparar los IAS de las combinaciones de temas de las secuencias de las seis semanas de la temporada se generó una matriz de distancias con valores entre 0 y 1, siendo 0 el máximo grado de similitud entre las secuencias semanales y 1 el máximo grado de disimilitud entre las de secuencias semanales.

Tabla 2. Ejemplo de cómo se calculó la medida de distancia D_{xy} (recuadro gris) para el par de semanas x y y. El C_{ijx} corresponde al valor C_{ij} del IAS para la combinación de los temas ij de la semana x, C_{ijy} es el equivalente para la semana y, y k se refiere al número total de temas observados en todas las secuencias durante la temporada 2013. Nótese que para este ejemplo no se incluyeron las 34 combinaciones de temas observadas para este estudio.

Pares temas (ij)	C_{ijx}	C_{ijy}	$(C_{ijx}-C_{ijy})^2$
AB	0.83	0.75	0.0069
AG	0.11	0.09	0.0004
BC	0.20	0.50	0.0900
BD	0.38	-	0.0000
CD	0.20	0.80	0.3600
DE1	0.50	0.57	0.0051
DE2	0.22	-	0.0000
E1E2	0.25	0.57	0.1033
E1F	0.13	0.17	0.0017
E2E1	0.11	-	0.0000
E2F	0.38	0.57	0.0386
E2H	0.17	-	0.0000
FA	0.22	0.17	0.0031
FG	0.50	0.20	0.0900
GA	0.67	0.71	0.0023
Núm. temas total	Suma $(C_{ijx}-C_{ijy})^2$=		0.7014
k=15	D_{xy}=Raíz (0.7014)/15^2=		0.0037

Con dicha matriz se realizó un **análisis de agrupamiento jerárquico**, utilizando el software STATISTICA, para evaluar si existía alguna tendencia en las agrupaciones formadas en el dendrograma. Al igual que con el método de la DL, se obtuvo el CCC utilizando diferentes métodos de ligamiento y nuevamente se obtuvo el mejor ajuste entre las diferencias y el dendrograma con el método de Ward (CCC= 0.7796) para explorar las similitudes entre las secuencias semanales.

Para visualizar espacialmente en un diagrama bidimensional el grado de similitud entre las secuencias semanales con base en el orden de clasificación de la matriz de distancias, también se realizó un **análisis de escalamiento multidimensional** no métrico (nMDS, por

sus siglas del inglés “non metric multidimensional scaling”) (Hammer *et al.*, 2001) usando el software PAST. Para este análisis los puntos son ubicados en el espacio y se mueven de manera iterativa hasta alcanzar la configuración de mínimo estrés; siendo el estrés una medida del ajuste del modelo que va del 0 (solución perfecta) al 1 (peor configuración posible) (Rabinowitz, 1975), de tal forma que en el diagrama final la ubicación de los puntos revela la estructura presente en la matriz de distancias. Entre mayor similitud exista entre dos pares de secuencias semanales, mayor cercanía debería existir entre los puntos que representan dichas secuencias cuando son ubicados en el espacio, ya que las distancias entre los puntos en el espacio concuerdan al máximo con las disimilitudes dadas (Rabinowitz, 1975). En muchos casos, las dimensiones de este espacio conceptual son interpretables y se pueden utilizar para comprender mejor los datos. Dicho complemento al análisis de agrupamiento jerárquico permite evaluar de una manera más directa el grado de similitud (con una escala geométrica) uno a uno de cada semana con respecto a las demás.

9. Resultados

9.1 Caracterización de la estructura del canto de la ballena jorobada en la región de Los Cabos, B.C.S.

El análisis de las 20 secuencias seleccionadas para determinar la estructura de las canciones de la ballena jorobada elegidas para la región de Los Cabos, B.C.S. durante la temporada invernal de 2013, se realizó con un total de 207 minutos con 50 segundos de grabaciones (3 horas con 27 minutos y 50 segundos) (Tabla 3).

Tabla 3. Principales características de las 22 grabaciones empleadas para este estudio. Nótese que las secuencias 2b y 2d aparecen dos veces (cada una) porque las grabaciones fueron interrumpidas, pero son consideradas como la misma secuencia, obteniéndose en total 20 secuencias. PG= Punta Gorda, CC= Cerros Colorados, BSJ= Bahía San José, PP= Punta Palmilla, BG= Bancos de la Gorda

Núm. grabación	Grabación	Fecha	Hora	Sitio	Duración (mm:ss)	Secuencia por semana
1	PGCC_20130211T130113	11-feb-13	13:01:13	PG y CC	14:57	1a
2	PG_20130211T095903	11-feb-13	09:59:03	PG	08:00	1b
3	CC_20130211T155750	11-feb-13	15:57:50	CC	09:05	1c
4	Other_20130220T082002	20-feb-13	08:20:02	BSJ	10:00	2a
5	CC_20130223T101358	23-feb-13	10:13:58	CC	07:00	2b
6	CC_20130223T103415	23-feb-13	10:34:15	CC	06:01	2b
7	Other_20130217T095150	17-feb-13	09:51:50	BSJ	07:58	2c
8	Other_20130219T101753	19-feb-13	10:17:53	BSJ	05:59	2d
9	Other_20130219T104319	19-feb-13	10:43:19	BSJ	05:59	2d
10	CC_20130224T134210	24-feb-13	13:42:10	CC	21:59	3a
11	Other_20130309T154428	09-mar-13	15:44:28	BSJ	10:00	4a
12	PG_20130308T122046	08-mar-13	12:20:46	PG	10:00	4b
13	CC_20130306T115949	06-mar-13	11:59:49	CC	06:59	4c
14	PG_20130316T121315	16-mar-13	12:13:15	PG	09:59	5a
15	Other_20130312T142412	12-mar-13	14:24:12	BG	10:00	5b
16	PG_20130312T151728	12-mar-13	15:17:28	PG	07:58	5c
17	Other_20130319T160216	19-mar-13	16:02:16	PP	10:00	6a
18	Other_20130319T100507	19-mar-13	10:05:07	BSJ	09:59	6b
19	CC_20130318T161737	18-mar-13	16:17:37	CC	09:59	6c
20	Other_20130325T131205	25-mar-13	13:12:05	PP	09:59	7a
21	Other_20130325T140527	25-mar-13	14:05:27	BSJ	05:59	7b
22	PG_20130330T102702	30-mar-13	10:27:02	PG	10:00	7c
Total		24 días		3 sitios	207:50	20

Con base en la **descripción estructural** de las secuencias de canciones se encontró que las secuencias de las canciones presentaron hasta 15 frases distintas con las que se formaron 15 temas: A, B, C, D, E, E1, E2, F, G, G1, H, I, J, K y K1 (Tabla 4), con unidades que presentaron un rango de frecuencias basales de 25 a 2500 Hz. La duración de las unidades osciló entre 0.4 y 3.6 segundos. La frase más corta, pero que corresponde a la unidad más larga, fue aquella de hasta 8 segundos conformada por una sola unidad, el tren de gruñidos, el cual a su vez está compuesta de subunidades. De acuerdo a Payne & McVay (1971), las subunidades son series de pulsos o tonos discretos. Las frases K1, G1 y E no fueron incluidas en la descripción particular de las frases mostradas en la Tabla 4 debido a que son muy similares a sus versiones originales K, G, E1 y E2, pero con ligeras variaciones en alguna de sus unidades. Todos las frases-temas tuvieron unidades en común, como fue el caso de la unidad **wump (w),** presente en las frases-temas A, B, C, H, I y J, la unidad **gemido (m)** en las frases-temas B, C y D, la unidad bramido en las frases-temas D, E1, E2 y J, la unidad **chillido (s)** en las frases-temas F, H e I, y la unidad tren de pulsos en las frases-temas E1, E2, F, H y J. Entonces, con excepción del tren de gruñidos, ninguna de las unidades apareció únicamente en una frase o tema. La mayoría de estas unidades repetidas se encontraban en temas subsecuentes, por lo que las ballenas cambiaron el tema sin cambiar todas las unidades de la frase que se repetía dentro de una misma secuencia (Tabla 4).

Tabla 4. Descripción de las unidades que conformaron la canción de la ballena jorobada durante 2013. Se presenta la clasificación, duración y promedio de las frecuencias mínimas y máximas del componente basal de las unidades. Además, se muestra la frase-tema que se compone de cada unidad encontrada presente en el canto. Cada espectrograma abarca una duración de 5 segundos (eje X) y una frecuencia máxima de 5 kHz (eje Y). Éstos fueron calculados con una Transformada Rápida de Fourier (FFT) de 4096 puntos, 90% de traslape y una ventana Hanning. Las frases K1, G1 y E no se incluyeron. *temas presentes en únicamente una grabación.

Caracterización de la canción de ballena jorobada temporada reproductiva 2013

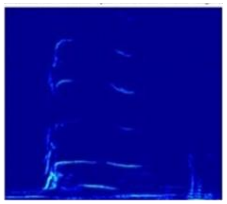
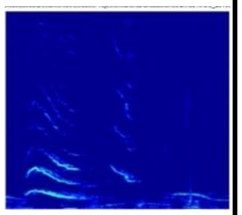
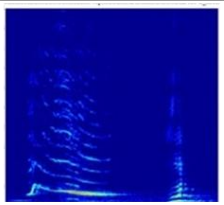
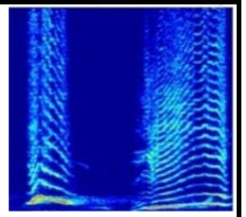
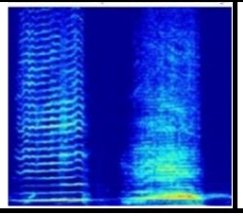
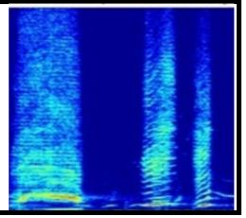
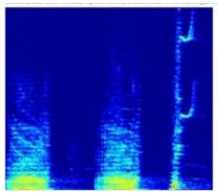
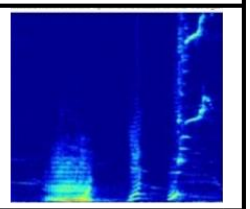
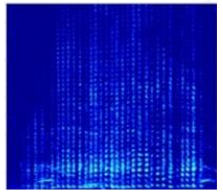
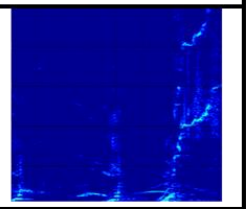
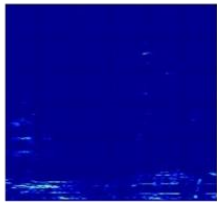
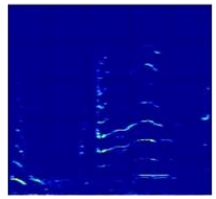
Tema	Frase		Espectrograma	Tema	Frase			Espectrograma
A	**Aullido (h)** Rango frec. 358-1298Hz **Duración 3.6s**	**Wump (w0)** Rango frec. **25**-214Hz Duración **0.4s**		B	**Gemido (m0)** Rango frec. 227-671Hz Duración 1.6 s	**Chirrido (c)** Rango frec. 1131-1543 Hz Duración 1.6 s	**Wump (w1)** Rango frec. 38-314 Hz Duración 0.5s	
C	**Gemido (m1)** 183-573 Hz 2.4 s	**Wump (w2)** 32-255 Hz 0.8s		D	**Gemido (m2)** 180-484 Hz 1.4 s	**Bramido (b0)** 82-250 Hz 2.1 s		
E1	**Tren pulsos (pt0)** 95-436Hz 1.9s	**Bramido (b1)** 93-291Hz 1.9s		E2	**Tren pulsos (pt0)** 59-427 Hz 1.6 s	**Bramido (b1)** 84-215 Hz 1.2 s	**Bramido corto (sb)** 59-210 Hz 0.7s	

Tabla 4. Continuación.

Caracterización de la canción de ballena jorobada temporada reproductiva 2013									
Tema	**Frase**			**Espectrograma**	**Tema**	**Frase**			**Espectrograma**
F	**Tren pulsos (pt1)** 40-464 Hz 1s	**Chillido (s0)** 40-**2534Hz** 0.9s			**H**	**Tren pulsos (pt2)** 25-476Hz 0.9s	**Wump (w4)** 41-286 Hz 0.6s	**Chillido (s1)** 57-2735Hz 1.3s	
G	**Tren de gruñidos (gt)** 154-1015Hz **Duración 8s**				**I**	**Wump (w5)** 41-286 Hz 0.6s	**Wump (w5)** 41-286 Hz 0.6s	**Chillido (s2)** 57-2735Hz 1.3s	
J	**Tren pulsos (pt3)** 202-398 Hz 1s	**Bramido b2** 241-411 Hz 0.9 s	**Wump (w5)** 33-163 Hz 0.10s		**K**	**Gemido (m2)** 228-529 Hz 0.4 s	**Keri (kr)** 359-633 Hz 2s	**Ketani (kt)** 568-790 Hz 0.2 s	

De manera general, se observó que las frases de todos los temas mostraron variaciones en el número de repeticiones durante la temporada 2013 (Tablas 5). Las frases que más se repitieron durante la temporada fueron las correspondientes a los temas B ($\bar{x}$ = 73.67±29.23 veces por semana), F ($\bar{x}$ = 61.83±28.26 veces por semana) y E1 ($\bar{x}$ = 58.67±25.22 veces por semana). De manera particular, las repeticiones de las frases B disminuyeron a partir de la semana V, mientras que las repeticiones de las frases E1 aumentaron a partir de la semana V, teniendo un mayor porcentaje de repeticiones en las secuencias de la semana VII (Figura 10). Las frases que menos se repitieron correspondieron a los temas K1 ($\bar{x}$ = 0.33, valor único), J ($\bar{x}$ = 1.33, valor único) y G1 ($\bar{x}$ = 1.50, valor único) (Tabla 5).

Tabla 5. Número de repeticiones de las frases de cada tema en las secuencias agrupadas por semana durante la temporada 2013.

Frase	**Semanas**						**Suma**	**Promedio**	**D.E.**	**% frases**
	I	**II**	**III-IV**	**V**	**VI**	**VII**				
B	88	83	117	71	38	45	442	73.67	29.23	21.71
F	81	71	100	35	59	25	371	61.83	28.26	18.22
E1	30	89	69	26	74	64	352	58.67	25.22	17.29
E2	58	22	28	37	38	27	210	35.00	12.84	10.31
A	29	27	56	21	19	15	167	27.83	14.73	8.20
D	31	22	50	20	24	14	161	26.83	12.62	7.91
C	9	35	36	29	12	21	142	23.67	11.55	6.97
H	8	0	10	22	16	14	70	11.67	7.53	3.44
E	0	19	19	0	0	0	38	6.33	10	1.87
G	4	5	7	6	6	4	32	5.33	1.21	1.57
I	0	9	0	0	9	0	18	3.00	0	0.88
K	0	14	0	0	0	0	14	2.33	-	0.69
G1	0	0	9	0	0	0	9	1.50		0.44
J	0	0	0	0	0	8	8	1.33	-	0.39
K1	0	0	2	0	0	0	2	0.33	-	0.10
Total	338	396	503	267	295	237	2036			100.00

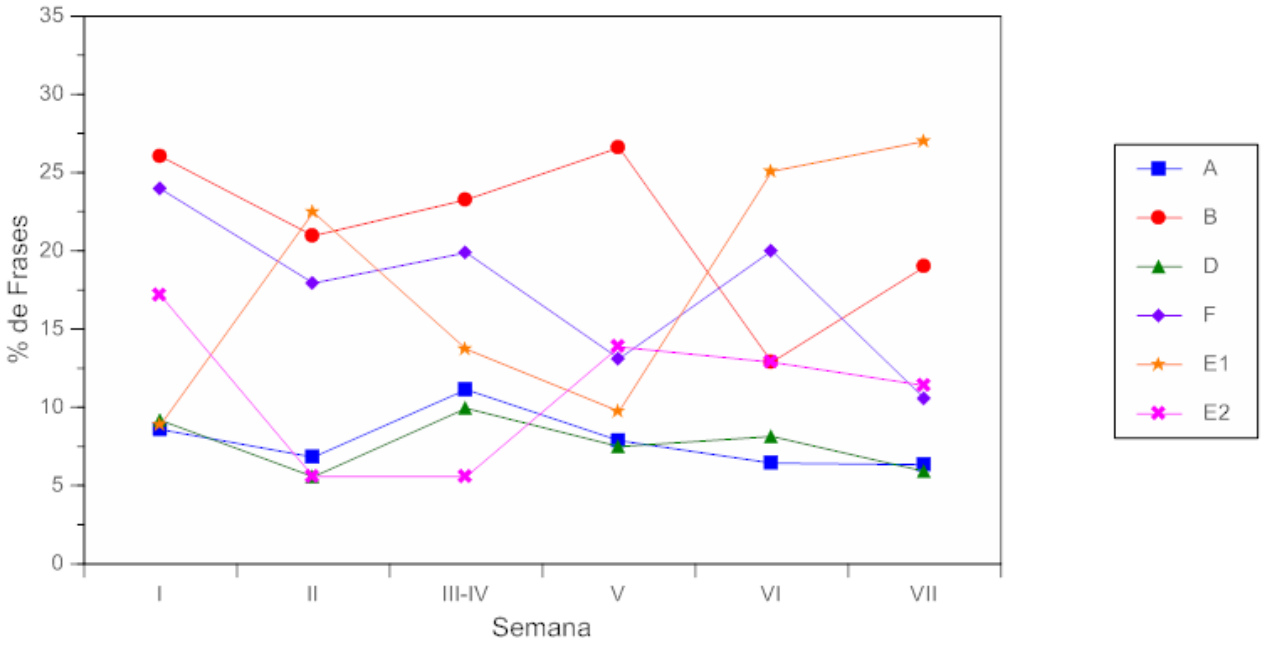


Figura 10. Porcentaje de repeticiones de las frases más frecuentes en las secuencias analizadas semanalmente durante la temporada 2013.

Las frases presentaron **variaciones estructurales** como fueron las omisiones, inserciones y sustituciones de unidades dentro de las frases de cada tema (Tabla 6). Las variaciones más observadas fueron las omisiones de unidades, lo que indica que no siempre se presentaron todas las unidades de las frases de la Tabla 4. Todas las secuencias presentaron omisiones de al menos una unidad en alguna de sus frases. Las frases de los temas que presentaron omisiones tendían a recurrir en la omisión de cierta unidad en particular. Por ejemplo, en todas las secuencias analizadas se omitió al menos una unidad wump en alguna frase del tema A y el tren de pulsos en algunas frases del tema B (Tabla 6). También, en casi todas las frases del tema F se omitió al menos una unidad tren de pulsos, con excepción de las frases F de las secuencias 2c y 6a (Tabla 7).

Las omisiones de las unidades observadas en ciertas frases provocaron variaciones estructurales de las frases al no completar el número máximo de unidades que podía conformar cada frase (frases incompletas). Entonces, al transcribir las secuencias se observaron omisiones de manera frecuente (Tabla 7), las cuales fueron registradas mediante la notación de las secuencias descrita en la Sección 8.2.1 y a pesar de presentar omisiones de unidades todas las frases de las secuencias analizadas fueron consideradas para el estudio. También se observaron, en menor medida, inserciones y sustituciones de unidades en ciertas frases, como fueron la sustitución del tren de pulsos por la unidad wump en las frases de los temas F y H (en 4 y 2 secuencias, respectivamente) (Tabla 6). Las inserciones de unidades se observaron únicamente en las frases del tema D, con las unidades wump en algunas frases de la secuencia 4a y bramido corto en algunas frases de las secuencias 2b y 4a (Tabla 6).

Tabla 6. Descripción del tipo de cambios encontrados en las unidades de algunas frases de las secuencias analizadas de la temporada 2013.

Frase-Tema	Unidades	Tipo de cambio en las unidades			Secuencia(s)	Ejemplo
		Omisión	Sustitución	Inserción		
A	h w	w			Todas	h _
B	m c w	c			2a	m _ w
		w			1b, 1c, 2c, 2d, 4b, 5a, 6c	m c _
		c w			1a, 3a, 5b, 7a	m _ w/ m c _ / m _ _
C	m w	w			2a, 3a, 6a	m _
D	m b	b			1a, 1c	m _ w/ m b _
				w	4a	m b w
				sb	2b, 4a	m b sb
E1	pt b	b			6c	pt _
E2	pt b sb	sb			1a, 2b, 2c, 3a, 5b, 6a, 6b, 7a, 7c	pt b _
		pt			7c	b sb
F	pt pt s		pt--> w		1a, 1b, 2a, 6b	pt w s/ w _ s
		pt			Todas menos 2c y 6a	pt _ s
H	pt w s	pt w s			4b, 5a, 6a, 6b, 7b	todas las combinaciones
			pt--> w		1c	w w s
			w--> pt		5b, 7b	pt pt w
I	w w s	w			6a	w s

Tabla 7. Notación de las 20 secuencias analizadas mostrando la secuencia total de temas con sus frases y sus respectivas repeticiones completas (c) e incompletas (i). Las secuencias están ordenadas por fecha y se incluye la duración de cada una de las secuencias.

Secuencia	Fecha	Transcripción de las secuencias de las canciones	Duración (mm:ss)
1a	(11Feb13)	E2(10c, 1i) F(14c, 15i) G(1c) A(5c) B(38 c, 1i) D(4c, 1i) E1(5c) E2(9c) F(8c, 9i) G(1c) A(5i) B(24c, 5i)	14:57
1b	(11Feb13)	E2(6c) F(8c, 5i) A(3c, 5i) B(6c) D(9c) E1(11c) F(10c, 8i) A(4c) B(9c, 1i) D(4c) E1(4c) E2(2c) E1(10c)	08:00
1c	(11Feb13)	D(6c, 1i) E2(11c) H(6c, 2i) F(1c, 2i) G(1c) A(3i) G(1c) A(4i) B(3c, 1i) C(8c, 1i) D(6c) E2(19c)	09:05
2a	(20Feb13)	E1(17c) F(11 c, 4i) A(5c, 3i) B(5c, 3i) C(7c, 7i) D(9c) E1(10c) E2(3c) F(4c, 15i)	10:00
2b	(19Mar13)	B(10c) C(8c) D(6c) E1(12c) E(7E1, 12E2) F(8c, 3i) /// pausa /// E1(7c) E2(6c, 2i) F(2c, 3i) I(5c, 4i) G(1c) A(3i) G(1c) A(4i) B(22c)	05:59
2c	(17Feb13)	G(1c)A(4i) B(11i) C(5c) D(3c) E1 (2c) E2(5c, 3i) F(1c) A(1i) B(5c) C(5c)	07:58
2d	(19Mar13)	E1(13c) E2(3c) F(3c, 3i) G(1c) A(4i) B(9c, 1i) K(13c, 1i) C(3c) D(3c) /// pausa /// E1(23c) F(9c, 4i) G(1c) A(1c, 2i) B(17c)	05:59
3a	(24Feb13)	B(6c) C(13c, 4i) D(9c) E(9c, 10i) F(12c, 8i) G1(4c) A(5c, 2i) B(25c, 6i) C(4c) D(8c)E1(11c) E2(7c, 2i) B(15c) C(2c) D(4c) E1(6c) E2(7c) F(7c, 5i) A(3c, 12i) B(4c) C(2c, 1i)	21:59
4a	(9Mar13)	B(6c) C(4c) D(2c, 3i) E1(17c) E2(1c) F(7c, 2i) H (1c, 2i) G(1c) A(1c, 3i) B(17c) C(4c) D(4c) E1(18c) E2(4c) E1(4c, 2i) F(2c, 2i)	10:00
4b	(8Mar13)	E2(2c) H(1c) F(3c, 3i) G(1c) A(3i) G(1c) A(1c,1i) B(2c, 1i) K1(2c) D(5c) E1(4c) H(3c, 3i) G(1c) A(3i) G(1c) A(3c, 1i) B(4c) C(1c) D(3c) E1(1c) F(17c, 2i) G(1c) A(1c, 2i) B(3c) D(4c) E2(1c)	10:00

4c	(6Mar13)	F(6c, 2i) G(1c) A(9i) B(27c,1i) C(1c) D(8c) E1(6c) E2(4c)	06:00
5a	(16Mar13)	H(6c,5i) G(1c) A(2c,2i) B(18c,1i) C(6c) D(9c) E2(3c) E1(6c) E2(5c) F(7c, 1i) H(3c,2i) G(1c) A(3i) G(1c) A(3i) B(19c)	09:59
5b	(12Mar13)	E1(5c) E2(4c,1i) F(7c, 1i) G(1) A(4i) B(5c, 2i) C (5c) D(6c) E2(1c) E1(12c) E2(1c) F(6c,2i) H(5c, 2i) G(1c) A(2c, 2i) B(9c) C(15 c)	10:00
5c	(12Mar13)	E2(2c) E1(3c) F(8c, 3i) G(1c) A(1c, 3i) B(22c) C (3c) D(5c) E2(11c, 9i)	07:00
6a	(19Mar13)	D(7c) E2(4c,1i) E1(23c) E2(7c) F(7c) H(5c,2i) G(1c) A(3c) B(6c) C(1c)D(7c) E2(4c,1i) F(7c) H(5c,2i)I(3c,3i) G(1c) A(1c)	10:00
6b	(19Mar13)	E1(11c) E2(5c, 1i) E1(8c) E2(5c) F(9c, 2i) H(1c, 1i) I(2c, 1i) G(1c) A(2c, 2i) B(10c) C(1c) D(6c) E1(13c) E2(4c) F(12c, 1i)	09:59
6c	(18Mar13)	E1(3c,1i) E2(4c) F(7c,3i) G(1c) A(2i) G(1c) A(2c, 3i) B(9c,1i) C(9c) D(4c) E1(15c) E2(2c) F(9c,2i) G(1c) A(4i) B(12c) C(1c)	09:00
7a	(25Mar13)	E2(15c,2i) E1(19c) E2(6c) F(5c,2i) H(5c,5i) G(1c) A(3i) G(1) A(3C, 2i) B(15c, 4i) C(9c) D(3c)	09:59
7b	(25Mar13):	H(3c, 1i) F(1c,2i) G(1c) A(2c,2i) B(7c) C(6c) D(7c) E1(21c)	05:59
7c	(30Mar13):	G(1c) A(3i) B(19c) C(5c) D(4c) E1(13c) J(8c) E1(12c) E2(2c, 8i) F(12c, 3i)	10:00
Total			207:50

Cuando las variaciones estructurales como las omisiones, sustituciones o inserciones de unidades en las frases eran repetitivas (más de tres frases iguales) y aumentaban su frecuencia de aparición en las secuencias con el paso del tiempo, se denominaron variaciones por cambios temporales (o **variaciones temporales**). En este estudio, se encontró que las variaciones temporales se atribuyeron principalmente a la inserción de temas novedosos ya que las frases H e I, que al inicio de la temporada fueron observadas como parte de las variaciones estructurales de las secuencias analizadas, se afianzaron de manera que fueron incrementando sus números de repeticiones durante la temporada, como en los casos de los temas I y H.

En cuanto al nivel superior en la clasificación jerárquica de las canciones, se encontró que no todos los temas estuvieron presentes en todas las secuencias, de tal manera que los temas A, B, D, F, E1 y E2 fueron clasificados como **temas fundamentales**, es decir, aquellos temas presentes en al menos 19 de las 20 secuencias analizadas (Figura 11) (Chu & Harcourt, 1986), por lo que fueron grabados en cada una de las seis semanas (Tabla 5); mientras que los temas C y G fueron **temas recurrentes** porque, aunque fueron grabados en las seis semanas (Tabla 5), no estuvieron presentes en todas las grabaciones (únicamente en 18 y 17 de las secuencias analizadas, respectivamente). Los temas H, I y E fueron **temas novedosos** (presentes en 9, 3 y 2 secuencias analizadas, respectivamente) que fueron grabados en al menos dos de las seis semanas (Tabla 5) y los **temas raros** K, G1, J y K1únicamente se registraron una vez en toda la muestra (Tabla 5, Figura 11).

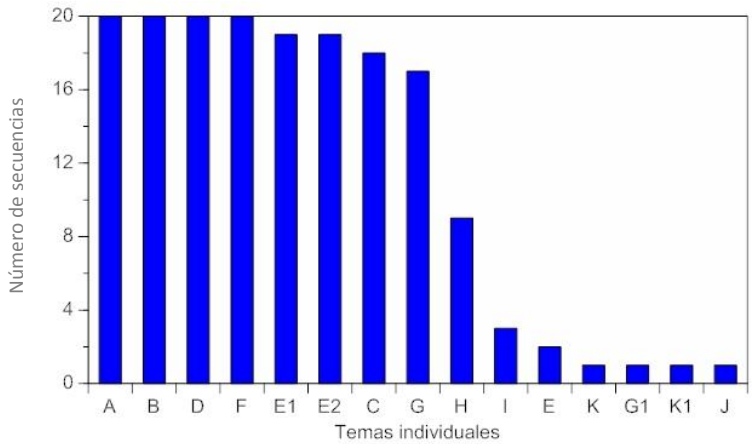


Figura 11. Número de secuencias en las que estuvo presente cada tema del total analizado.

9.2 Cuantificación de los cambios entre las secuencias de las canciones mediante la Distancia Levenshtein

Para encontrar las diferencias de cada secuencia obtenida con respecto a las demás y poder explicar cómo cambiaron las secuencias de la canción durante la temporada invernal 2013 se empleó la Distancia Levenshtein (DL) (Anexo 2). Se observó que fueron iguales las secuencias 2c con 4c y 5a con 5b ya que mostraron la misma composición y secuencia de los temas, por lo que la DL= 0 (Tabla 8). Por el contrario, las secuencias 1c con 7c, 1b como 7b con 7a, y 5a, 5b y 6a y 7c con 4b presentaron el mayor número de diferencias, requiriendo hasta 6 cambios en la secuencia de temas (sustituciones, eliminaciones y/o inserciones) para que pudiesen ser iguales (Tabla 8). Este valor de seis fue el valor de DL máximo encontrado para convertir una secuencia en otra. Se encontró que, en promedio, las secuencias requirieron de 3.01 ($\pm$0.6) cambios para ser iguales a las otras. Las secuencias 4b ($\overline{DL}$ =4.30$\pm$1.56), 1c ($\overline{DL}$ = 4.05$\pm$1.50) y 7a ($\overline{DL}$ = 3.85$\pm$1.57) fueron las que requirieron el mayor número de cambios con respecto a las demás secuencias, es decir, fueron las secuencias más diferentes a las demás, mientras que las secuencias 2c y 4c ($\overline{DL}$ = 1.90$\pm$1.21 para ambas) fueron las más parecidas a las demás secuencias de la temporada 2013 (Tabla 8 y Figura 12).

Tabla 8. Matriz de Distancias Levenshtein DL calculada a partir de la comparación de cada secuencia con el resto de las secuencias de la temporada invernal 2013. Un valor bajo indica pocas diferencias o alta similitud entre las secuencias. Las casillas resaltadas, con valores de cero indican que las secuencias tuvieron cero diferencias o una similitud máxima, mientras que aquellas con valores de seis, indican el máximo número de cambios que se requirieron para que dos secuencias fuesen iguales. Los promedios resaltados indican las secuencias que presentaron los promedios máximo y mínimos.

	1a	1b	1c	2a	2b	2c	2d	3a	4a	4b	4c	5a	5b	5c	6a	6b	6c	7a	7b	7c
1a	**0**	1	5	2	4	1	2	2	2	4	1	3	3	3	4	3	3	5	3	3
1b	1	**0**	6	1	5	2	3	2	3	5	2	4	4	4	5	4	4	6	3	4
1c	5	6	**0**	5	3	4	5	5	5	2	4	5	5	3	4	5	2	4	3	6
2a	2	1	5	**0**	4	1	2	1	2	5	1	3	3	3	4	3	3	5	2	3
2b	4	5	3	4	**0**	3	4	4	3	3	3	4	4	5	4	3	1	2	4	5
2c	1	2	4	1	3	**0**	1	1	1	4	0	2	2	2	3	2	2	4	1	2
2d	2	3	5	2	4	1	**0**	2	2	5	1	3	3	3	4	3	3	5	2	3
3a	2	2	5	1	4	1	2	**0**	2	5	1	3	3	3	4	3	3	5	2	3
4a	2	3	5	2	3	1	2	2	**0**	5	1	1	1	3	2	1	3	3	2	3
4b	4	5	2	5	3	4	5	5	5	**0**	4	6	6	5	6	5	2	4	4	6
4c	1	2	4	1	3	0	1	1	1	4	**0**	2	2	2	3	2	2	4	1	2
5a	3	4	5	3	4	2	3	3	1	6	2	**0**	0	2	3	2	4	2	4	3
5b	3	4	5	3	4	2	3	3	1	6	2	0	**0**	2	3	2	4	2	4	3
5c	3	4	3	3	5	2	3	3	3	5	2	2	2	**0**	3	4	4	4	2	3
6a	4	5	4	4	4	3	4	4	2	6	3	3	3	3	**0**	1	5	5	3	5
6b	3	4	5	3	3	2	3	3	1	5	2	2	2	4	1	**0**	4	4	3	4
6c	3	4	2	3	1	2	3	3	3	2	2	4	4	4	5	4	**0**	2	3	4
7a	5	6	4	5	2	4	5	5	3	4	4	2	2	4	5	4	2	**0**	6	5
7b	3	3	3	2	4	1	2	2	2	4	1	4	4	2	3	3	3	6	**0**	3
7c	3	4	6	3	5	2	3	3	3	6	2	3	3	3	5	4	4	5	3	**0**
Suma acum.	54	68	81	53	68	38	56	54	45	86	38	56	56	60	71	58	58	77	55	70
Prom.	2.70	3.40	4.05	2.65	3.40	1.90	2.80	2.70	2.25	4.30	1.90	2.80	2.80	3.00	3.55	2.90	2.90	3.85	2.75	3.50
D.E.	1.34	1.67	1.50	1.46	1.27	1.21	1.36	1.42	1.29	1.56	1.21	1.51	1.51	1.17	1.43	1.33	1.21	1.57	1.33	1.43
Max.	5	6	6	5	5	4	5	5	5	6	4	6	6	5	6	5	5	6	6	6
Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

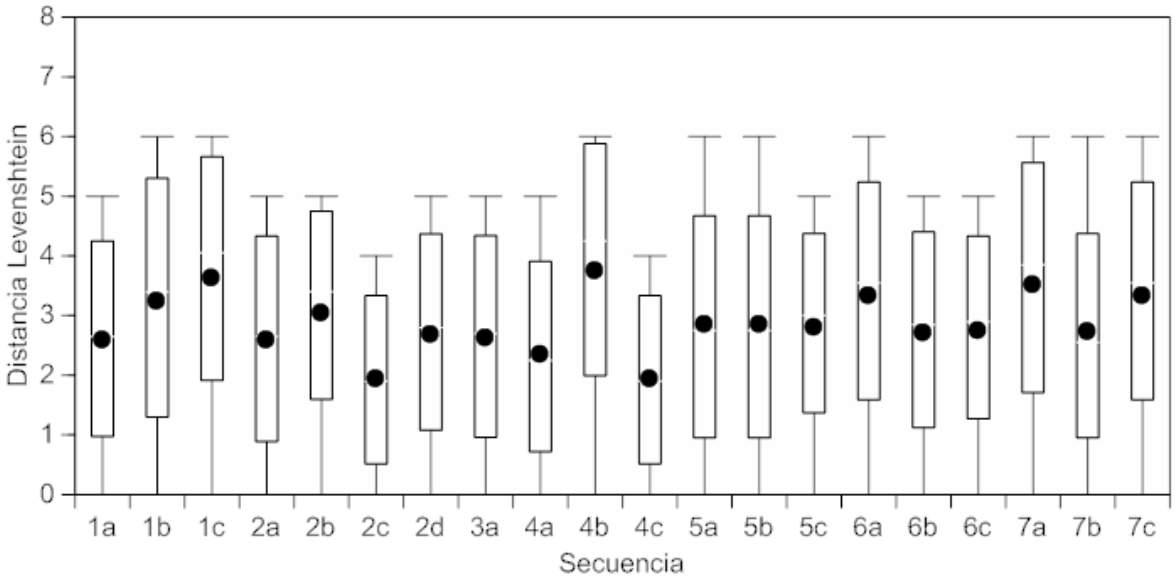


Figura 12. Distancias Levenshtein DL de cada secuencia al compararlas contra todas las demás secuencias de la temporada 2013. Las cajas muestran el promedio $\overline{DL}$ ±DE y los bigotes denotan al mínimo y máximo de la DL para cada secuencia.

A partir de la matriz de distancias se realizó un dendrograma (Figura 13) en el cual, considerando una DL de corte mayor a 6, se observó una separación de las secuencias en tres subgrupos: 1) las secuencias más similares entre ellas fueron la mayoría de las secuencias de las semanas 1, 2 y 3-4, así como la secuencia 7b, con valores promedio de DL entre 1.90±1.21 y 3.40±1.67, 2) las secuencias con valores intermedios de DL fueron la mayoría de las secuencias de las semanas 5 y 6, además de una de la 3-4 y otra de la 7, con valores entre $\overline{DL}$ 2.25±1.29 y 3.55±1.43, y 3) las secuencias más distintas a las demás lo fueron las secuencias 1c, 4b, 2b, 6c y 7a con los mayores valores promedio de $\geq \overline{DL}$ = 2.90±1.21 y 4.30±1.56. Téngase en cuenta que la secuencia 7b se ubicó en el subgrupo de las semanas 1, 2 y 3-4, mientras que la secuencia 7c se ubicó en el subgrupo de las semanas 5 y 6 (Tabla 8, Figura 13).

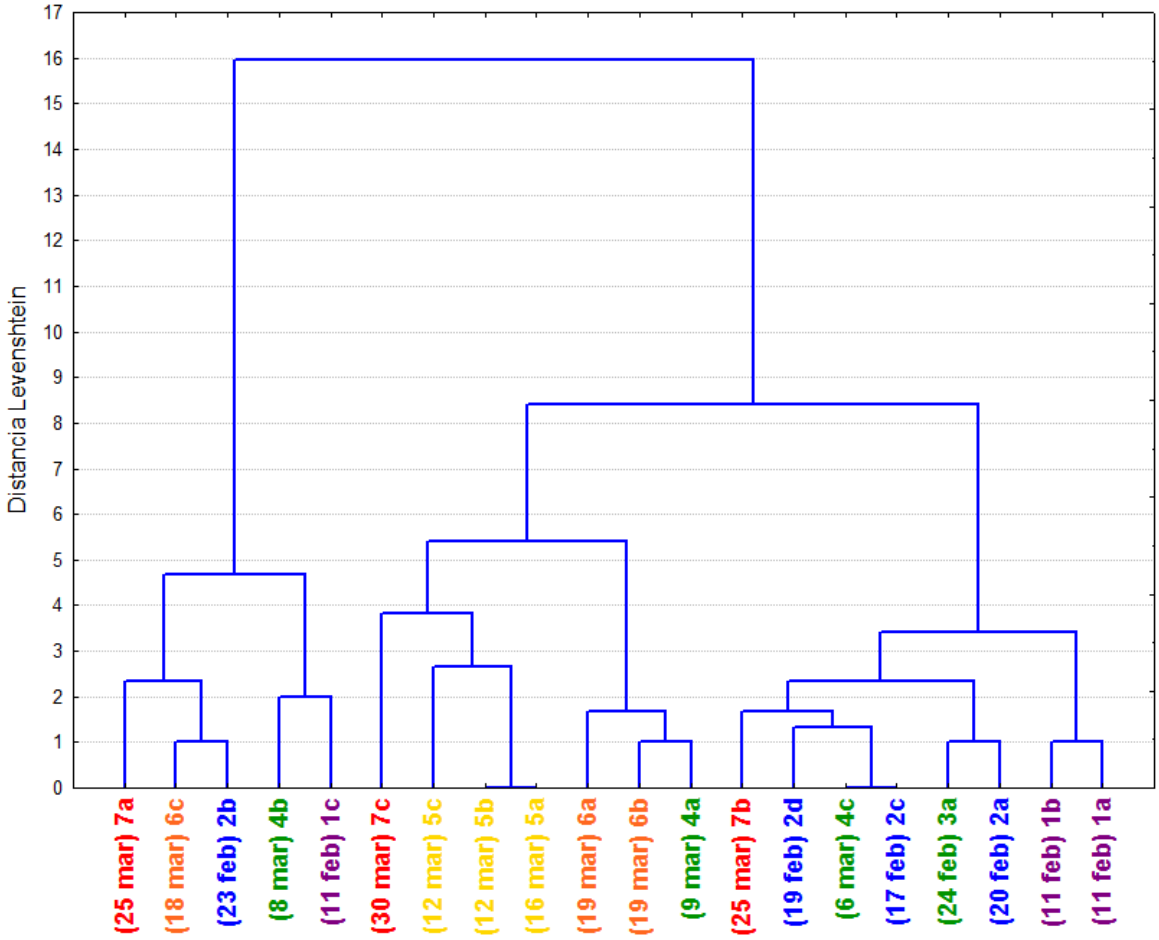


Figura 13. Dendrograma de la similitud entre las secuencias de temas analizadas, calculado a partir de la Distancia Levenshtein entre secuencias que se muestran en la Tabla 5. En el eje X se muestra la secuencia y la fecha en la que fue grabada. La codificación por colores hace referencia a la semana en la que grabada (i.e., las secuencias 1a, 1b y 1c pertenecen a la primera semana codificada en color morado).

El coeficiente de correlación cofenético obtenido para el dendrograma de las distancias usando la DL (Figura 13) fue relativamente alto (CCC= 0.8016), lo cual implica que en la solución del análisis de agrupamiento jerárquico usando el Método de Ward hubo un 80% de ajuste entre las diferencias obtenidas entre las secuencias y su representación gráfica en el dendrograma, indicando que el árbol es una representación aceptable según las recomendaciones (Ludwig & Reynolds, 1988; Carr *et al.*, 1999).

Entonces, se observaron tendencias de agrupamiento a partir del dendrograma generado, ya que de manera general la mayoría de las secuencias de las semanas 1, 2 y 3-4 se conglomeraron en el mismo grupo, mientras que la mayoría de las secuencias de las semanas 5 y 6 se conglomeraron en otro grupo (Figura 13).

9.3 Tendencias semanales en las variaciones de las secuencias

Al calcular las DL obtenidas entre las secuencias de cada semana se observa que las diferencias intra-semanales son mayores para la primera y última semanas que para el resto de las semanas (Tabla 9).

Tabla 9. Variaciones intra-semanales de la Distancia Levenshtein DL obtenidas a partir de la comparación de secuencias de la misma semana. Las letras se refieren a las comparaciones entre las secuencias de una misma semana, por ejemplo, las secuencias a-b de la semana I (secuencias 1a y 1b) tienen una diferencia de 1 cambio entre ellas usando la DL, mientras que las secuencias a-c de la semana V (secuencias 5a y 5c) requieren 2 cambios para ser iguales. Estos valores son los mismos que aquellos presentados en la Tabla 8, pero ordenados de distinta manera.

	Semanas					
	I	**II**	**III-IV**	**V**	**VI**	**VII**
a-b	1	4	2	0	1	6
a-c	5	1	5	2	5	5
a-d		2	1			
b-c	6	3	5	2	4	3
b-d		4	1			
c-d		1	4			
n	3	6	6	3	3	3
promedio	4.00	2.50	3.00	1.33	3.33	4.67
SD	2.65	1.38	1.90	1.15	2.08	1.53
máximo	6	4	5	2	5	6
mínimo	1	1	1	0	1	3

Sin embargo, una vez determinada la distribución normal de los datos analizados mediante la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov (d_{max}= 2.43 < $(d_{max})_{0.05,\ 7,\ 24}$= 6, p> 0.20), los resultados del análisis de varianza sugieren que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la variación intra-semanal con respecto a las demás

semanas, por lo que, al parecer, las canciones variaron de igual manera dentro de cada semana y durante la temporada ($F_{5,18,\ 0.05}$= 2.77, p> 0.05) (Tabla 10).

Tabla 10. Resultados del análisis de varianza ANDEVA usando las Distancias Levenshtein DL por semana obtenidas a partir de las comparaciones de las secuencias de las seis semanas de la temporada 2013.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para la F
Entre grupos	21.45	5	4.29	1.34	0.29	2.77
Dentro de los grupos	57.5	18	3.19			
Total	78.95	23				

9.4 Descripción de las combinaciones entre temas e identificación de patrones temporales en la secuencia de temas de las canciones

De manera general, hubieron ciertos temas que estuvieron presentes en todas las secuencias analizadas, como lo fueron los temas A, B, C, D, E1, E2, F y G, mientras que los temas menos comunes (novedosos y raros), que fueron los temas E, I, G1, J, K, K1 estuvieron presentes en al menos una secuencia de las 20 secuencias analizadas (Figura 14).

Los temas A, B, C, D, E1, E2, F, y G presentes en todas las secuencias analizadas mostraron una frecuencia semanal alta, es decir, tuvieron un alto porcentaje de veces con respecto al total de temas cantados durante cada semana. Estos temas tuvieron una frecuencia semanal promedio de 11.55% (Figura 14). Particularmente, el tema A presentó una frecuencia total (14%, Figura 15) durante la temporada 2013 seguido del tema E2 con una frecuencia total durante la temporada de 12.47% (Figura 14). En cambio, los temas menos comunes (E, G1, I, J, K y K1) presentaron frecuencias semanales menores a 4.08% (Figura 14). Particularmente, el tema con la menor frecuencia total fue el tema K1 (0.22%,

Figura 15), ya que se presentó solamente una vez en una sola secuencia (4b) durante toda la temporada. Cabe resaltar que el tema H incrementó su frecuencia durante la temporada, con un valor inicial de frecuencia semanal de 2.7% y un valor final de 6.67% (Figura 14), de tal manera que su frecuencia total durante la temporada 2013 fue de 4.44% (Figura 15).

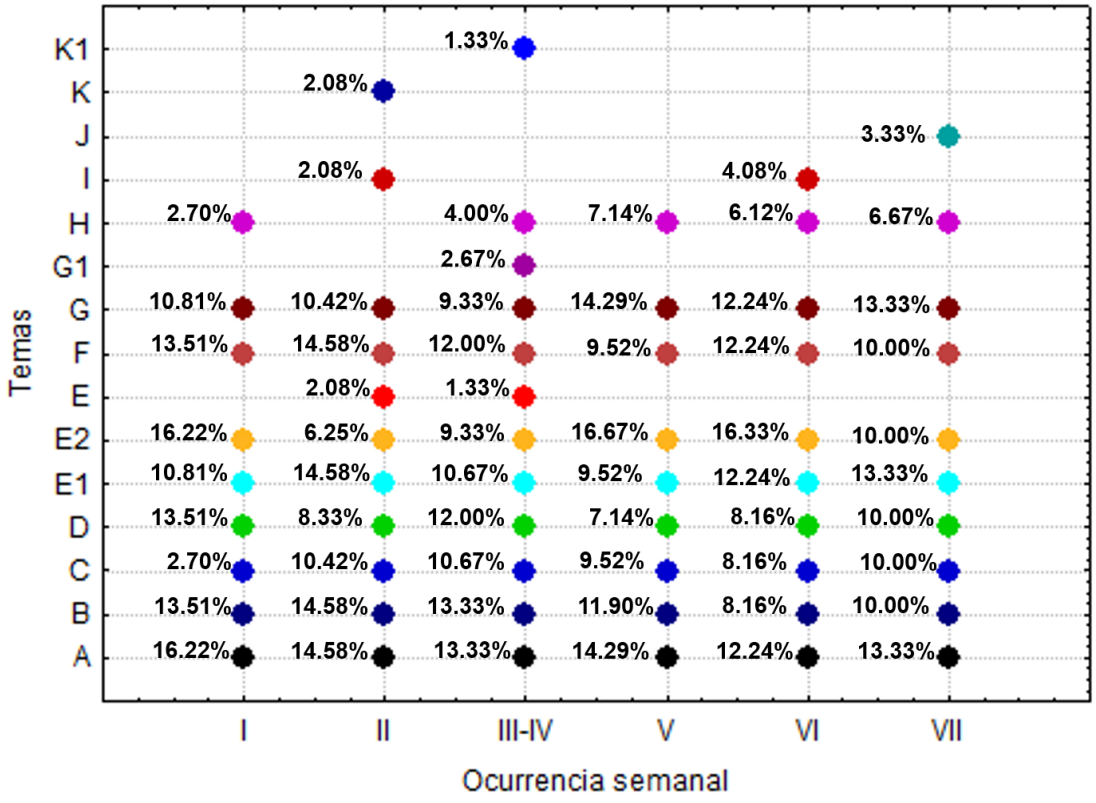


Figura 14. Frecuencia porcentual semanal de cada tema durante la temporada 2013 calculado a partir del porcentaje de veces que apareció con respecto al total de temas cantados por semana.

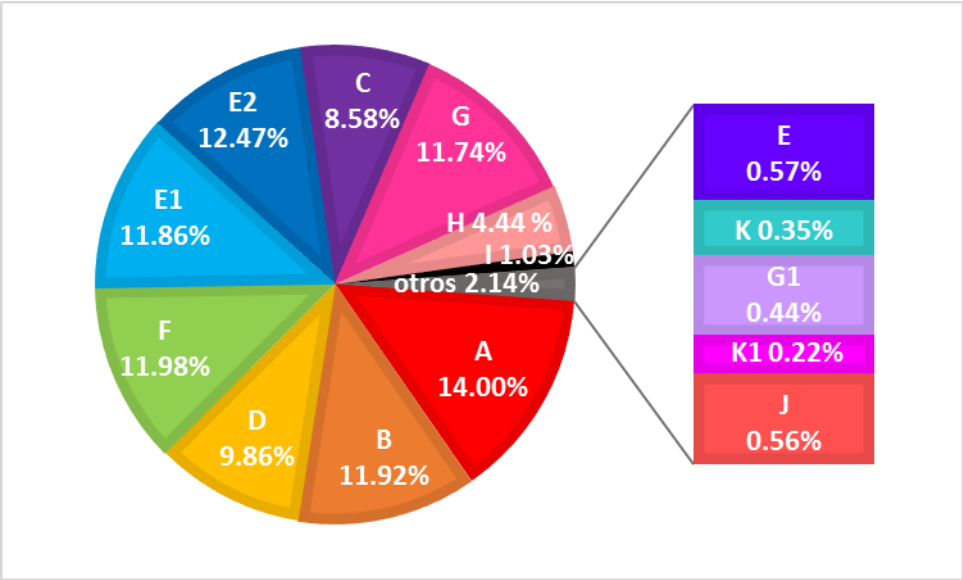


Figura 15. Frecuencia porcentual de cada tema durante las seis semanas de la temporada 2013.

.

Las asociaciones entre temas no fueron al azar, ya que de las 210 posibles combinaciones en pares de los 15 temas que se encontraron, únicamente se observaron 34 (Figuras 16 y 17). De estas 34 combinaciones de temas, 19 mostraron algún tipo de patrón temporal (Figuras 18 a la 22), mientras que las 15 combinaciones restantes se observaron durante una sola semana. Las combinaciones de temas más comunes fueron entre los temas consecutivos de mayor ocurrencia durante la temporada, como los temas A, B, C, D, E1, E2, F y G (Figura 14). En cambio, las combinaciones débiles o esporádicas se debieron, en gran medida, a la presencia de temas poco comunes (tanto novedosos - H, I, E - como raros - G1, J, K, K1-). En los casos en los que una combinación de temas no ocurrió pudo haber sido por la ausencia del tema (ya fuera porque no se cantó o porque no se grabó) o porque nunca se cantaron juntos (Figura 14). Cabe mencionar que la semana III-IV presentó el mayor número de combinaciones de temas en comparación con las demás semanas (n= 25, Figura 16).

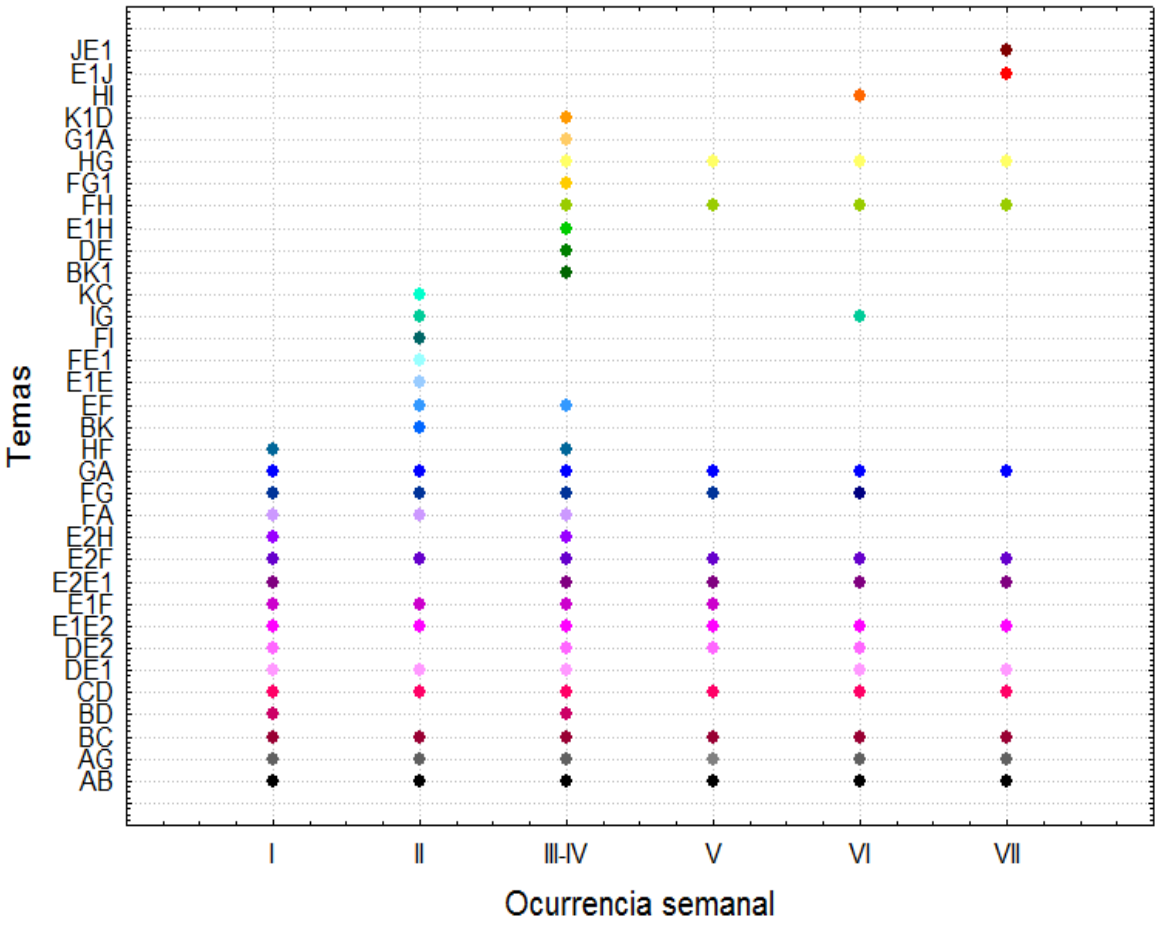


Figura 16. 34 combinaciones de temas presentes en el conjunto de las 20 secuencias analizadas de las seis semanas de la temporada 2013.

Los patrones temporales observados en las 19 combinaciones de temas fueron identificados como: 1) combinaciones de temas que ocurrieron de manera relativamente constante durante toda la temporada (siete pares, Figuras 16 y 18), 2) combinaciones de temas que comenzaron con valores altos y luego disminuyeron progresivamente y/o desaparecieron (tres pares, Figuras 16 y 19), 3) combinaciones de temas débiles o que en un inicio no ocurrieron sino más adelante en la temporada (cuatro pares, Figuras 16 y 20) y 4) patrones erráticos sin tendencia clara, ya que aparecieron, desaparecieron y luego volvieron a aparecer las combinaciones de temas durante el final de la temporada de muestreo (cuatro pares, Figuras 15, 21 y 22).

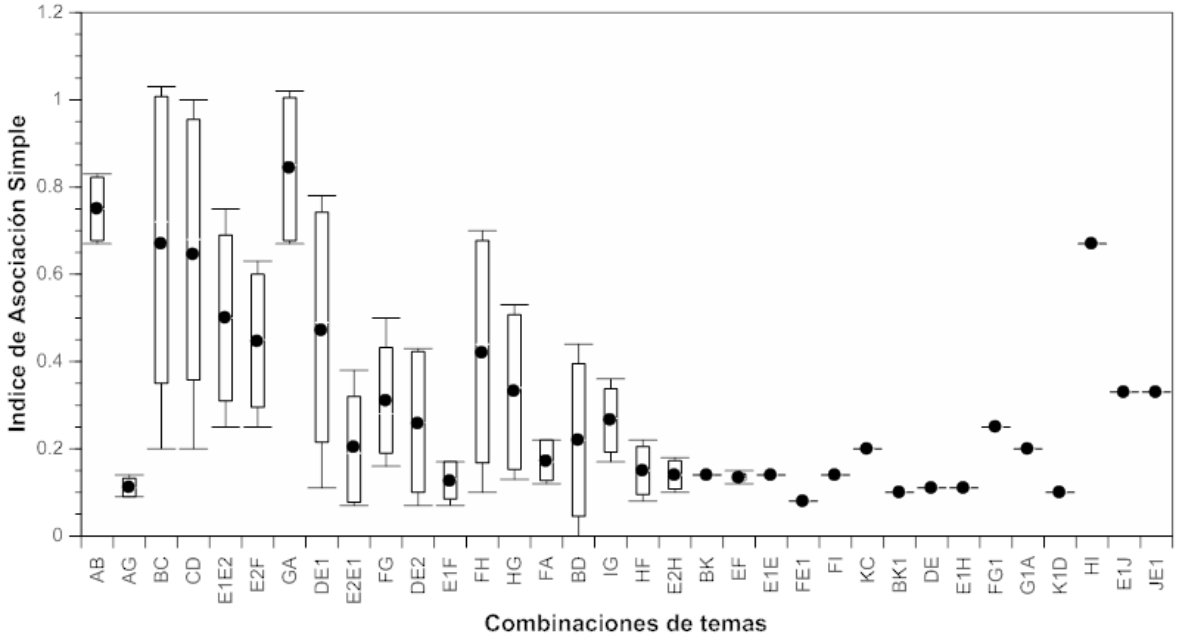


Figura 17. Índice de Asociación Simple de todas las combinaciones de temas presentes en las secuencias de canciones durante la temporada 2013. Las cajas muestran el promedio (puntos negros) $\overline{IAS}$ ±DE y los bigotes denotan al mínimo y máximo del IAS para cada combinación de pares.

Existieron temas que se asociaron frecuentemente en semanas consecutivas y cuya asociación se consideró fuerte ($\overline{IAS}$ >0.44), como los pares GA ($\overline{IAS}_{GA}$= 0.85±0.17), AB ($\overline{IAS}_{AB}$= 0.75±0.07), BC ($\overline{IAS}_{BC}$= 0.72±0.31), CD ($\overline{IAS}_{CD}$= 0.68±0.27), E1E2 ($\overline{IAS}_{E1E2}$= 0.5±0.17), DE1 ($\overline{IAS}_{DE1}$= 0.49±0.24), E2F ($\overline{IAS}_{E2F}$= 0.45±0.14) y FH ($\overline{IAS}_{FH}$= 0.44±0.25), los cuales se presentaron durante al menos 5 de las 6 semanas muestreadas (Figuras 16 y 17), mientras que hubo otros temas cuya asociación fue débil ($\overline{IAS}$ < 0.11) y se presentaron únicamente en una de las 6 semanas (i.e., $\overline{IAS}_{FE1}$= 0.08, $\overline{IAS}_{K1D}$= 0.10, $\overline{IAS}_{BK1}$= 0.10, $\overline{IAS}_{DE}$= 0.11, $\overline{IAS}_{E1H}$= 0.11) (Figura 17). También existieron asociaciones débiles para algunas combinaciones de temas que ocurrieron frecuentemente, como el par AG ($\overline{IAS}_{AG}$= 0.11±0.2), que apareció durante las 6 semanas (Figuras 16, 17 y 18); mientras que existieron asociaciones fuertes para ciertas combinaciones de temas que ocurrieron

muy poco, como la asociación relativamente alta para el par HI ($\overline{IAS}_{HI}$= 0.67), que estuvo presente únicamente durante la semana VI (Figura 17).

De manera general, se observó que cuando un tema era novedoso o raro, su asociación con otros temas era variable y débil (Figura 16). Conforme transcurría el tiempo y avanzaba la temporada y también la frecuencia de aparición de un tema, se elevaba su asociación con un tema en particular, disminuyendo su asociación con los temas con los que se asoció al principio de la temporada. Por ejemplo, el tema H tuvo asociaciones débiles o nulas durante las primeras dos semanas con los temas G y F (Figuras 16, 20 y 21). Sin embargo, a partir de la semana III-IV aparecieron de forma más recurrente los pares de temas FH y HG (Figura 20), ocurriendo lo que se describe como *afianzándose en la canción*, por lo que el IAS aumentó para ciertos pares de temas. Así sucedió también con la combinación de temas E2E1, cuya asociación fue baja la primera semana de la temporada, pero a partir de la semana II-IV fue más frecuente (Figuras 16 y 20).

También se observó lo contrario, es decir, que el IAS disminuyera para ciertos pares, ya que asociaciones altas o recurrentes entre ciertos temas se debilitaron durante la temporada y tendieron a desaparecer: como fue el caso de la combinación FG que al inicio de la temporada presentó una asociación relativamente alta ($\overline{IAS}_{FG}$=0.28$\pm$0.12) y éste se redujo o debilitó para el resto de la temporada (Figura 19), desapareciendo para la última semana. Para las combinaciones de temas E1F y FA se observaron asociaciones bajas, pero estables durante la primera mitad de la temporada, pero esta combinación desapareció hacia las semanas V y III-IV respectivamente (Figura 19).

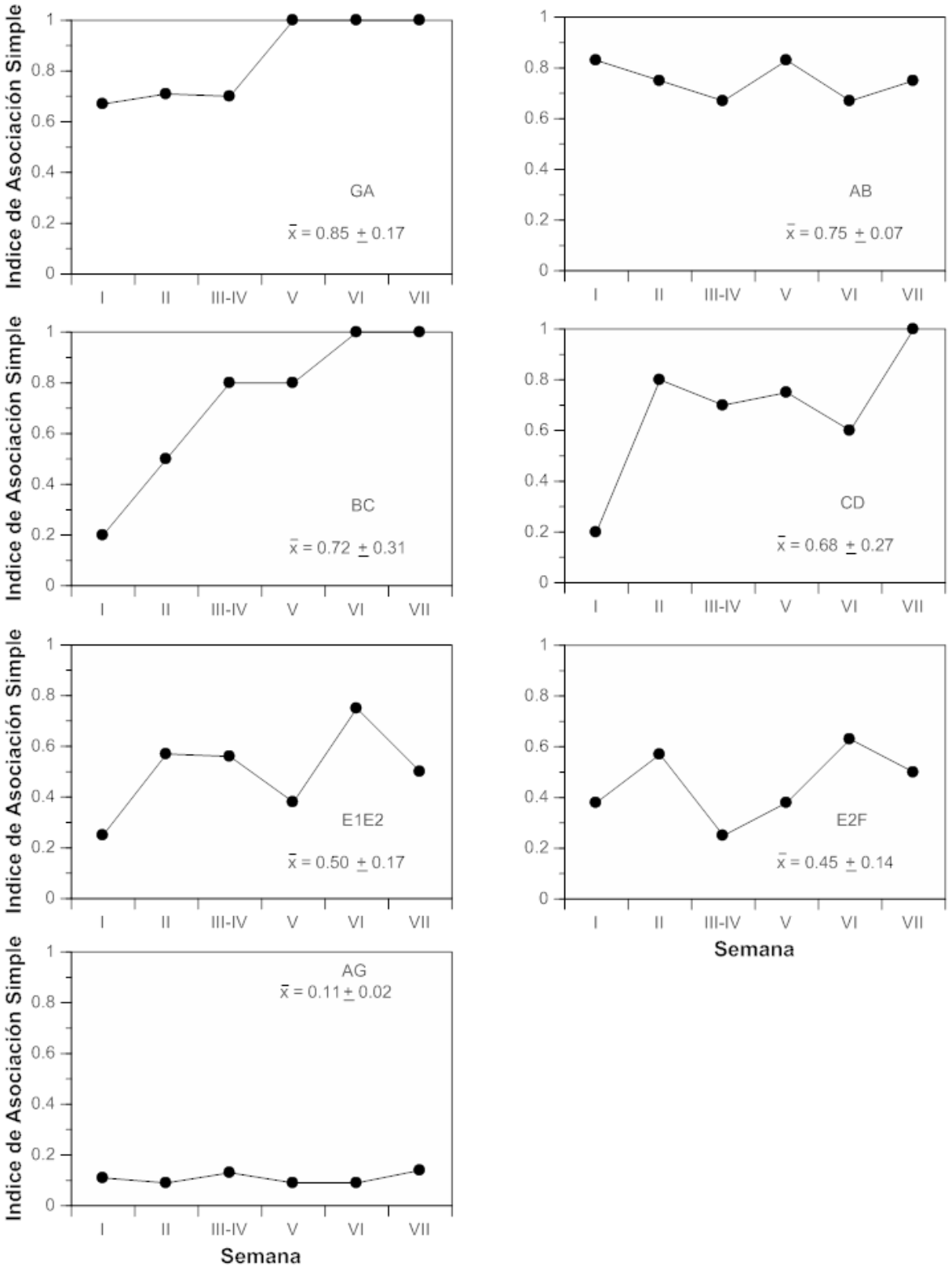


Figura 18. Índice de Asociación Simple IAS para las siete combinaciones de temas que ocurrieron en las secuencias de todas las seis semanas de la temporada 2013. La $\bar{x}$ es el promedio del IAS por semana.

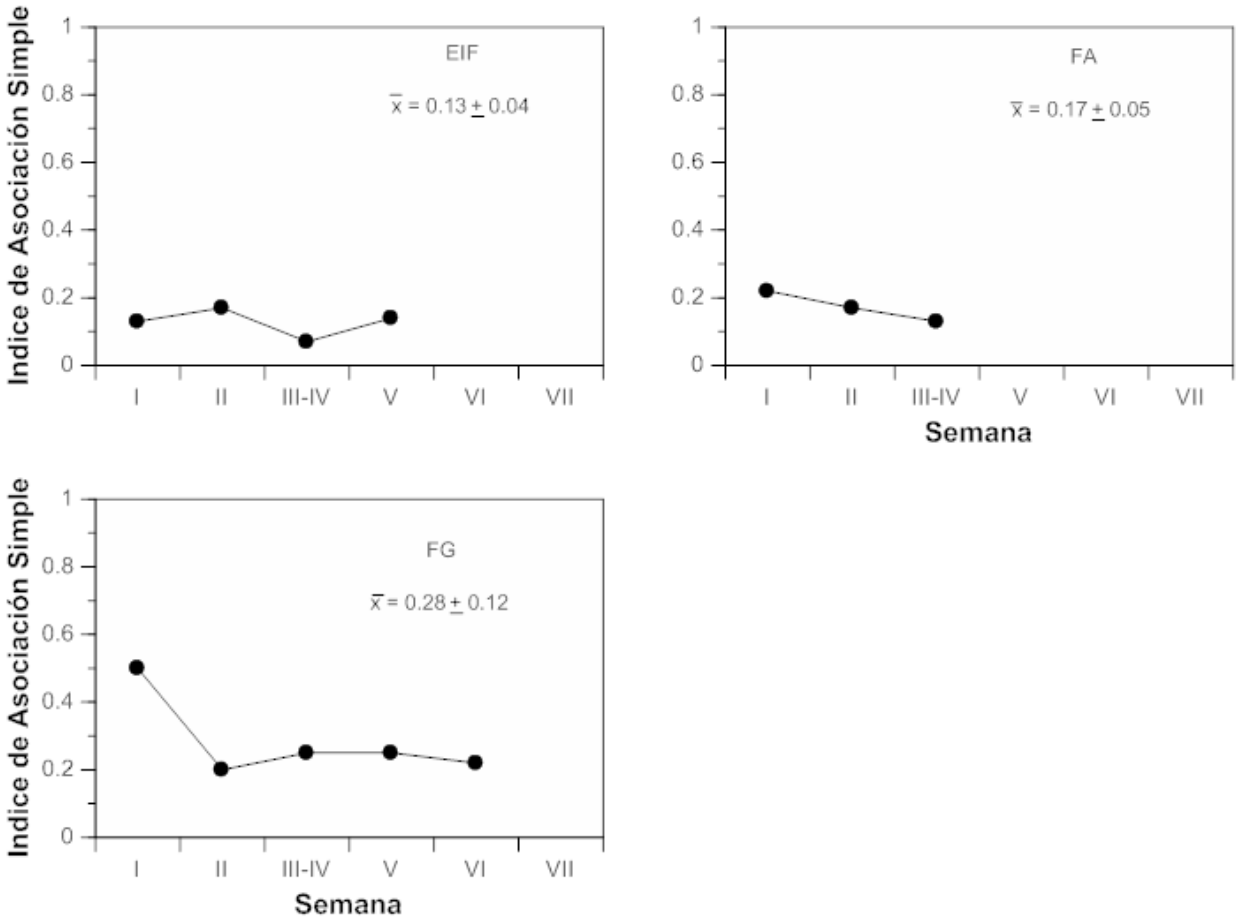


Figura 19. Índice de Asociación Simple IAS para las tres combinaciones de temas que desaparecieron de las secuencias muestreadas hacia el final de la temporada 2013, después de la semana III-IV o posterior. La $\bar{x}$ es el promedio del IAS por semana.

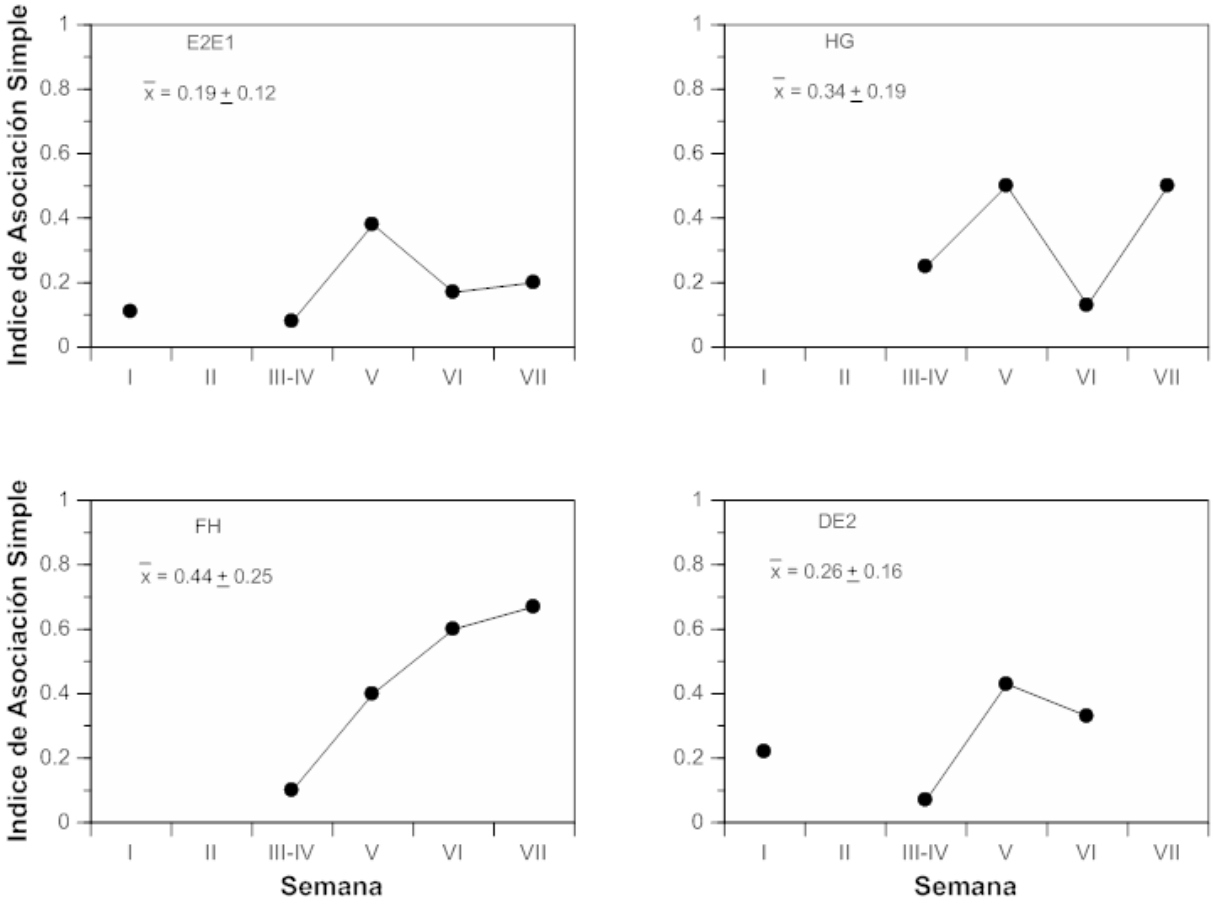


Figura 20. Índice de Asociación Simple IAS para las cuatro combinaciones de temas que aparecieron o reaparecieron en las secuencias muestreadas a partir de la semana III-IV, durante la segunda mitad de la temporada 2013. La $\bar{x}$ es el promedio del IAS por semana.

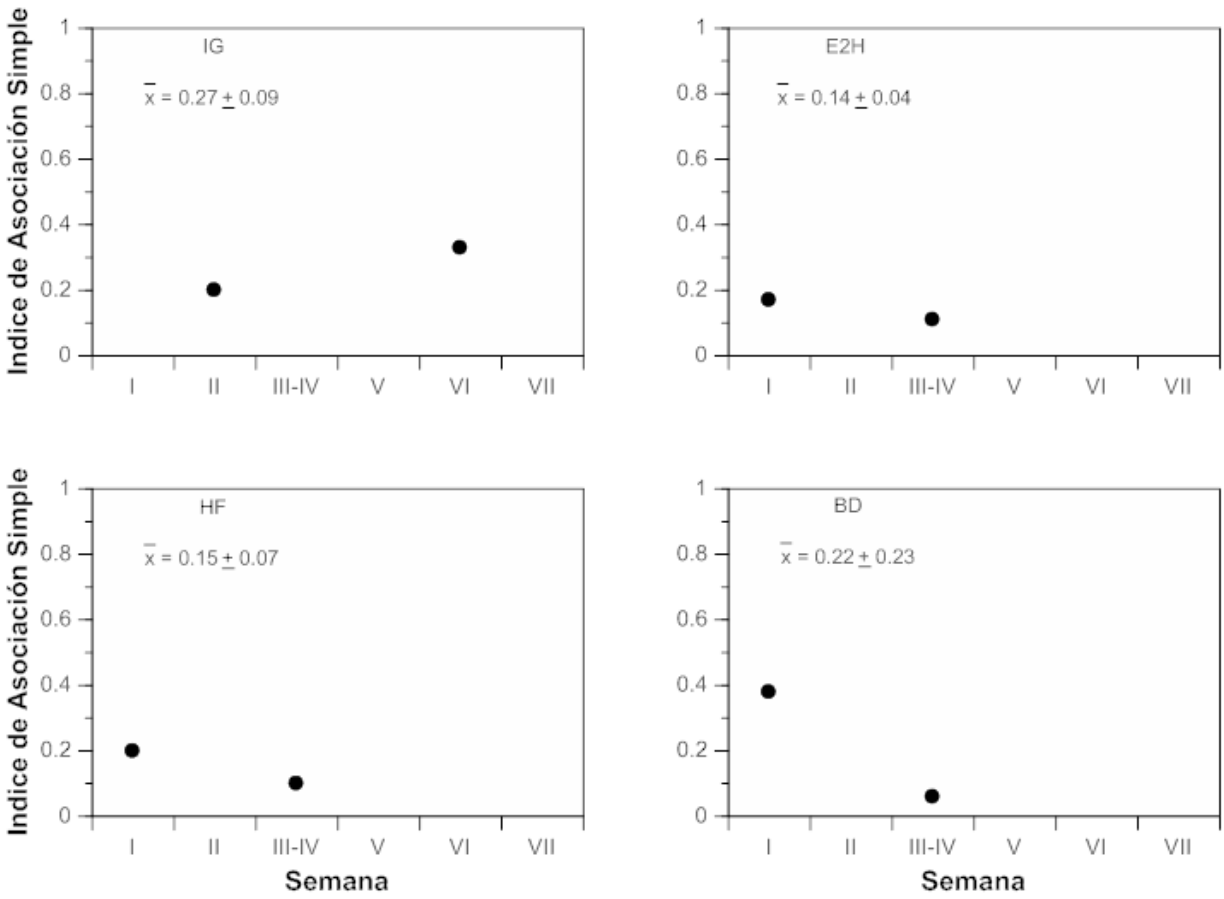


Figura 21. Índice de Asociación Simple IAS para las cuatro combinaciones de temas que aparecieron en al menos las secuencias de dos semanas durante la temporada 2013. La $\bar{x}$ es el promedio del IAS por semana.

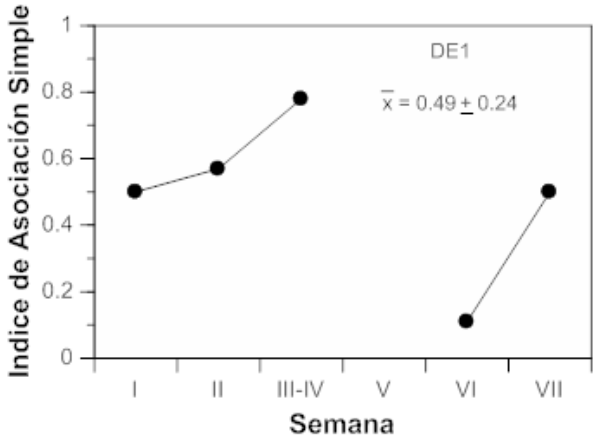


Figura 22. Índice de Asociación Simple IAS para la combinación de temas que apareció en las secuencias de cinco semanas durante la temporada 2013. La $\bar{x}$ es el promedio del IAS por semana.

Entonces, se presentó una mayor índice de asociación IAS entre aquellos temas que mantuvieron una asociación constante en la temporada 2013 ($\overline{IAS}$ >0.44). Sin embargo, hubo combinaciones que empezaron siendo raras, pero que se volvieron abundantes, es decir, se popularizaron, afianzándose en la canción y aumentando su IAS, como sucedió con las combinaciones FH y HG (Figura 20). Es posible que las variaciones individuales de los cantores expliquen las combinaciones raras o poco comunes de temas durante la temporada 2013, además de considerar que pudieron no grabarse parte de los temas de la canción durante este estudio.

La representación gráfica de las combinaciones de temas más comunes durante la temporada 2013 permitió visualizar los patrones predominantes que aparecieron en más de dos semanas, indicando el orden de la secuencia más observada durante la temporada 2013 (Figura 23). Cabe resaltar, que la mayoría de los temas tuvieron unidades en común (Figura 23).

Al comparar cada uno de los IAS de los pares de todas las secuencias por semana empleando la medida de distancia D_{xy} descrita en el método (Ecuación 2) se encontró que las secuencias de la semana I con la semana VII fueron las más distantes (D_{xy}= 0.0077), seguidas de las semanas I con VI (D_{xy}= 0.0073, Tabla 11). Las semanas II con III-IV fueron las más parecidas (D_{xy}= 0.0037), junto con las semanas V con VII (D_{xy}= 0.0044) y seguido de las semanas V con VI (D_{xy}= 0.0047) y las semanas I con II (D_{xy}= 0.0047).

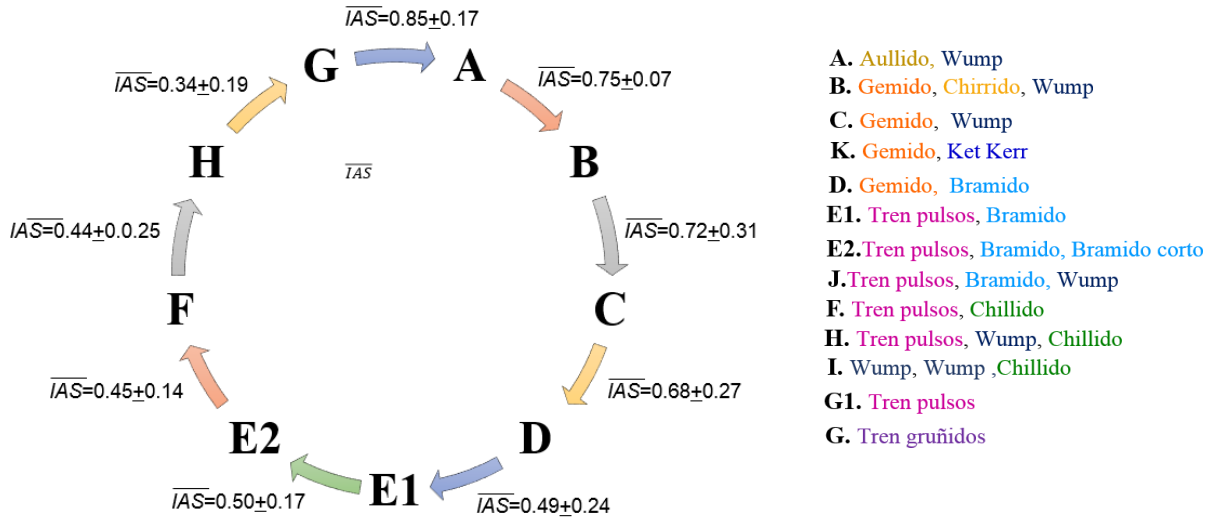


Figura 23. Secuencia de una canción conformada por la combinación de temas con los promedios del Índice de Asociación Simple más elevados ($\overline{IAS}$ > 0.44) y que aparecieron en al menos cuatro de las seis semanas durante la temporada invernal 2013. Las flechas indican el orden de la combinación de temas y el número ubicado entre dos temas indica el valor del $\overline{IAS}$ y su D.E. Se muestra la composición de la frase de cada tema con sus respectivas unidades. El tema K1 no se incluye en el listado de frases debido a que se compone de las mismas unidades que K (pero con ligeras variaciones); de igual manera, el tema E se compone de frases alternadas entre E1 y E2.

Tabla 11. Matriz de distancias D_{xy} obtenida para las secuencias semanales considerando la diferencia entre los índices de asociación IAS entre cada combinación de temas de cada semana.

	I	II	III-IV	V	VI	VII
I	0					
II	0.0047	0				
III-IV	0.0050	0.0037	0			
V	0.0061	0.0055	0.0052	0		
VI	0.0073	0.0059	0.0061	0.0047	0	
VII	0.0077	0.0056	0.0050	0.0044	0.0054	0

Con estos valores de distancias D_{xy} se integró una matriz de distancias D_{xy} con la cual se obtuvo un dendrograma. Como se menciona en la sección ***8.2.2,*** la mejor aproximación entre el dendrograma y los datos utilizados para generarlo, fue aquel que se obtuvo con el Método de Ward (CCC= 0.7796). Con base en dicho dendrograma se observaron dos categorías principales dentro de la temporada invernal 2013: un grupo conformado por las

primeras semanas I, II y III-IV y el otro grupo conformado por las semanas V, VI y VII de la segunda mitad de la temporada (Figura 24) y mostrando que las semanas II con III-IV, junto con las semanas V con VII, fueron las más parecidas. Tal vez debido a que la distancia entre la semana I con la III-IV y la semana III-IV con la VII tenían ambas el valor de 0.005, la semana III-IV fue considerado el grupo divisorio entre ambas agrupaciones, ya que, de manera general, los valores obtenidos de distancias D_{xy} aumentaron con la separación temporal entre las agrupaciones.

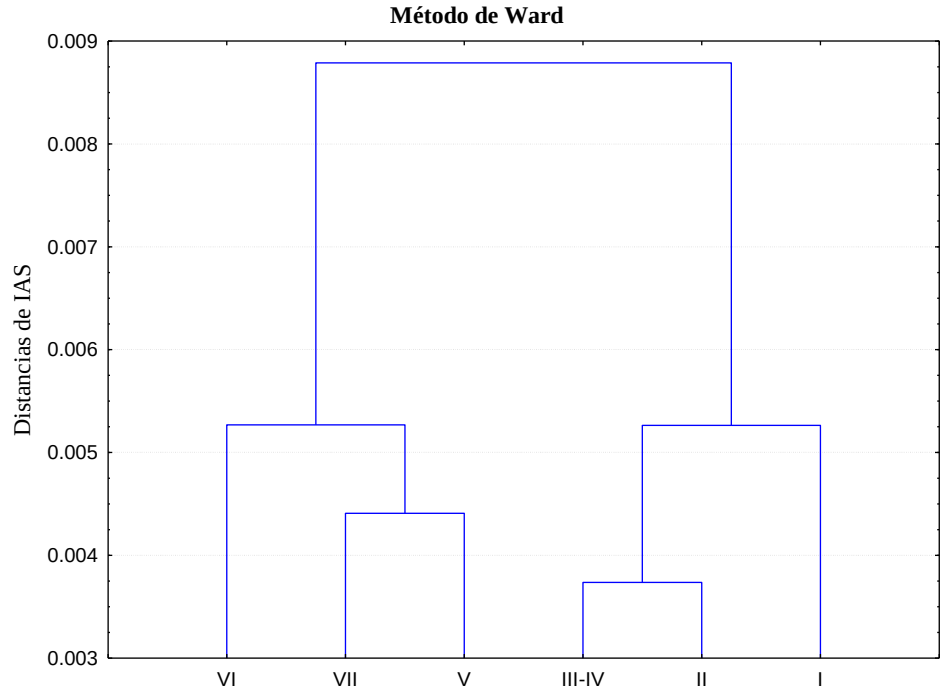


Figura 24. Dendrograma calculado a partir de las distancias D_{xy} obtenidas para los índices de asociación IAS entre las secuencias semanales de la temporada invernal 2013.

Con el análisis de escalamiento multidimensional (nMDS) se encontró que todas las semanas variaron de una manera similar. El análisis nMDS permite visualizar los pares de semanas más similares de acuerdo a la distancia D_{xy} de una manera ordenada y se puede observar que las combinaciones de temas de la semana I tuvieron mayor parecido a las

combinaciones de temas de la semana II que al resto de las semanas, como aquellas de las semana II tuvieron mayor parecido a las de la semana III-IV. La siguiente semana es la que más se le asemeja a la semana anterior, de tal manera que se interpreta que el cambio entre las canciones de las semanas fue gradual y de manera progresiva las primeras 4 semanas (I-II-III-IV). Sin embargo, la siguiente semana que le sucedió en similitud a la semana III-IV con respecto a las combinaciones de temas en sus secuencias fue la semana VII, seguida de la semana V y por último la semana VI. Coincidentemente, la semana VII mostró tener la menor similitud con las semanas del agrupamiento de la segunda mitad de la temporada invernal en el dendrograma de la Figura 24. Es preciso señalar que la comparación de las semanas II y III-IV tuvo la menor distancia, por lo que presentó el mayor parecido de combinaciones de temas entre sus secuencias, en comparación con los demás pares de semanas (Figura 25).

Es decir, las secuencias de las semanas II y III-IV mostraron el mayor grado de similitud entre semanas que con el resto de las secuencias, y las secuencias de las semanas VII fueron más parecidas a las secuencias de la semana III-IV y V que a las secuencias de la semana VI.

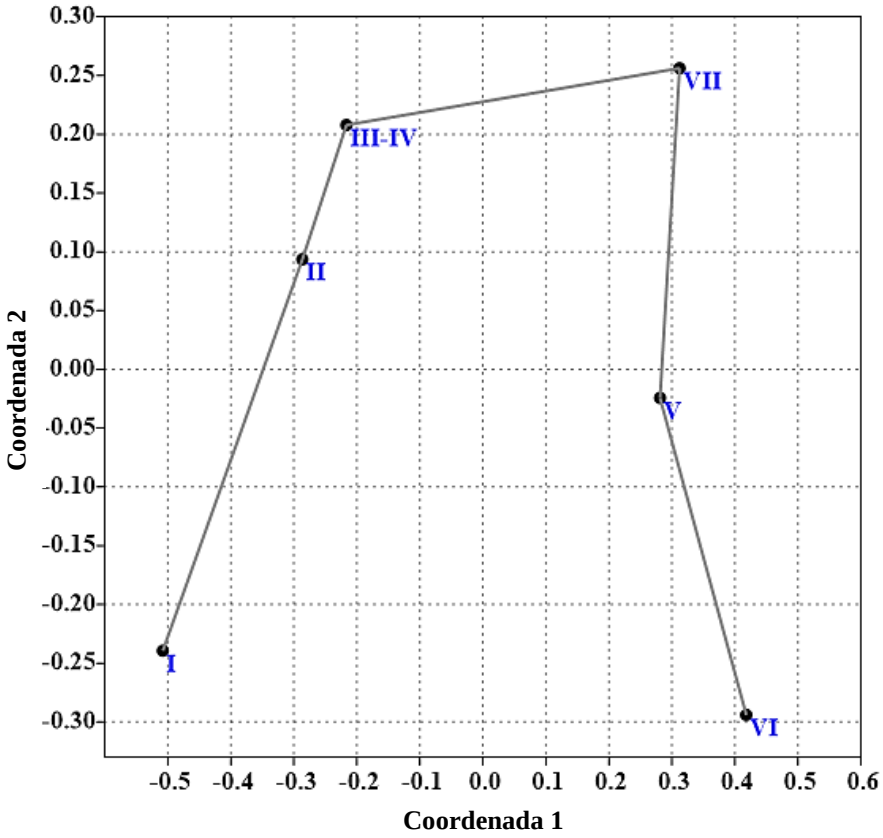


Figura 25. Diagrama nMDS calculado a partir de las distancias D_{xy} obtenidas para los índices de asociación IAS entre las secuencias semanales de la temporada invernal 2013.

9.5 Descripción integrada de los resultados

Al realizar la transcripción y el análisis de cada secuencia seleccionada se encontraron ciertos elementos (pertenecientes a diferentes niveles de la estructura jerárquica de la canción) que se mantuvieron constantes durante la temporada invernal, es decir, fueron elementos de estabilidad en la estructura de las canciones, como lo fueron:

- La unidad wump fue la más utilizada, en comparación con el resto de las unidades, ya que ocurrió en las frases de hasta 6 temas (Tabla 4).

- El tema G antecedió al tema A en la mayoría de las secuencias exceptuando la secuencia 1b y 3a en las cuales antecedió G1 a A (Tabla 7).
- Los temas A, B, C, D, E1, E2, F y G aparecieron en todas las secuencias analizadas de la temporada invernal 2013 (Figura 11).
- Las combinaciones con los valores más altos del $\overline{IAS}$ (> 0.44) fueron los temas A, B, C, D, E1, E2, F, H y G (Figura 23).

También se identificaron variaciones estructurales en los tres niveles jerárquicos de la canción:

I) Variaciones estructurales a nivel de unidades y frases:

- Cambio de la unidad tren de pulsos por wump en las frases F y H (Tabla 6).
- Omisión frecuente de la unidad de tren de pulsos en las frases F (Tabla 6).
- Omisión frecuente de la unidad wump en las frases A (Tablas 6 y 7).
- Existieron variaciones en el número de repeticiones de las frases de todos los temas en las secuencias de la temporada invernal 2013 (Tabla 5). Sin embargo, las frases que más se repitieron fueron las frases B ($\bar{x}$ = 73.67$\pm$29.23), F ($\bar{x}$ = 61.83$\pm$28.26) y E1 ($\bar{x}$ = 58.67$\pm$25.22) (Tabla 5 y Figura 10).

II) Variaciones estructurales a nivel de temas:

- Inserción del tema G seguido del tema A, de tal manera que de ser la combinación AB, pasó a ser AGAB (canciones 1c, 2b, 4b, 6c, 7a, Tabla 7).
- El tema G fue sustituido por el tema G1, por lo que, en vez de ser un tren de gruñidos, cambió a cuatro repeticiones de un tren de pulsos en la secuencia 3a (Tabla 7).

- Los temas raros J, K1 y K aparecieron solo una vez, cada uno, durante la temporada invernal 2013 (en las canciones 7c, 4b y 2d respectivamente) (Tabla 7 y Figura 11).
- De los raros, el tema K fue insertado entre los temas B y C de la secuencia 2d, y el tema K1 (variante de K) fue insertado entre los temas B y D en la secuencia 4b, y (Tabla 7).
- El tema J se insertó entre las frases E1 en la secuencia 7c (Tabla 7).
- El tema A presentó la mayor frecuencia de ocurrencia durante la temporada invernal 2013 (14%, Figura 15) seguido del tema E2 con 12.47% (Figura 15).

III) Variaciones debidas a los cambios temporales en las canciones

Hubo variaciones de ciertos elementos de la canción que incrementaron con el transcurrir del tiempo, como se observaron en los siguientes casos:

- Las repeticiones de las frases B disminuyeron a partir de la semana V, mientras que las repeticiones de las frases E1 aumentaron a partir de la semana V con su mayor porcentaje de repeticiones en las secuencias de la semana VII (Figura 10).
- Los temas novedosos I y H se insertaron entre los temas FG de tal forma que de ser la secuencia FG original (la más frecuente), pasó a ser FHG para las canciones 4a, 5a, 5b, 7a, FHIG para las canciones 6a y 6b y FIG para la canción 2b (Tabla 7).
- El tema H novedoso se afianzó durante la temporada invernal 2013, aumentando su frecuencia (Figura 14) y por lo tanto su $\overline{IAS}$ con otros temas (FH y HG) hacia el final de la temporada (Figuras 16 y 20).

- Las variaciones de las secuencias intra-semanales fueron similares ($F_{5, 18}$= 2.77, p> 0.05) (Tabla 10), por lo que ninguna semana presentó mayores variaciones entre sus secuencias en comparación con las demás semanas.
- Con base en los resultados de los análisis, se encontró que las secuencias de los temas de la temporada invernal 2013 cambiaron de manera gradual y progresiva, ya que los valores obtenidos de distancias D_{xy} aumentaron con la separación temporal entre las agrupaciones (Tabla 11 y Figura 24). Se observó que las secuencias de la semana I con la semana VII fueron las más distantes (D_{xy} = 0.0077, Tabla 11), seguidas de las semanas I con VI (D_{xy} = 0.0073, Tabla 11). Las secuencias tendieron a conglomerarse en dos agrupaciones de acuerdo a su grado de similitud: un grupo conformado por las primeras semanas de la temporada (I, II y III-IV) y el otro grupo conformado por las semanas de la segunda mitad de la temporada (V, VI y VII) (Figuras 13, 24 y 25). Particularmente, las secuencias de las semanas II con III-IV, seguido de las secuencias semanales V con VII, fueron las más parecidas (Tabla 11, Figuras 13, 16 y 24). Cabe destacar que la semana III-IV fue considerada como el grupo divisorio entre ambas agrupaciones (Figuras 13, 24 y 25), ya que mostró el mayor número de combinaciones de temas (Figura 16), por lo que tuvo similitudes tanto con las secuencias de las primeras semanas como con las secuencias de las últimas semanas de la temporada invernal 2013.

10. Discusión

10.1 Variaciones en las secuencias de temas de la temporada invernal 2013

La estructura jerárquica encontrada en las secuencias de temas de la canción de las ballenas jorobadas para la región de Los Cabos durante la temporada invernal 2013 coincide con aquella descrita por primera vez por Payne & McVay (1971), así como con los resultados de estudios posteriores sobre las canciones de las ballenas de otros sitios, como los son los de Winn *et al.* (1981) en el Océano Atlántico (Indias Occidentales y Cabo Verde, África) y en el Océano Pacífico (Hawai'i, México y Tonga, Oceanía), el de Payne & Payne (1985) en el Océano Atlántico (Bermuda), el de McSweeney *et al.* (1989) en el Océano Pacífico (Alaska), el de Helweg *et al.* (1990) en el Océano Pacífico (Japón, México y Hawai'i) y el de Noad *et al.* (2000) en el Océano Índico (Australia), entre otros.

Las canciones de las ballenas jorobadas se caracterizan por presentar patrones de sonidos repetidos en cierto orden (Payne & McVay, 1971), patrones que fueron observados en las secuencias analizadas de la temporada invernal 2013. Existieron temas que casi siempre formaron parte de las secuencias analizadas: A, B, C, D, E1, E2, F y G y se catalogaron como los temas fundamentales y recurrentes de la canción. Estos temas fundamentales y recurrentes aportan la estructura básica a la secuencia, ya que además de ser repetidos durante toda la temporada en la mayoría de las secuencias analizadas, el número de repeticiones de sus frases fue elevado (Tabla 5), lo cual les confiere el patrón a las secuencias de la temporada invernal 2013 (Tabla 7).

Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, una de las principales características de las canciones de las ballenas jorobadas es que cambian (Payne & McVay, 1971; Cholewiak, 2012). En este estudio también se observaron cambios en los tres niveles

jerárquicos de la canción de la ballena jorobada durante la temporada 2013. Estos cambios fueron clasificados como variaciones estructurales *per se* (Tablas 6 y 7) y como variaciones estructurales por cambios temporales (Figura 13, Tabla 9). Las variaciones estructurales encontradas en los tres niveles de la estructura jerárquica (unidades, frases y temas) de las secuencias incluyeron: cambios, omisiones e inserciones de unidades, así como variaciones en las repeticiones de las frases y la ocurrencia de temas raros (i.e., K, K1, G1, J). Esta descripción de la canción coincide con aquella de otros estudios, donde también se ha registrado una alta versatilidad en los elementos de la canción, sin perder su estructura fundamental (Payne & McVay, 1971; Frumhoff, 1983; Payne, 1985; Helweg *et al.*, 1992; Salinas Zacarías, 2000; Smith Aguilar, 2009; Cholewiak, 2012).

Estas variaciones estructurales se atribuyen a un componente individual donde las modificaciones particulares pueden determinar el grado de similitud con otras secuencias, como se observó en éste estudio. Las modificaciones particulares y esporádicas tanto de las unidades como de las frases de algún tema dado, no necesariamente implicaron modificaciones en la secuencia de temas. Por ejemplo, se observaron variaciones en el número de repeticiones de las frases y también hubo omisiones e inserciones de unidades modificando alguna repetición de la frase tipo. Sin embargo, todas ellas fueron esporádicas, de tal forma que al intercalarse con las frases que sí estaban completas y sin variaciones, siempre fue posible identificar las frases y definir un tema.

En este estudio, se encontró que las variaciones temporales se atribuyeron principalmente a la inserción de temas novedosos al inicio de la temporada y que fueron primero observadas como parte de las variaciones estructurales de las secuencias analizadas. Sin embargo, con

el paso del tiempo, estos temas novedosos se afianzaron, de manera que fue incrementando su número de repeticiones durante la temporada, como en los casos de los temas I y H.

En este contexto, el uso de un Índice de Asociación Simple (IAS) resultó ser un método comparativo eficaz, debido a que con la inserción de nuevos temas hubo un cambio en el patrón de las secuencias que había predominado al inicio de la temporada, el cual fue posible identificar a partir de los patrones de las combinaciones de temas durante la temporada invernal 2013.

Como se describe en la Tabla 4, los temas consecutivos estuvieron compuestos en su mayoría por frases que tenían algunas unidades en común, por lo que al utilizar el IAS para identificar las combinaciones de temas frecuentes, se pudo determinar cuáles de ellas tenían al menos una unidad en común. Además, las inserciones de temas novedosos en temas con unidades en común podrían estar indicando que derivan de un tema común. Por ejemplo, la unidad aullido de las frases A, al fragmentarse en dos sonidos con un pequeño silencio entre sí, derivaron en las unidades gemido y chillido de las frases B; y el valor del IAS de la combinación de temas AB fue relativamente alto ($\overline{IAS}_{AB} = 0.75 \pm 0.07$).

Los temas fundamentales fueron los mismos durante toda la temporada 2013. Sin embargo, su frecuencia disminuyó hacia la segunda mitad de la temporada debido al mayor uso de temas novedosos (Figura 14). Esto tuvo repercusiones en la formación de combinaciones de temas de las secuencias, dando lugar a patrones relativamente distintos durante la segunda mitad de la temporada. Las combinaciones de temas encontrados en las secuencias analizadas durante la segunda mitad de la temporada fueron distintas en comparación con la primera mitad de la temporada (Figura 16), de tal forma que hacia el final de la temporada hubo una mayor variedad de combinaciones de temas que no se habían visto durante las

primeras dos semanas, lo cual refleja que hubo un cambio en los patrones de los temas en las secuencias. Hay que tener en cuenta que la diversificación en las combinaciones de temas formados fue por la inserción de temas entre los temas de las combinaciones existentes, dando lugar a nuevas combinaciones de temas (Figura 14).

Cabe mencionar que la función de las variaciones y/o los cambios en la canción, así como la homogeneización de una versión común entre cantores durante el periodo invernal en un sitio dado, sigue siendo especulativo (Winn & Winn, 1978; Frumhoff, 1983; Helweg, 1990). Sin embargo, si estas variaciones se mantienen, presumiblemente es porque contribuyen a un mayor éxito reproductivo (Tyack, 1981).

10.2 Las variaciones en las secuencias de la canción en Los Cabos, BCS en contexto con las ballenas jorobadas que visitan el Océano Pacífico mexicano

Se ha documentado que existen similitudes entre las canciones de las ballenas jorobadas pertenecientes a una misma cuenca (Winn *et al.*, 1981; Helweg *et al.*, 1990). En la cuenca del Océano Pacífico se han encontrado similitudes entre las canciones de Japón, Hawai`i y México, donde la magnitud de las diferencias es proporcional a la distancia geográfica entre las regiones, es decir, a menor distancia geográfica, menores son las diferencias entre las canciones (Helweg *et al*., 1990). De igual manera, Cerchio *et al.* (2001) comparó las canciones de la Isla Kaua`i en Hawai`i con las canciones de la Isla Socorro en el Archipiélago de Revillagigedo y encontró que cambian de manera similar durante la temporada invernal.

En las congregaciones invernales de ballenas jorobadas del Océano Pacífico mexicano, en particular en Isla Socorro en el Archipiélago de Revillagigedo y en Bahía Banderas en la

costa continental de México, se ha encontrado que las canciones de las ballenas jorobadas presentan una estructura similar con diferencias en la ocurrencia de temas, duración de las frases y rangos de frecuencias de los sonidos emitidos (Salinas Zacarías, 2000; Smith Aguilar, 2009). De acuerdo con Smith Aguilar (2009), los cambios en los temas de una canción dependieron del sitio y del año. Particularmente Isla Socorro durante 2004 presentó diferencias intra e inter sesiones en las canciones que no permitieron identificar una sola secuencia dominante. Sin embargo, se encontró que los cambios en el uso de los temas y frases de la canción se compartieron al menos parcialmente entre los dos sitios durante el 2004 y el 2005 (Smith Aguilar, 2009), con un desfase temporal en la aparición de los temas en un sitio y en el otro.

En este estudio se encontraron una serie de temas que estuvieron presentes durante toda la temporada, dando lugar a una secuencia de temas predominante. Pero también se detectaron cambios en los patrones de las secuencias de origen temporal que se reflejaron en la dinámica de ciertas combinaciones de temas. Las secuencias muestreadas de todas las semanas variaron de manera gradual y progresiva, a diferencia de lo que se esperaba, ya que se había hipotetizado que existirían mayores cambios en la estructura de la canción durante el inicio (febrero) y el final (marzo-abril) de la temporada invernal 2013. Estos cambios graduales y progresivos pueden explicarse mediante la dinámica poblacional que presentan las ballenas en el Océano Pacífico mexicano. De acuerdo con González-Peral (2011), existe una mayor relación entre las ballenas de Baja California con aquellas tanto del continente mexicano (Bahía Banderas) como del Archipiélago de Revillagigedo, que entre el Archipiélago de Revillagigedo y el continente mexicano (Figura 26).

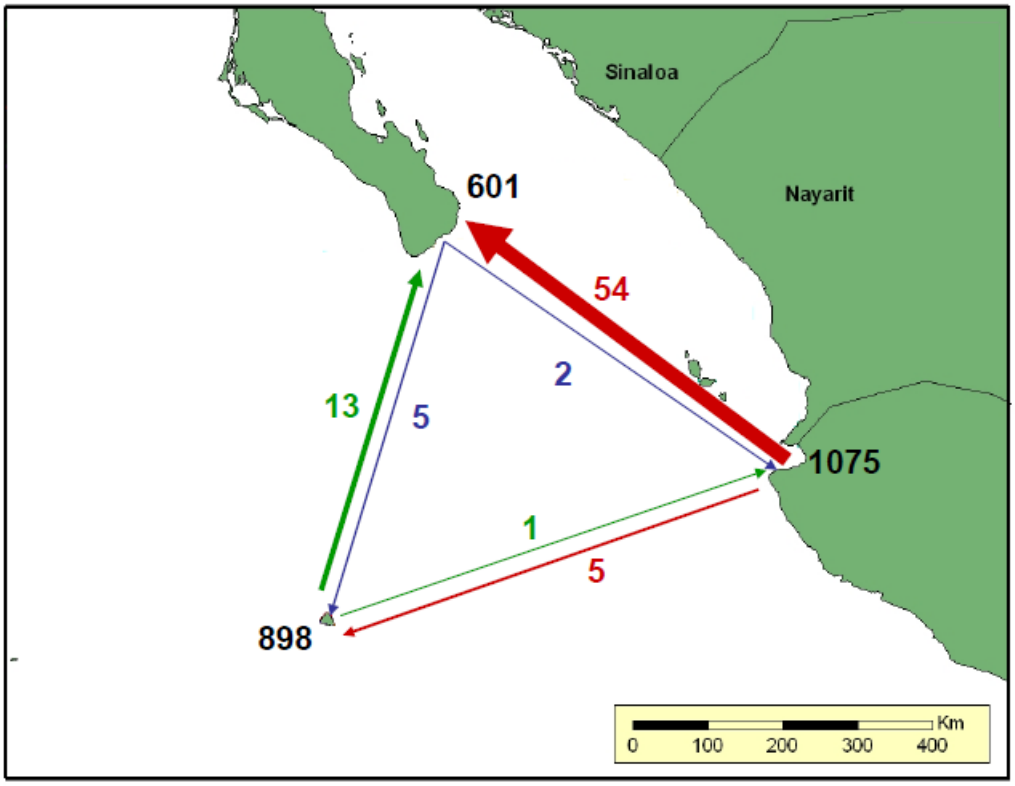


Figura 26. Movimientos de ballenas jorobadas en la misma temporada entre las tres principales zonas de congregación en el Pacífico mexicano con base en la técnica de foto-identificación. (2004-2006). En negro el número de individuos foto-identificados en cada zona; en verde el número de ballenas que se fotografiaron primero en el A. de Revillagigedo; en rojo las que se fotografiaron primero en el continente y en azul las que se fotografiaron primero en la P. de Baja California., Las flechas indican el sentido del movimiento de las ballenas (González-Peral, 2011).

Es posible que los cambios temporales de las canciones de las ballenas de una congregación invernal podrían ser incorporadas a las canciones de las ballenas de otras congregaciones invernales, considerando que los machos (cantores) presentan una mayor proporción (la relación es de 3.5 machos: 1 hembra) y un mayor movimiento entre las congregaciones (Cerchio *et al.*, 2001; González-Peral, 2011). Este movimiento de los cantores promovería que una versión de la canción se mantenga similar y/o actualizada, en parte mediante transmisión cultural (Cerchio *et al*., 2001, Eriksen *et al.*, 2005).

Por lo tanto, se podría sugerir que Baja California Sur es la región que facilita la transmisión de los cambios en la canción generados entre Isla Socorro y Bahía Banderas, considerando que hay mayor movimiento de ballenas entre cada una de estas zonas y Baja California Sur que entre ellas. Posiblemente, esto permite que la canción del Océano Pacífico mexicano se mantenga actualizada.

Sin embargo, para determinar si Baja California Sur, por ser un sitio de tránsito además de una congregación invernal, influye en la tasa de cambio de la canción al estar expuesta al paso de ballenas provenientes de distintos destinos migratorios, se requieren estudios simultáneos en los tres sitios de reproducción de las ballenas jorobadas en el Océano Pacífico mexicano para tener un mejor entendimiento del comportamiento acústico de las ballenas jorobadas dada por los cambios y/o la evolución de la canción en los tres sitios.

10.3 Similitudes entre frases tipo de secuencias analizadas en estudios previos de otras congregaciones invernales en el Océano Pacífico mexicano y el presente estudio

Al comparar los resultados obtenidos con aquellas de estudios previos se encontró que, a pesar de ser canciones muestreadas en 1990 (Salinas Zacarías, 2000) y 2003-2005 (Smith Aguilar, 2009), aún hay similitud en los temas entre las canciones grabadas por los diferentes estudios. Particularmente, la descripción de un tema denominado como "Tema R", asociado con las emersiones de las ballenas cantoras al respirar (Salinas Zacarías, 2000; Smith Aguilar, 2009), y el cual consiste de una única unidad (ocasionalmente dos), con una duración promedio de 10 a 11.66 segundos y una frecuencia de entre 16 y 70 Hz (Salinas Zacarías, 2000), es muy similar al tema G descrito en el presente trabajo. Las similitudes

encontradas se basan en los espectrogramas reportados, así como con el hecho de que es una única unidad de baja frecuencia compuesta por numerosos armónicos. Sin embargo, en este estudio esta unidad tiene una frecuencia basal promedio de entre 154 a 1915 Hz (Tabla 4). Otros temas similares entre sus estudios y el presente fueron los subtemas 1a y 1s con los temas E1 y E2 (presente estudio), en donde el subtema 1a se debe a la característica de subdividir la unidad uno en la frase tipo 1s (Salinas Zacarías, 2000). De igual manera, una de las unidades del subtema 3b con frecuencias de entre 159 y 1423 Hz, y que asciende muy rápido con un tono casi puro compuesto de armónico con frecuencias altas (415-1560 Hz) (Salinas Zacarías, 2000), se asemeja a la unidad chillido descrita en este estudio.

Hay que considerar que, aunque exista cierto grado de similitud, inferido a partir de los espectrogramas reportados y una descripción general de las unidades, no implica igualdad, siendo un motivo por el cual las frecuencias que se describen en ambos estudios sean variables, además de que el método de clasificación y medición de las unidades y frases de Salinas Zacarías (2000) fue distinto.

Entonces, a pesar de usar un nivel de clasificación distinta (como el uso de subfrases en el estudio de Salinas Zacarías, 2000), de existir alrededor de 23 años de diferencia entre los muestreos y de saber que existen modificaciones progresivas en la canción, se han detectado elementos similares en las secuencias. Lo anterior podría atribuirse a que algunas unidades y frases son reminiscencias de otros años (Payne & Payne, 1985). Sin embargo, los cambios son progresivos y no cíclicos, por lo que se podría pensar que, a pesar de que las canciones son altamente dinámicas, al parecer, las secuencias de temas en Los Cabos, Baja California Sur para la temporada invernal 2013, presenta elementos reminiscentes (o conservados) de las canciones de algunos años atrás.

Con respecto a las comparaciones entre los resultados obtenidos con los resultados del estudio de Smith Aguilar (2009), no hubo manera de realizarlos (con excepción del tema R, denominado tema G en este estudio) debido a que los datos descriptivos de los espectrogramas no fueron reportados en el documento.

11. Conclusiones

- Se describió la canción de la ballena jorobada de Los Cabos, B.C.S. con base en el análisis de las secuencias de temas grabadas durante la temporada invernal 2013.
- A partir del análisis realizado se identificaron los temas predominantes, así como las variaciones estructurales y cambios temporales que caracterizaron las secuencias de temas grabadas durante la temporada invernal 2013.
- Se encontraron hasta 15 temas, catalogados con base en su ocurrencia durante la temporada en: temas fundamentales (temas A, B, D, F, E1 y E2), temas recurrentes (temas C y G), temas ocasionales (temas H, I y E) y temas raros (temas K, G1, K1 y J).
- Se identificaron variaciones a nivel de las unidades, frases y temas de las secuencias, las cuales fueron clasificadas como variaciones estructurales y como variaciones temporales.
- Los métodos de la Distancia Levenshtein y el Índice de Asociación Simple permitieron hacer una cuantificación de las diferencias entre las secuencias de temas al identificar los cambios en los patrones de las secuencias durante la temporada invernal 2013.
- De manera general, se encontró que la canción de las ballenas jorobadas en Los Cabos, B.C.S durante la temporada invernal 2013, cambió gradual y progresivamente, ya que las secuencias se agruparon, de acuerdo a su similitud, en dos bloques temporales de secuencias. Un bloque para la primera parte de la temporada y otro bloque para la segunda

mitad de la temporada, encontrando que las mayores diferencias fueron entre las secuencias de la primera y la última semanas.

12. Consideraciones y recomendaciones

- Las canciones de las ballenas jorobadas están compuestas por sonidos con un espectro amplio, permitiendo una composición rica de sonidos, por lo que las variaciones en la canción son evidentes y se observaron cambios en los tres niveles jerárquicos de la canción de la ballena jorobada durante la temporada 2013 (en las unidades, frases y temas). La determinación de los cambios en la estructura de las canciones de las ballenas jorobadas está dado por el tipo de nomenclatura empleada por el investigador, por lo que se concuerda con Cholewiak (2012) quien propone que debería de haber un consenso generalizado en el análisis de la estructura, permitiendo así evaluar los cambios en las canciones de diferentes poblaciones, zonas y autores, pero tomando en cuenta las observaciones y aportaciones de cada autor en su propio sistema de clasificación. Por ello, es muy importante dar detalles de la metodología utilizada para determinar lo que es una unidad y una frase tipo y, así, poder comprender cómo es que cada autor transcribió la canción.
- Las técnicas empleadas en el presente estudio para la cuantificación de los cambios en las secuencias mostraron ser eficaces. Sin embargo, se considera que a pesar de que la Distancia Levenshtein es muy empleada en los estudios de las canciones de las ballenas jorobadas, arroja resultados muy generales, de manera que solamente se puede saber si hubieron eliminaciones, sustituciones o inserciones de los temas, resultando en la pérdida de información. En cambio, el Índice de Asociación Simple resultó en una evaluación más minuciosa, permitiendo rastrear con mayor detalle el comportamiento de los temas durante la temporada y los cambios generados en la estructura de las secuencias.

- Este estudio tuvo un tamaño de muestra relativamente pequeño debido a que la duración de las grabaciones fue corta y a la dificultad en la obtención de grabaciones únicas de canciones, es decir, que no hubiesen más de dos canciones simultáneas. Esto impidió evaluar las diferencias intra-sesiones para determinar si existía variaciones dentro de la misma canción. Es necesario obtener un tamaño de muestra más amplio de las canciones de las ballenas jorobadas que incluya grabaciones de mayor duración, de al menos 30 minutos, para obtener varios ciclos de una canción.
- También es recomendable que se identifique a los cantores de las grabaciones para determinar si se ha muestreado a diferentes individuos. Debido a que Baja California es una zona de tránsito, el promedio de recapturas de individuos es muy baja y las grabaciones de este estudio probablemente provienen de muchos cantores distintos. Pero en zonas donde la tasa de recaptura es alta y para confirmar el anterior supuesto de este estudio, es importante hacer la foto-identificación de los cantores para, así, poder evaluar la variación intra-individual en las canciones.
- En este estudio se consideró que es necesario distinguir la autenticidad de las frases nombrándolas de distinta forma, aunque estén conformadas por unidades de frases previas o subsecuentes, ya que esto no demerita el hecho de que existen y son producto de la variación. Al final, el objetivo es la obtención más óptima de información para poder evaluar los posibles cambios que podrían derivar en la evolución de la canción. En este estudio, si se considera la agrupación de temas similares en un solo tema, las canciones tendrían únicamente 3 temas principales, por lo que la riqueza y la complejidad de la canción constituida por la variación y repetición de sus elementos quedaría encubierta por una clasificación tan genérica.

13. Referencias bibliográficas

Adam, O., D. Cazau, N. Gandilhon, B. Fabre, J. T. Laitman & J. S. Reidenberg. 2013. New acoustic model for humpback whale sound production. Appl. Acoust. 74: 1182–1190.

Baker, C. S. & L. M. Herman.1984. Aggressive behavior between humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) wintering in Hawaiian waters. Can. J. Zool. 62: 1922-1937.

Baker, C. S., S. R, Palumbi, R. H. Lambertsen, M. T. Weinrich, J. Calambokidis & S. J. O´Brien. 1990. Influence of seasonal migration on geographic distribution of mitochondrial DNA haplotypes in humpback whales. Nature 344: 238-240.

Barlow, J., J. Calambokidis, C. S. Baker, A. M. Burdin, P. J. Clapham, J. K. B. Ford, C. M. Gabriele, R. LeDuc, D. K. Mattila, T. J. Quinn II, L. Rojas-Bracho, J. M. Straley, B. L. Taylor, J. Urbán R., P. Wade, D. Weller, B. H. Witteveen & M. Yamaguchi. 2011. Humpback whale abundance in the North Pacific estimated by photographic capture-recapture with bias correction from simulation studies. Mar. Mammal Sci. 27:793-818.

Brown, M. R., P.J. Corkeron, P.T, Hale, K.W. Schultz & M.M. Bryden. 1995. Evidence for a sex-segregated migration in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). Proc R Soc Lond [Biol]. 259(1355): 229-234.

Calambokidis, J., G. H. Steiger, J. M. Straley, L.M. Herman, S. Cerchio, D. R. Salden, J. Urban R., J. K. Jacobsen, O. von Ziegesar, K. C. Balcomb, C. M. Gabriele, M. E. Dahlheim, S. Uchida, G. Ellis, Y. Miyamura, P. Ladrón de Guevara P., M. Yamaguchi, F. Sato, S. A. Mizroch, L. Schlender, K. Rasmussen, J. Barlow & T. J. Quinn II. 2001. Movements and population structure of humpback whales in the North Pacific. Mar. Mammal Sci. 17: 769-794.

Calambokidis, J., E. A. Falcone, T. J. Quinn, A. M. Burdin, P. J. Clapham, J. K. B. Ford, C. M. Gabrielle, R. LeDuc, D. Mattila, L. Rojas-Bracho, J. M. Straley, B. L. Taylor, J. Urbán R., D. Wller, B. H. Witteveen, M. Yamaguchi, A. Bendlin, D. Camacho, K. Flynn, A. Havron, J. Huggins & N. Maloney. 2008. SPLASH: Structure of Populations, Levels of Abundance and Status of Humpback Whales in the North Pacific. Final report for Contract AB133F-03-RP-00078 to the U.S. Department of Commerce Western Administrative Center, Seattle Washington, Cascadia Research Collective, Olympia WA., EE.UU., 57 pp.

Carr. D. B, C. J. Young, R. C. Aster & X. Zhang. 1999. Cluster Analysis for CTBT Seismic Event Monitoring. 21st Seismic Research Symposium: Technologies for Monitoring the CTBT. Las Vegas NV, EE.UU. Sept 21-24 1999.

Castro, R., A. S. Mascareñas, R. Durazo & C. A. Collins. 2000. Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California, México. Cienc. Mar. 26: 561-583.

Cerchio, S. 1993. Geographic variation and cultural evolution in songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the eastern North Pacific. Master´s Thesis. Paper 614.

Cerchio, S., J. K. Jacobsen & T. Norris. 2001. Temporal and geographical variation in songs of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*: synchronous change in Hawaiian and Mexican breeding assemblages. Anim. Behav. 62: 313-329.

Cholewiak, D. 2008. Evaluating the role of song in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) breeding system with respect to intra-sexual interactions. Ph.D. thesis, Cornell University, Ithaca, NY, EE.UU. 159 pp.

Cholewiak, D. 2012. Humpback whale song hierarchical structure: Historical context and discussion of current classification issues. Mar. Mammal. Sci. 29: E312-E332.

Chu, K. & P. Harcourt. 1986. Behavioral correlations with aberrant patterns in humpback whale songs. Behav. Ecol. and Sociobiol. 19: 309-312.

Chu, K. 1988. Dive times and ventilation patterns of singing humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). Can. J. Zool. 66: 1322-1327.

Clapham, P. J. 1996. The social and reproductive biology of humpback whales: an ecological perspective. Mammal Rev. 26(1): 27-49.

Clapham, P. J. 2000. The Humpback Whale, Seasonal Feeding and Breeding in a Baleen Whale, pp. 173-196. In: Mann, J., R. C. Connor, P. L. Tyack & H. Whitehead (Eds.). Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales. The University of Chicago Press. Chicago, EE.UU. 434 pp.

Clapham, P. J. 2002. Humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, pp. 582-584. In: Perrin, W. F., B. Würsig & J. G. M. Thewissen (Eds.). Encylopedia of Marine Mammals. Segunda edición. Academic Press. EE.UU. 1316 pp.

Clark C. W. & P. J. Clapham. 2004. Acoustic monitoring on a humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) feeding ground shows continual singing into late spring. Proc. R. Soc. Lond. B 271: 1051–1057.

Darling, J. & M. Bérubé. 2001. Interactions of singing humpback whales with other males. Mar. Mammal Sci. 17: 570-584.

Darling, J. 2002. Song, pp.1053-1056. In: Perrin, W. F., B. Würsig & J. G.M. Thewissen (Eds.). Encylopedia of Marine Mammals. Segunda edición. Academic Press. EE.UU. 1316 pp.

Darling, J., M. Jones & C. Nicklin, 2006. Humpback whale songs: do they organize males during the breeding season? Behaviour 143:1051-1101.

Eriksen, N., L. A. Miller, J. Tougaard & D. Helweg. 2005. Cultural change in the songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) from Tonga. Behaviour 142: 305-328.

Frankel, A. S., C. W. Clark, L. M. Herman & C. M. Gabriele. 1995. Spatial distribution, habitat utilization, and social interactions of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, off Hawai`i, determined using acoustic and visual techniques. Can. J. Zool. 73:1134-1146.

Frumhoff, P. 1983. Aberrant songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*): Clues to the structure of humpback songs, pp. 81-127, In: R. Payne (Ed.). Communication and Behavior of Whales. AAAS Selected Symposium 76. Westview Press, Boulder, CO, EE.UU.

Gambell, R. 1976. World whale stocks. Mammal Rev. 6: 41-53.

Garland, E., M. J. Noad, A. W. Goldizen, M. S. Lilley, M. L. Rekdahl, C. Garrigue, R. Constantine, N. D. N. Daeschler Hauser, M. M. Poole & J. Robbins. 2013. Quantifying humpback whale song sequences to understand the dynamics of song exchange at the ocean basin scale. J. Acoust. Soc. Am. 133: 560-569.

Gillam, E.2011. An Introduction to Animal Communication. Nature Education Knowledge 3: 70.

González Peral, U.A. 2011. Definición y características de las unidades poblacionales de las ballenas jorobadas que se congregan en el Pacífico Mexicano. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Baja California Sur, Área interdisciplinaria de Ciencias del Mar, Departamento de Biología Marina. 106 pp.

Guerrero, M., J. Urbán R. & L. Rojas. 2006. Las ballenas del Golfo de California. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México, pp. 198-219.

Hammer, Q., D. A. T. Harper & P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. 4: 9p.

Helweg, D. A., L. M. Herman, S. Yamamoto & P. H. Forestell. 1990. Comparison of songs of humpback whales recorded in Japan, Hawaii, and Mexico during the winter of 1989. Sci. Rep. Cetacean Res. 1:1-20.

Helweg, D. A., D. H. Cato, P. F. Jenkins, C. Garrigue & R. D. McCauley. 1998. Geographic variation in South Pacific humpback whale songs. Behav.135: 1-27.

Helweg, D., A. Frankel, J. Mobley & L. Herman. 1992. Humpback whale song: our current understanding, pp. 459- 483. in: J. Thomas *et al.* (Eds.). Marine Mammal Sensory Systems. Plenum Press, Nueva York.

INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2005. Enciclopedia de los Municipios de México. Secretaría de Gobernación,

Johnson, J. H. & A. A. Wolman. 1984. The humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. Mar. Fish. Rev. 46; 30-37.

Klinowska, M. 1991. Dolphins, porpoises and whales of the world. The IUCN Red Data Book, IUCN. Cambridge, Gran Bretaña. 429 pp.

Kohonen, T. 1985. Median strings. Pattern Recogn. Lett. 3: 309-313.

Legendre, P., & L. Legendre. 2012. Numerical Ecology. Third Edition. Elsevier. Great Britain. 989 pp.

Ludwig, J. A. & J. F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology, A primer on methods and computing. John Wiley & Sons. U.S.A. p. 189-202.

Martínez A., S. 2008. Un modelo de abundancia absoluta de la ballena jorobada *Megaptera novaeangliae*, en aguas adyacentes a las Islas del Archipiélago de Revillagigedo, México. Tesis de Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. 83 pp.

Mattila, D. K., P. J. Clapham, O. Vásquez & R. S. Bowman. 1994. Occurrence, population composition, and habitat use of humpback whale in Samana Bay, Dominican Republic. Can. J. Zool. 72: 1898-1907.

McSweeney, D. J., K. C. Chu, W. F. Dolphins & L. N. Guinee. 1989. North Pacific Humpback Whale songs: A comparison of southeast Alaskan feeding ground songs with Hawaiian wintering ground songs. Mar. Mammal Sci. 5: 139-148.

Medrano-González, L., A. Aguayo-Lobo, J. Urbán-Ramírez & C. Scott Baker. 1995. Diversity and distribution of mitocondrial DNA lineages among humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific Ocean. Can. J. Zool. 73: 1735-1743.

Medrano-González, L. & J. Urbán Ramírez. 2002. La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-1994, 2000. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Informe Final SNIB-CONABIO Proyecto No. W024. México D.F. 69 pp.

Mobley, J.R. JR., & L. M. Herman. 1985. Transience of social affiliations among humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the Hawaiian wintering grounds. Can. J. Zool. 63: 762-772.

Mobley, J. R., L. M. Herman & A. S. Frankel. 1988. Responses of wintering humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to playback of recordings of winter and summer vocalizations and of synthetic sound. Behav. Ecol. Sociobiol. 23: 211-223.

Noad, M. J., D. H. Cato, M. M. Bryde, M. N. Jenner, & C. S. Jenner. 2000. Cultural revolution in whale songs. Nature: 408, 537.

Pagano, R. 2011. Estadística para las Ciencias del Comportamiento. 9a. edición. Cengage Learning. México. 628 pp.

Payne, R. & S. McVay. 1971. Songs of humpback whales. Science 173: 585-597.

Payne, K. P. & R. S. Payne. 1985. Large scale changes over 19 years in songs of humpback whales of Bermuda. Z. Tierpsychol. 68: 89-114.

Parsons, E.C.M. 2012. The negative impacts of whale-watching. J. Mar. Biol., 2012: 1-9.

Ponce, D., A. Thode, M. Guerra, J. Urbán R. & S. Swartz. 2012. Relationship between visual counts and call detection rates of gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Laguna San Ignacio, Mexico. J. Acoust. Soc. Am. 131: 2700-2713.

Rabinowitz, G. B. 1975. An Introduction to Nonmetric Multidimensional Scaling. Am. J. Polit. Sci. 19: 343-390.

Reeves, R.R., B. S. Stewart, P. J. Clapham & J. A. Powell. 2008. Guide to Marine Mammals of the World. Alfred A. Knopf. Nueva York. 527 pp.

Rice, D.W. 1978. The humpback whale in the North Pacific: Distribution, exploitation, and numbers, pp. 29-44. In: K. S. Norris & Reeved (Eds.). Report of a Workshop on Problems Related to Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) in Hawai`i, US. Marine Mammal Commission, Washington, D.C.

Richardson W.J., Greene C.R., Malme C.I. & Thomson D.H. 1995. Marine Mammals and Noise. Academic Press. EE.UU. 576 pp.

Salinas Zacarías, M. (2000). "Estudio comparativo del sonido emitido por los machos del rorcual jorobado, *Megaptera novaeangliae*, durante el invierno en dos áreas de reproducción del Pacífico de México", Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México, 60 pp.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). En revisión. Programa de Protección de la Ballena Jorobada dentro del área de refugio en la Región de Los Cabos. 20 pp.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Programa de Acción para la Conservación de Especies: Ballena Jorobada (*Megaptera novaeangliae*). 87pp.

Smith Aguilar, S.E. 2007. Competencia sexual entre machos de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la Bahía de Banderas y alrededores de la Isla Socorro, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 137 pp.

Smith Aguilar, S.E. 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. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 103 pp.

Smith, J. N., A. W. Goldizen, R. A. Dunlop & M. Noad. 2008. Songs of male humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, are involved in intersexual interactions. Anim. Behav. 76: 467-477.

Thode, A. & J. Urbán R. 2013. Long-term acoustic monitoring, and bio-acoustic and satellite tagging studies in proposed humpback whale refuge in Baja California, Mexico: revised. 4pp.

Thode, A., J. Urbán R. & K. Seger. 2013. Progress report on "Long-term Acoustic Monitoring and Bio-Acoustic and Satellite Tagging Studies in Proposed Humpback Whale Refuge in Baja California, Mexico". En proceso.

Tougaard, J. & N. Ericksen. 2006. Analysing differences among animal songs quantitatively by means of the Levenshtein distance measure. Behav. 143: 239-252.

Tyack, P. 1981. Interactions between singing Hawaiian humpback whales and conespecifics nearby. Behav. Ecol. Sociobiol. 8:105-116.

Urbán R., J. & A. L. Aguayo. 1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. Mar. Mammal Sci. 3: 333-344.

Urbán R., J., C. Álvarez F., M. Salinas Z., J. Jacobsen, K.C. Balcomb III, A. Jaramillo L., P. Ladrón de Guevara P. & A. Aguayo L. 1999. Population size of humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of Mexico. Fish. Bull. 97:1017-1024.

Urbán R., J., A. Jaramillo L., A. Aguayo L., P. Ladrón de Guevara P., M. Salinas Z., C. Alvarez F., L. Medrano G., J.K. Jacobsen, K.C. Balcomb, D. E. Claridge, J. Calambokidis, G.H. Steiger, J.M. Straley, O. von Ziegesar, J.M. Waite, S. Mizroch, M.E. Dahlheim, J.D. Darling & C.S. Baker. 2000. Migratory destinations of humpback whales wintering in the Mexican Pacific. J. Cetacean Res. Manag. 2:101-110.

Urbán R., J. 2010. Marine Mammals of the Gulf of California: An Overview of Diversity and Conservation Status, pp. 188-209. In: R. C. Brusca (Ed.) The Gulf of California. Biodiversity and Conservation. Arizona-Sonora Desert Museum Studies in Natural History. 354 pp.

Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina & A.M. Umaña. 2004. Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.

Vu, E., D. Risch, C.W. Clark, S. Gaylord, L. Hatch, M. A. Thompson, D. N. Wiley & S. M. Van Parijs. 2012. Humpback whale song occurs extensively on feeding grounds in the western North Atlantic Ocean. Aquat. Biol. 14: 175–183.

Whitehead, H. 1983. Structure and stability of humpback whale groups off Newfoundland. Can. J. Zool. 61: 1391-1397.

Wilson, E.O. 1975. Sociobiology: The New Synthesis. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wilczynski, W. & M.J. Ryan. 1999. Geographic Variation in Animal Communication Systems, pp. 234-261. In: Foster, S.A. & J.A. Endler (Eds.). 1999. Geographic Variation in Behavior. Oxford University Press. USA.

Winn, H. E., & Winn, L. K. 1978. The song of the humpback whale *Megaptera novaeangliae* in the West Indies. Mar Biol. 47(2): 97-114.

Winn, H.E., T. J. Thompson, W.C. Cummings, J. Hain, J. Hudnall, H. Hays, & W.W. Steiner. 1981. Songs of the Humpback Whale, Population Comparisons. Behav. Ecol.and Sociobiol. 8:41-46.

Zar J.M. 1984. Biostatistical Analysis. Segunda edición. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 718 pp.

14. Anexos

Anexo 1

Desglose de secuencias analizadas con base en la composición de frases de acuerdo a sus unidades. Así mismo, se presentan los cambios observados en sus frases y la duración de cada tema.

Secuencia 1a

11-feb-13 grabación: PGCC_20130211T130113 lugar:Punta Gorda; Colorados					
Inicio	**Fin**	**Duración**	**Agrupación**	**Avist.**	
13:01:13	13:16:10	14:57	McE	11 (s/f)	
Frase	**Hora**	**Núm de rep**	**unidades**	**proporción**	**porcentaje**
E2	13:01:13	11	pt b sb	0.07	7.05
F	13:02:30	29	pt pt s	0.19	18.59
G	13:04:58	1	gt	0.01	0.64
A	13:05:07	5	h w	0.03	3.21
B	13:05:35	39	m c w	0.25	25.00
D	13:09:21	5	m b	0.03	3.21
E1	13:09:50	5	pt b	0.03	3.21
E2	13:10:24	9	pt b sb	0.06	5.77
F	13:11:23	17		0.11	10.90
G	13:12:48	1		0.01	0.64
A	13:12:58	5		0.03	3.21
B	13:13:23	29		0.19	18.59
número total de frases		156		1.00	100.00

11Feb2013(semana 1a):E2(10c,1i) F(14c , 15i) G(1c) A(5c) B(38 c, 1i) D(4c, 1i) E1(5c) E2(9c) F(8c,9i) G(1c) A(5i) B(24c, 5i)														
Primera repetición			**Segunda repetición**								**Tercera repetición**	
E2	F	G	A	B	D	E1	E2	F	G	A	B
13:01:13	13:02:30	13:04:58	13:05:07	13:05:35	13:09:21	13:09:50	13:10:24	13:11:23	13:12:48	13:12:58	13:13:23
pt b sb	pt __ s	gt	h w	m c w	m _	pt b	pt b sb	pt __ s	gt	h _	m _ _
pt b sb	pt __ s		h w	m c w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s		h _	m _ _
pt b sb	pt pt s		h w	m c w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s		h _	m c w
pt b sb	pt pt s		h w	m c w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s		h _	m c w
pt b sb	pt __ s		h w	m c w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s		h _	m c _
pt b sb	pt pt s			m c w			pt b sb	__ __ s			m _ _
pt b sb	pt __ s			m c w			pt b sb	pt __ s			m c w
pt b __	pt __ s			m c _			pt b sb	pt pt s			m c w
pt b sb	pt pt s			m c w			pt b sb	pt pt s			m c w
pt b sb	pt w s			m c w				__ __ s			m c w
pt b sb	pt pt s			m c w				__ __ s			m c w
	pt pt s			m c w				pt __ s			m c w
	pt __ s			m c w				pt pt s			m c w
	pt pt s			m c w				pt pt s			m c w
	pt pt s			m c w				__ __ s			m c w
	pt __ s			m c w				__ __ s			m c _
	pt pt s			m c w				__ __ s			m c w
	pt __ s			m c w							m c w
	__ __ s			m c w							m c w
	w __ s			m c w							m c w
	pt pt s			m c w							m c w
	pt pt s			m c w							m c w
	__ __ s			m c w							m c w
	__ __ s			m c w							m c w
	pt __ s			m c w							m c w
	pt pt s			m c w							m c w
	pt pt s			m c w							m c w
	__ __ s			m c w							m c w
	__ __ s			m c w							m c w
				m c w							
				m c w							
				m c w							
				m c w							
				m c w							
				m c w							
				m c w							
				m c w							
				m c w							

NOTA: en frases F (1er ciclo) frase 10 y 20--> sustitución de pt--> w--> indicios de aparición prob de frase I (w w s)

Secuencia 1b

11-feb-13 grabación: PG_20130211T095903 lugar: Punta Gorda

Inicio	Fin	Duración	Agrupación	Avist.
9:59:03	10:07:03	08:00	par a la dist.	Avist.1

Frase	Hora	Núm de rep	unidades	proporción	porcentaje
E2	09:59:07	6	pt b sb	0.06	5.66
F	09:59:44	14	pt pt s	0.13	13.21
A	10:00:57	8	h	0.08	7.55
B	10:01:36	6	m c w	0.06	5.66
D	10:02:10	9	m b	0.08	8.49
E1	10:03:02	11	pt b	0.10	10.38
F	10:04:07	18		0.17	16.98
A	10:05:42	4		0.04	3.77
B	10:06:01	10		0.09	9.43
D	10:06:59	4		0.04	3.77
E1	10:07:24	4		0.04	3.77
E2	10:07:44	2		0.02	1.89
E1	10:08:00	10		0.09	9.43
número total de frases		106		1.00	100.00

11Feb2013(semana 1b):E2(6c) F(8c, 5i)A(3c, 5i) B(6c) D(9c) E1(11c) F(10c, 8i) A(4c)B(9c, 1i) D(4c)E1(4c)E2(2c)E1(10c)

Primera repetición						Segunda repetición						
E2	F	A	B	D	E1	F	A	B	D	E1	E2	E1
09:59:07	09:59:44	10:00:57	10:01:36	10:02:10	10:03:02	10:04:07	10:05:42	10:06:01	10:06:59	10:07:24	10:07:44	10:08:00
pt b sb	__ pt s	h _	m c w	m b	pt b	__ pt s	_ w	m c w	m b	pt b	pt b sb	pt b
pt b sb	pt pt s	h _	m c w	m b	pt b	pt pt s	h w	m c w	m b	pt b	pt b sb	pt b
pt b sb	pt pt s	h _	m c w	m b	pt b	pt pt s	h w	m c w	m b	pt b		pt b
pt b sb	pt pt s	h _	m c w	m b	pt b	pt pt s	h w	m c w	m b	pt b		pt b
pt b sb	pt pt s	h _	m c w	m b	pt b	pt pt s		m c w				pt b
pt b sb	pt pt s	h w	m c w	m b	pt b	pt pt s		m c w				pt b
	__ __ s	h w		m b	pt b	pt pt s		m c _				pt b
	pt pt s	h w		m b	pt b	__ __ s		mcw				pt b
	pt w s			m b	pt b	pt __ s		mcw				pt b
	pt pt s				pt b	pt pt s		mcw				pt b
	__ pt s				pt b	pt pt s						
	w __ s					pt pt s						
	pt pt s					__ __ s						
	__ __ s					pt _ s						
						pt pt s						
						__ pt s						
						__ __ s						
						__ pt s						

NOTA: no hay tren de gruñidos ni frase C; en frases B en wump suena distinto y no detecto el chirp; hay sustituciones de pt-->w en frase F; 3 canciones simultáneas

Secuencia 1c

11-feb-13 grabación: CC_20130211T155750 lugar: Cerros Colorados

Inicio	Fin	Duración	Agrupación	Avist.
15:57:50	16:06:55	09:05	Mc	Av.12(foto)

Frase	Hora	Núm de rep	unidades	proporción	porcentaje
D	15:58:06	7	m b	0.09	9.21
E2	15:58:52	11	pt b sb	0.14	14.47
H	15:59:59	8	pt w s	0.11	10.53
F	16:00:39	3	pt pt s	0.04	3.95
G	16:00:54	1	gt	0.01	1.32
A	16:01:01	3	h	0.04	3.95
G	16:01:16	1	gt	0.01	1.32
A	16:01:24	4	h	0.05	5.26
B	16:01:44	4	m c w	0.05	5.26
C	16:02:06	9	m w	0.12	11.84
D	16:02:56	6	m b	0.08	7.89
E2	16:03:31	19	pt b sb	0.25	25.00
número total de frases		76		1.00	100.00

11Feb2013(semana 1c): D(6c, 1i) E2(11c) H(6c, 2i) F(1c, 2i) G(1c) A(3i) G(1c) A(4i) B(3c, 1i) C(8c, 1i) D(6c) E2(19c)

Primera repetición										Segunda repetición	
D	E2	H	F	G	A	G	A	B	C	D	E2
15:58:06	15:58:52	15:59:59	16:00:39	16:00:54	16:01:01	16:01:16	16:01:24	16:01:44	16:02:06	16:02:56	16:03:31
m b	pt b sb	pt _ s	pt pt s	gt	h _	gt	h _	m c _	m w	m b	pt b sb
m b	pt b sb	pt w s	__ __ s		h _		h_	m c w	m w	m b	pt b sb
m b	pt b sb	pt w s	__ __ s		h _		h _	m c w	m w	m b	pt b sb
m b	pt b sb	pt w s					h _	m c w	m w	m b	pt b sb
m _	pt b sb	pt w s							m w	m b	pt b sb
m b	pt b sb	w w s							m w	m b	pt b sb
m b	pt b sb	pt w s							m w		pt b sb
	pt b sb	pt w s							m w		pt b sb
	pt b sb								m _		pt b sb
	pt b __										pt b sb
	pt b sb										pt b sb
											pt b sb
											pt b sb
											pt b sb
											pt b sb
											pt b sb
											pt b sb

NOTA: En frases H hubo una sustitución de w en vez de pt; hay mucho ruido de motor! Canciones simultáneas.

Scuencia 2a

20-feb-13 grabación: BSJ_20130220T082002 lugar: Bahía San José

Inicio	Fin	Duración	Agrupación	Avist.
08:20:02	08:30:02	10:00	Solo	

Frase	Hora	Núm de rep	unidades	proporción	porcentaje
E1	08:20:02	17	pt b	0.16	15.60
F	08:21:50	16	pt pt s	0.15	14.68
A	08:23:16	8	h w	0.07	7.34
B	08:24:00	8	m c w	0.07	7.34
C	08:24:46	14	m w	0.13	12.84
D	08:26:08	9	m b	0.08	8.26
E1	08:27:02	15	pt b	0.14	13.76
E2	08:28:11	3	pt b s	0.03	2.75
F	08:28:27	19	pt pt s	0.17	17.43
número total de frases		109		1.00	100.00

20Feb2013(semana 2a):E1(17c) F(11 c, 4i) A(5c, 3i) B(5c, 3i) C(7c, 7i) D(9c)E1(10c) E2(3c) F(4c, 15i)

Primera repetición		Segunda repetición						
E1	F	A	B	C	D	E1	E2	F
08:20:02	08:21:50	08:23:16	08:24:00	08:24:46	08:26:08	08:27:02	08:28:11	08:28:27
pt b	pt w s	_ w	m c w	m _	m b	pt b	pt b sb	pt pt s
pt b	pt pt s	h w	m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s
pt b	pt pt s	h w	m _ w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s
pt b	pt pt s	h __	m c w	m _	m b	pt b		__ __ s
pt b	pt pt s	h __	m c w	m _	m b	pt b		pt pt s
pt b	pt pt s	h w	m _ w	m _	m b	pt b		pt __ s
pt b	__ __ s	h w	m _ w	m _	m b	pt b		__ __ s
pt b	pt __ s	h w	m c w	m _	m b	pt b		__ __ s
pt b	pt pt s			m w	m b	pt b		__ __ s
pt b	pt pt s			m w		pt b		__ __ s
pt b	pt pt s			m w				__ __ s
pt b	pt pt s			m w				__ __ s
pt b	__ __ s			m _				__ __ s
pt b	pt pt s			m w				__ __ s
pt b	__ __ s							pt __ s
pt b	pt pt s							pt __ s
								pt __ s
								pt __ s
								pt __ s

NOTA: sustitución de pt->w en primera frase de F, frases F incompletas.

Secuencia 2b

23-feb-13 grabación: CC_20130223T101358; CC_20130223T103415 lugar: Cerros Colorados

Inicio	Fin	Duración	Agrupación	Avist.
10:13:58	10:40:16	13:01	olo (par cercanc	Av. 7 (S/F)

Frase	Hora	Núm de rep	unidades	proporción	porcentaje
B	10:13:58	10	m c w	0.08	7.87
C	10:14:59	8	m w	0.06	6.30
D	10:15:44	7	m b	0.06	5.51
E1	10:16:26	12	pt b	0.09	9.45
E	10:17:47	19	pt b s	0.15	14.96
F	10:19:57	11	pt pt s	0.09	8.66
E1	10:34:15	7	pt b	0.06	5.51
E2	10:35:06	8	pt b sb	0.06	6.30
F	10:36:02	5	pt pt s	0.04	3.94
I	10:36:29	9	w w s	0.07	7.09
G	10:37:15	1	gt	0.01	0.79
A	10:37:23	3	h w	0.02	2.36
G	10:37:37	1	gt	0.01	0.79
A	10:37:45	4	h w	0.03	3.15
B	10:38:07	22	m c w	0.17	17.32
número total de frases		127		1.00	100.00

23Feb2013(semana 2b): B(10c) C(8c) D(6c) E1(12c) E(7E1, 12E2) F(8c, 3i)///pausa///E1(7c) E2(6c, 2i) F(2c, 3i) I(5c, 4i) G(1c) A(3i) G(1c) A(4i) B(22c)

Primera repetición						Segunda repetición								
B	C	D	E1	E	F	E1	E2	F	I	G	A	G	A	B
10:13:58	10:14:59	10:15:44	10:16:26	10:17:47	10:19:57	10:34:15	10:35:06	10:36:02	10:36:29	10:37:15	10:37:23	10:37:37	10:37:45	10:38:07
m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt __ s	pt b	pt b sb	pt __ s	w w s	gt	h _	gt	h _	m c w
m c w	m w	m b	pt b	pt b __	pt pt s	pt b	pt b sb	pt pt s	w w s		h _		h _	m c w
m c w	m w	m b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt b	pt b sb	pt pt s	_ _ s		h _		h _	m c w
m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s	pt b	pt b __	__ __ s	w w s				h _	m c w
m c w	m w	m b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt b	pt b sb	__ __ s	w w s					m c w
m c w	m w	m b	pt b	pt b __	pt pt s	pt b	pt b sb		_ _ s					m c w
m c w	m w	m b	pt b	pt b __	pt pt s	pt b			w w s					m c w
m c w	m w		pt b	pt b __	pt pt s		pt b __		w _ s					m c w
m c w			pt b	pt b sb	__ __ s				_ _ s					m c w
m c w			pt b	pt b __	pt pt s									m c w
			pt b	pt b sb	__ __ s									m c w
			pt b	pt b sb										m c w
				pt b __										m c w
				pt b __										m c w
				pt b sb										m c w
				pt b sb										m c w
				pt b sb										m c w
				pt b sb										m c w
				pt b sb										m c w
														m c w
														m c w
														m c w

NOTA: Inserción de unidad sb en una frase D; frase I (wws) aparece...; intercalamiento entre frases A y G; en frase A se eliminó unidad wump; no hay distinción entre E1 y E2; inserción de sb en frase D

Secuencia 2c

17-feb-13 grabación: Other_20130217T095150			lugar: Bahía San José			17Feb2013(semana 2c):G(1c)A(4i) B(11i) C(5c) D(3c) E1 (2c) E2(5c, 3i) F(1c) A(1i) B(5c) C(5c)										
Inicio	**Fin**	**Duración**	**Agrupación**	**Avist.**		**Primera repetición**								**Segunda repetición**		
09:51:50	09:59:48	07:58	Mc			G	A	B	C	D	E1	E2	F	A	B	C
Frase	**Hora**	**Núm de rep**	**unidades**	**proporción**	**porcentaje**	09:55:18	09:55:24	09:55:44	09:56:47	09:57:14	09:57:32	09:57:45	09:58:40	09:58:46	09:58:51	09:59:20
G	09:55:18	1	gt	0.02	2.17	gt	h _	m c _	m w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s	h _	m c w	m w
A	09:55:24	4	h _	0.09	8.70		h _	m c w	m w	m b	pt b	pt b sb			m c w	m w
B	09:55:44	11	m c _	0.24	23.91		h _	m c _	m w	m b		pt b sb			m c w	m w
C	09:56:47	5	m w	0.11	10.87		h _	m c _	m w			pt b sb			m c w	m w
D	09:57:14	3	m b	0.07	6.52			m c _	m w			pt b			m c w	m w
E1	09:57:32	2	pt b	0.04	4.35			m c _				pt b sb				
E2	09:57:45	8	pt b sb	0.17	17.39			m c _				pt b sb				
F	09:58:40	1	pt pt s	0.02	2.17			m c _				pt _ __				
A	09:58:46	1	h _	0.02	2.17			m c _								
B	09:58:51	5	mcw	0.11	10.87			m c _								
C	09:59:20	5	m w	0.11	10.87			m c _								
número total de frases		46		1.00	100.00											

NOTA: mucho ruido de motor (09:52:50), hay 3 cantores al menos; ciclo muy corto y mucho ruido de motor

Secuencia 2d

19-feb-13 Other_20130219T101753; Other_20130219T104319						19Mar2013(semana 2d): E1(13c) E2(3c) F(3c, 3i) G(1c) A(4i) B(9c, 1i) K(13c, 1i) C(3c) D(3c) E1(23c) F(9c, 4i) G(1c) A(1c, 2i) B(17c)														
Inicio	**Fin**	**Duración**	**Agrupación**	**Avist.**		**Primera repetición**									**Segunda repetición**				
10:17:53	10:23:52	05:59	-	-		EI	E2	F	G	A	B	K	C	D	EI	F	G	A	B
Frase	**Hora**	**Núm de rep**	**unidades**	**proporción**	**porcentaje**	10:18:11	10:19:40	10:19:58	10:20:27	10:20:36	10:20:59	10:21:56	10:23:18	10:23:33	10:43:19	10:46:07	10:47:16	10:47:24	10:47:41
E1	10:18:11	13	pt b	0.11	11.40	pt b	pt b sb	__ pt s	gt	h _	m c w	m kr kt	m w	m b	pt b	pt pt s	gt	h _	m c w
E2	10:19:40	3	pt b sb	0.03	2.63	pt b	pt b sb	pt pt s		h _	m c w	m kr kt	m w	m b	pt b	pt pt s		h _	m c w
F	10:19:58	6	pt pt s	0.05	5.26	pt b	pt b sb	pt pt s		h _	m c w	m kr kt	m w	m b	pt b	pt pt s		h w	m c w
G	10:20:27	1	gt	0.01	0.88	pt b		__ pt s		h _	m c w	m kr kt			pt b	__ __ s			m c w
A	10:20:36	4	h _	0.04	3.51	pt b		__ pt s			m c w	m kr kt			pt b	pt pt s			m c w
B	10:20:59	10	m c w	0.09	8.77	pt b		pt pt s			m c w	m kr kt			pt b	pt pt s			m c w
K	10:21:56	14	m kr kt	0.12	12.28	pt b					m c w	m kr kt			pt b	__ __ s			m c w
C	10:23:18	3	m w	0.03	2.63	pt b					m c w	m kr kt			pt b	pt pt s			m c w
D	10:23:33	3	m b	0.03	2.63	pt b					m c w	m kr kt			pt b	pt pt s			m c w
E1	10:43:19	23	pt b	0.20	20.18	pt b					m c _	m kr kt			pt b	pt pt s			m c w
F	10:46:07	13	pt pt s	0.11	11.40	pt b						m kr kt			pt b	pt pt s			m c w
G	10:47:16	1	gt	0.01	0.88	pt b						m kr kt			pt b	pt pt s			m c w
A	10:47:24	3	h w	0.03	2.63	pt b						m kr kt			pt b	__ pt s			m c w
B	10:47:41	17	m c w	0.15	14.91							m kr __			pt b				m c w
número total de frases		114		1.00	100.00										pt b				m c w
															pt b				m c w
															pt b				m c w
															pt b sb				
															pt b				
															pt b				
															pt b				
															pt b				

NOTA: Tema nuevo con sonidos nuevos, Tema B con chirp raro

Secuencia 3a

24-feb-13	grabación: CC_20130224T134210		lugar: Cerros Colorados		
Inicio	**Fin**	**Duración**	**Agrupación**	**Avist.**	
13:42:33	14:04:32	21:59	solo	11 (s/f)	
Frase	**Hora**	**Núm de rep**	**unidades**	**proporción**	**porcentaje**
B	13:42:10	6	m c w	0.02	2.45
C	13:42:45	17	m w	0.07	6.94
D	13:44:21	9	m b	0.04	3.67
E	13:45:10	19	pt b sb	0.08	7.76
F	13:46:57	20	pt pt s	0.08	8.16
G1	13:48:33	4	pt	0.02	1.63
A	13:48:40	7	h w	0.03	2.86
B	13:49:16	31	m c w	0.13	12.65
C	13:52:11	4	m w	0.02	1.63
D	13:52:33	8	m b	0.03	3.27
E1	13:53:20	11	pt b	0.04	4.49
E2	13:54:32	9	pt b sb	0.04	3.67
F	13:55:57	21	pt pt s	0.09	8.57
G1	13:57:09	5	pt	0.02	2.04
A	13:57:17	6	h w	0.02	2.45
B	13:57:49	15	m c w	0.06	6.12
C	13:59:15	2	m w	0.01	0.82
D	13:59:27	4	m b	0.02	1.63
E1	13:59:51	6	pt b	0.02	2.45
E2	14:00:28	7	pt b sb	0.03	2.86
F	14:01:07	12	pt pt s	0.05	4.90
A	14:02:19	15	h w	0.06	6.12
B	14:03:33	4	m c w	0.02	1.63
C	14:03:56	3	m w	0.01	1.22
número total de frases		245		1.00	100.00

24Feb2013(semana 3a): B(6c) C(13c, 4i) D(9c) E(9c, 10 i) F(12c, 8i) G1(4c) A(5c, 2i) B(25c, 6i) C(4c)

Primera repetición							**Segunda repetición**	
B	C	D	E	F	G1	A	B	C
13:42:10	13:42:45	13:44:21	13:45:10	13:46:57	13:48:33	13:48:40	13:49:16	13:52:11
m c w	m _	m b	pt b __	pt __ s	pt	h _	m c w	m w
m c w	m w	m b	pt b __	pt pt s	pt	h _	m c w	m w
m c w	m w	m b	pt b sb	pt pt s	pt	h w	m c w	m w
m c w	m w	m b	pt b __	pt pt s	pt	h w	m c w	m w
m c w	m _	m b	pt b __	__ __ s		h w	m c w	
m c w	m w	m b	pt b sb	pt pt s		h w	m c w	
	m w	m b	pt b __	__ __ s		h w	m c _	
	m w	m b	pt b sb	pt pt s			_ c _	
	m w	m b	pt b __	pt pt s			m c w	
	m w		pt b sb	pt pt s			m c w	
	m _		pt b sb	pt __ s			m _ w	
	m w		pt b sb	pt pt s			m c w	
	m w		pt b __	pt __ s			m c w	
	m w		pt b __	pt pt s			m c _	
	m w		pt b sb	__ __ s			m _ _	
	m _		pt b sb	pt pt s			m c w	
	m w		pt b sb	pt pt s			m c w	
			pt b __	__ __ s			m c w	
			pt b __	pt __ s			m c w	
				pt pt s			m c w	
							m c w	
							m c w	
							m c w	
							m c w	
							m c w	
							m c w	
							m c w	
							m c _	
							m c w	
							m c w	

Secuencia 3a

D(8c)E1(11c) E2(7c, 2i) B(15c) C(2c) D(4c) E1(6c) E2(7c) F(7c, 5i) A(3c, 12i) B(4c) C(2c, 1i)

Segunda repetición						**Tercera repetición**							**Cuarta repetición**	
D	E1	E2	F	G1	A	B	C	D	E1	E2	F	A	B	C
13:52:33	13:53:20	13:54:32	13:55:57	13:57:09	13:57:17	13:57:49	13:59:15	13:59:27	13:59:51	14:00:28	14:01:07	14:02:19	14:03:33	14:03:56
m b	pt b	pt b sb	pt __ s	pt	h _	m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt __ s	h _	m c w	m w
m b	pt b	pt b __	pt pt s	pt	h _	m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s	h _	m c w	m _
m b	pt b	pt b sb	pt pt s	pt	h w	m c w		m b	pt b	pt b sb	pt pt s	h _	m c w	m w
m b	pt b	pt b sb	pt pt s	pt	h w	m c w		m b	pt b	pt b sb	pt pt s	h _	m c w	
m b	pt b	pt b sb	pt pt s	pt	h w	m c w			pt b	pt b sb	pt pt s	h _		
m b	pt b	pt b sb	pt pt s		h w	m c w			pt b	pt b sb	pt pt s	h _		
m b	pt b	pt b sb	pt pt s			m c w				pt b sb	pt pt s	h _		
m b	pt b	pt b sb	pt pt s			m c w					__ __ s	h _		
	pt b	pt b __	pt pt s			m c w					pt pt s	h _		
	pt b		pt __ s			m c w					__ __ s	h _		
	pt b		pt pt s			m c w					__ __ s	h _		
			pt __ s			m c w					__ __ s	h _		
			pt pt s			m c w						h w		
			pt pt s			m c w						h w		
			pt pt s			m c w						h w		
			pt pt s											
			pt __ s											
			pt __ s											
			pt pt s											
			__ __ s											
			__ __ s											

Nota: sustitución de frase G--> G1; omisión del tema I, tema E

Secuencia 4a

09-mar-13 grabación: BSJ_20130309T154428				lugar: Bahía San José		9Mar2013(semana 4a): B(6c) C(4c) D(2c, 3i) E1(17c) E2(1c) F(7c, 2i) H (1c, 2i) G(1c) A(1c, 3i) B(17c) C(4c) D(4c) E1(18c) E2(4c) E1(4c, 2i) F(2c, 2i)															
Inicio	**Fin**	**Duración**	**Agrupación**	**Avist.**		**Primera repetición**									**Segunda repetición**						
15:44:28	15:54:28	10:00	solos	Av. 9 (S/F)		B	C	D	E1	E2	F	H	G	A	B	C	D	E1	E2	E1	F
Frase	**Hora**	**Núm de rep**	**unidades**	**proporción**	**porcentaje**	13:42:10	15:44:28	15:44:50	15:45:18	15:46:59	15:47:05	15:47:55	15:48:10	15:48:19	15:48:41	15:50:21	15:50:44	15:51:09	15:53:09	15:53:36	15:54:09
B	13:42:10	6	m c w	0.06	5.61	m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s	gt	h _	m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt b	pt pt s
C	15:44:28	4	m w	0.04	3.74	m c w	m w	m b w	pt b		pt pt s	__ __ s		h _	m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	__ b	pt pt s
D	15:44:50	5	m b w	0.05	4.67	m c w	m w	m b w	pt b		pt pt s	__ __ s		h _	m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt b	pt __ s
E1	15:45:18	17	pt b	0.16	15.89	m c w	m w	m b	pt b		__ __ s			h w	m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt b	__ __ s
E2	15:46:59	1	pt b sb	0.01	0.93	m c w		m b	pt b		pt pt s				m c w			pt b		pt b	
F	15:47:05	9	pt pt s	0.08	8.41	m c w			pt b		pt pt s				m c w			pt b		__ b	
H	15:47:55	3	pt w s	0.03	2.80				pt b		pt pt s				m c w			pt b			
G	15:48:10	1	gt	0.01	0.93				pt b		__ __ s				m c w			pt b			
A	15:48:19	4	h w	0.04	3.74				pt b		pt pt s				m c w			pt b			
B	15:48:41	17	m c w	0.16	15.89				pt b						m c w			pt b			
C	15:50:21	4	m w	0.04	3.74				pt b						m c w			pt b			
D	15:50:44	4	m b	0.04	3.74				pt b						m c w			pt b			
E1	15:51:09	18	pt b	0.17	16.82				pt b						m c w			pt b			
E2	15:53:09	4	pt b sb	0.04	3.74				pt b						m c w			pt b			
E1	15:53:36	6	pt b	0.06	5.61				pt b						m c w			pt b			
F	15:54:09	4	pt pt s	0.04	3.74				pt b						m c w			pt b			
número total de frases		107		1.00	100.00				pt b						m c w			pt b			
																		pt b			

NOTA: En frase D, inserción de unidad wump en dos frases durante la primera repetición

Secuencia 4b

08-mar-13 grabación: PG_20130308T122046			lugar: Punta Gorda		
Inicio	**Fin**	**Duración**	**Agrupación**	**Avist.**	
12:10:46	12:20:46	10:00	Par	-	
Frase	**Hora**	**Núm de rep**	**unidades**	**Proporción**	**Porcentaje**
E2	12:20:46	2	pt b sb	0.02	2.35
H	12:21:07	1	pt w s	0.01	1.18
F	12:21:12	6	pt pt s	0.07	7.06
G	12:21:43	1	gt	0.01	1.18
A	12:21:52	3	h w	0.04	3.53
G	12:22:09	1	g t	0.01	1.18
A	12:22:17	2	h w	0.02	2.35
B	12:22:23	3	m c w	0.04	3.53
K1	12:22:47	2	m kr kt	0.02	2.35
D	12:22:54	5	m b	0.06	5.88
E1	12:23:29	4	pt b	0.05	4.71
H	12:23:58	6	pt w s	0.07	7.06
G	12:24:31	1	gt	0.01	1.18
A	12:24:37	3	h w	0.04	3.53
G	12:24:52	1	g t	0.01	1.18
A	12:24:59	4	h w	0.05	4.71
B	12:25:23	4	m c w	0.05	4.71
C	12:25:48	1	m w	0.01	1.18
D	12:25:55	3	m b	0.04	3.53
E1	12:26:15	1	pt b	0.01	1.18
F	12:26:25	19	pt pt s	0.22	22.35
G	12:27:57	1	gt	0.01	1.18
A	12:28:08	3	h w	0.04	3.53
B	12:28:25	3	m c w	0.04	3.53
D	12:28:45	4	m b	0.05	4.71
E2	12:29:15	1	pt b sb	0.01	1.18
número total de frases		85		1.00	100.00

8Mar2013(semana 4b): E2(2c) H(1c) F(3c, 3i) G(1c) A(3i) G(1c) A(1c,1i) B(2c, 1i) K1(2c) D(5c)

Primera repetición

E2	H	F	G	A	G	A	B	K1	D
12:20:46	12:21:07	12:21:12	12:21:43	12:21:52	12:22:09	12:22:17	12:22:23	12:22:47	12:22:54
pt b sb	pt w s	pt pt s	gt	h _	gt	h _	m c w	m kr kt	m b
pt b sb		__ __ s		h _		h w	m c _	m kr kt	m b
		pt pt s		h _			m c w		m b
		pt pt s							m b
		__ __ s							m b
		__ __ s							

Secuencia 4b

E1(4c) H(3c, 3i) G(1c) A(3i) G(1c) A(3c, 1i) B(4c) C(1c) D(3c) E1(1c) ///F(17c, 2i) G(1c) A(1c, 2i) B(3c) D(4c) E2(1c)

Segunda repetición

E1	H	G	A	G	A	B	C	D	E1
12:23:29	12:23:58	12:24:31	12:24:37	12:24:52	12:24:59	12:25:23	12:25:48	12:25:55	12:26:15
pt b	pt w s	gt	h _	gt	h _	m c w	m w	m b	pt b
pt b	pt w s		h _		h w	m c w		m b	
pt b	pt w s		h _		h w	m c w		m b	
pt b	__ _ s				h w	m c w			
	pt _ s								
	pt _ _								

Tercera repetición

F	G	A	B	D	E2
12:26:25	12:27:57	12:28:08	12:28:25	12:28:45	12:29:15
pt pt s	gt	h _	m c w	m b	pt b sb
pt pt s		h _	m c w	m b	
pt pt s		h w	m c w	m b	
pt pt s				m b	
pt pt s					
__ __ s					
pt pt s					
pt pt s					
pt pt s					
pt pt s					
pt pt s					
pt pt s					
pt pt s					
pt pt s					
pt __ s					
pt pt s					
pt pt s					
pt pt s					

NOTA: Frase A y B muy raras!!! Con vocalizaciones extrañas; 1 SP (mov. aberrante, W) muchísimo ruido de motor; mas de una canción

Secuencia 4c

06-mar-13 grabación: CC_20130306T115949			lugar: Cerros Colorados		
Inicio	**Fin**	**Duración**	**Agrupación**	**Avist.**	
11:59:49	12:06:48	00:06	par	Av. 24	
Frase	**Hora**	**Núm de rep**	**unidades**	**proporción**	**porcentaje**
F	11:59:54	8	pt pt s	0.12	12.12
G	12:00:45	1	gt	0.02	1.52
A	12:00:53	9	h	0.14	13.64
B	12:01:47	28	m c w	0.42	42.42
C	12:04:35	1	m w	0.02	1.52
D	12:04:41	8	m b	0.12	12.12
E1	12:05:34	6	pt b	0.09	9.09
E2	12:06:16	4	pt b sb	0.06	6.06
F	12:06:45	1	pt pt s	0.02	1.52
número total de frases		66		1.00	100.00

6Marzo2013 (semana 4c): F(6c, 2i) G(1c) A(9i) B(27c,1i) C(1c) D(8c) E1(6c) E2(4c)								
Primera repetición								**Segunda repetición**
F	G	A	B	C	D	E1	E2	F
11:59:54	12:00:45	12:00:53	12:01:47	12:04:35	12:04:41	12:05:34	12:06:16	12:06:45
pt pt s	gt	h _	m c _	m w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s
pt pt s		h _	m c w		m b	pt b	pt b sb	
__ __ s		h _	m c w		m b	pt b	pt b sb	
pt __ s		h _	m c w		m b	pt b	pt b sb	
pt pt s		h _	m c w		m b	pt b		
pt pt s		h _	m c w		m b	pt b		
pt pt s		h _	m c w		m b			
pt pt s		h _	m c w		m b			
		h _	m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					
			m c w					

NOTA: frases F y A complicadas

Secuencia 5a

16-mar-13 grabación: PG_20130316T121315			lugar: Punta Gorda		
Inicio	**Fin**	**Duración**	**Agrupación**	**Avist.**	
12:13:15	12:23:14	09:59	Solo	Av. 5 (foto)	
Frase	**Hora**	**Núm de rep**	**unidades**	**Proporción**	**Porcentaje**
H	12:13:15	11	pt w s	0.11	11.22
G	12:14:01	1	gt	0.01	1.02
A	12:14:10	3	h w	0.03	3.06
B	12:14:27	19	m c w	0.19	19.39
C	12:16:30	6	m w	0.06	6.12
D	12:17:07	9	m b	0.09	9.18
E2	12:18:07	3	pt b sb	0.03	3.06
E1	12:18:32	6	pt b	0.06	6.12
E2	12:19:06	5	pt b sb	0.05	5.10
F	12:19:46	8	pt pt s	0.08	8.16
H	12:20:35	5	pt w s	0.05	5.10
G	12:21:00	1	gt	0.01	1.02
A	12:21:09	3	h w	0.03	3.06
G	12:21:24	1	g t	0.01	1.02
A	12:21:33	3	h w	0.03	3.06
B	12:21:51	14	m c w	0.14	14.29
número total de frases		98		1.00	100.00

16Mar2013(semana 5a):H(6c,5i) G(1c) A(2c,2i) B(18c,1i) C(6c) D(9c) E2(3c) E1(6c) E2(5c) F(7c, 1i) H(3c,2i) G(1c) A(3i) G(1c) A(3i) B(19c)															
Primera repetición										**Segunda repetición**					
H	G	A	B	C	D	E2	E1	E2	F	H	G	A	G	A	B
12:13:15	12:14:01	12:14:10	12:14:27	12:16:30	12:17:07	12:18:07	12:18:32	12:19:06	12:19:46	12:20:35	12:21:00	12:21:09	12:21:24	12:21:33	12:21:51
pt w s	gt	h _	m c w	m w	m b	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s	gt	h _	gt	h _	m c w
___ _ s		h _	m c _	m w	m b	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s		h _		h _	m c w
pt w s		h w	m c w	m w	m b	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s		h _		h _	m c w
pt w s		h w	m c w	m w	m b		pt b	pt b sb	pt pt s	___ _ s					m c w
pt _ _			m c w	m w	m b		pt b	pt b sb	pt pt s	___ _ s					m c w
pt w s			m c w	m w	m b		pt b		pt pt s						m c w
pt _ _			m c w		m b				pt pt s						m c w
pt w s			m c w		m b				__ __ s						m c w
pt w s			m c w		m b										m c w
__ _ s			m c w												m c w
__ _ s			m c w												m c w
			m c w												m c w
			m c w												m c w
			m c w												m c w
			m c w												
			m c w												
			m c w												
			m c w												
			m c w												

NOTA: intercalado de frase G y A (2 series)

Secuencia 5b

12-mar-13 grabación: Other_20130312T142412 lugar: Bancos de la Gorda

12bMar2013(semana 5a): E1(5c)E2(4c,1i) F(7c, 1i) G(1) A(4i) B(5c, 2i) C (5c) D(6c)E2(1c) E1(12c)E2(1c)F(6c,2i) H(5c, 2i) G(1c) A(2c, 2i) B(9c) C(15 c)

Inicio	Fin	Duración	Agrupación	Avist.
14:24:12	14:34:12	00:10	Solo	Avist. 8

Frase	Hora	Núm de rep	unidades	proporción	porcentaje
E1	14:24:17	5	pt b	0.05	5.10
E2	14:24:52	5	pt b sb	0.05	5.10
F	14:25:24	8	pt pt s	0.08	8.16
G	14:26:10	1	gt	0.01	1.02
A	14:26:19	4	h w	0.04	4.08
B	14:26:45	7	m c w	0.07	7.14
C	14:27:26	5	m w	0.05	5.10
D	14:27:55	6	m b	0.06	6.12
E2	14:28:33	1	pt b sb	0.01	1.02
E1	14:28:40	12		0.12	12.24
E2	14:30:02	1		0.01	1.02
F	14:30:09	8		0.08	8.16
H	14:30:53	6		0.06	6.12
G	14:31:26	1		0.01	1.02
A	14:31:32	4		0.04	4.08
B	14:31:55	9		0.09	9.18
C	14:32:47	15		0.15	15.31
número total de frases		98		0.95	100.00

Primera repetición						
E1	E2	F	G	A	B	C
14:24:17	14:24:52	14:25:24	14:26:10	14:26:19	14:26:45	14:27:26
pt b	pt b sb	pt pt s	gt	h _	m c w	m w
pt b	pt b sb	pt pt s		h _	m c w	m w
pt b	pt b sb	pt pt s		h _	m c _	m w
pt b	pt b sb	pt pt s		h _	m c w	m w
pt b	pt b __	pt pt s			m c w	m w
		pt pt s			m _ _	
		pt pt s			m c w	
		__ __ s				

Segunda repetición									
D	E2	E1	E2	F	H	G	A	B	C
14:27:55	14:28:33	14:28:40	14:30:02	14:30:09	14:30:53	14:31:26	14:31:32	14:31:55	14:32:47
m b	pt b sb	pt b	pt b sb	__ pt s	pt w s	gt	h _	m c w	m w
m b		pt b		pt pt s	pt pt s		h _	m c w	m w
m b		pt b		pt pt s	pt w s		h w	m c w	m w
m b		pt b		pt pt s	pt w s			m c w	m w
m b		pt b		pt pt s	__ __ s			m c w	m w
m b		pt b		pt pt s	__ __ s			m c w	m w
		pt b		pt pt s				m c w	m w
		pt b		__ __ s				m c w	m w
		pt b						m c w	m w
		pt b							m w
		pt b							m w
		pt b							m w
									m w
									m w
									m w

NOTA: en frases H, segunda repetición hubo una sustitución de pt --> w; canciones simultáneas

Secuencia 5c

12-mar-13 grabación: PG_20130312T151728 lugar: Punta Palmilla

12Mar2013(semana 5c): E2(2c) E1(3c) F(8c, 3i) G(1c) A(1c, 3i) B(22c) C (3c) D(5c) E2(11c, 9i)

Inicio	Fin	Duración	Agrupación	Avist.
15:17:28	15:25:26	00:07	Solo	-

Frase	Hora	Núm de rep	unidades	proporción	porcentaje
E2	15:17:32	2	pt b sb	0.028169	2.82
E1	15:17:44	3	pt b	0.0422535	4.23
F	15:18:04	11	pt pt s	0.1549296	15.49
G	15:19:12	1	gt	0.0140845	1.41
A	15:19:20	4	h w	0.056338	5.63
B	15:19:42	22	m c w	0.3098592	30.99
C	15:21:55	3	m w	0.0422535	4.23
D	15:22:11	5	m b	0.0704225	7.04
E2	15:22:43	20	pt b sb	0.2816901	28.17
número total de frases		71		1.00	100.00

Primera repetición							
E2	E1	F	G	A	B	C	D
15:17:32	15:17:44	15:18:04	15:19:12	15:19:20	15:19:42	15:21:55	15:22:11
pt b sb	pt b	pt pt s	gt	h _	m c w	m w	m b
pt b sb	pt b	pt pt s		h _	m c w	m w	m b
	pt b	pt pt s		h _	m c w	m w	m b
		pt pt s		h w	m c w		m b
		pt pt s			m c w		m b
		pt pt s			m c w		
		pt pt s			m c w		
		__ __ s			m c w		
		pt pt s			m c w		
		__ __ s			m c w		
		__ __ s			m c w		
					m c w		
					m c w		
					m c w		
					m c w		
					m c w		
					m c w		
					m c w		
					m c w		
					m c w		
					m c w		

Segunda repetición
E1
15:22:43
pt b __
pt b sb
pt b __
pt b __
pt b __
pt b sb
pt b sb
pt b sb
pt b sb
pt b sb
pt b __
pt b sb
pt b sb
pt b sb
pt b __
pt b __
pt b sb
pt b __

NOTA: muchas ballenas cantando simultáneamente; Al parecer con las frases que se repiten poco es para estar en la misma frase simultánea que las otras ballenas

Secuencia 6a

19-mar-13 grabación: PP_20130319T160216 lugar: Pt Palmilla

19Mar2013(semana 6a): D(7c) E2(4c,1i) E1(23c) E2(7c) F(7c) H(5c,2i) G(1c) A(3c) B(6c) C(1c)D(7c) E2(4c,1i) F(7c) H(5c,2i)I(3c,3i) G(1c) A(1c)

Inicio	Fin	Duración	Agrupación	Avist.
16:02:16	16:12:16	10:00	2 solitarios	Av. 12

Frase	Hora	Núm de rep	unidades	Proporción	Porcentaje
D	16:02:16	7	m b	0.07	6.93
E2	16:02:56	5	pt b sb	0.05	4.95
E1	16:03:27	23	pt b	0.23	22.77
E2	16:06:24	7	pt b sb	0.07	6.93
F	16:06:47	7	pt pt s	0.07	6.93
H	16:07:29	7	pt w s	0.07	6.93
G	16:08:01	1	gt	0.01	0.99
A	16:08:10	3	h w	0.03	2.97
B	16:08:24	6	m c w	0.06	5.94
C	16:08:58	1	m w	0.01	0.99
D	16:09:02	7	m b	0.07	6.93
E2	16:09:44	5	pt b sb	0.05	4.95
F	16:10:14	7	pt pt s	0.07	6.93
H	16:11:06	7	pt w s	0.07	6.93
I	16:11:40	6	w w s	0.06	5.94
G	16:12:06	1	gt	0.01	0.99
A	16:12:15	1	h w	0.01	0.99
número total de frases		101		1.00	100.00

Primera repetición							Segunda repetición								
D	E2	E1	E2	F	H	G	A	B	C	D	E2	F	H	I	G	A
16:02:16	16:02:56	16:03:27	16:06:24	16:06:47	16:07:29	16:08:01	16:08:10	16:08:24	16:08:58	16:09:02	16:09:44	16:10:14	16:11:06	16:11:40	16:12:06	16:12:15
m b	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s	gt	h w	m c w	m w	m b	pt b sb	pt pt s	pt w s	w w s	gt	h w
m b	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s		h w	m c w		m b	pt b sb	pt pt s	__ _ s	w w s		
m b	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s		h w	m c w		m b	pt b sb	pt pt s	pt w s	__ _ s		
m b	pt b __	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s			m c w		m b	pt b sb	pt pt s	__ _ s	w w s		
m b	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	__ _ s			m c w		m b	pt b __	pt pt s	pt w s	__ _ s		
m b		pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s			m c w		m b		pt pt s	pt w s	__ _ s		
m b		pt b	pt b sb	pt pt s	__ _ s					m b		pt pt s	pt w s			
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														
		pt b														

NOTA: Dato curioso, mayoria son 7 frases por tema. Reaparición frase I

Secuencia 6b

19-mar-13 grabación: BSJ_20130319T100507 lugar: Bahía San José

19Mar2013(semana 6b): E1(11c) E2(5c, 1i) E1(8c) E2(5c) F(9c, 2i) H(1c, 1i) I(2c, 1i) G(1c) A(2c, 2i) B(10c) C(1c) D(6c) E1(13c) E2(4c) F(12c, 1i)

Inicio	Fin	Duración	Agrupación	Avist.
10:05:07	10:15:06	09:59	Solo	Av. 2 (foto)

Frase	Hora	Núm de rep	unidades	proporción	porcentaje
E1	10:05:07	11	pt b	0.11	11.22
E2	10:06:20	6	pt b sb	0.06	6.12
E1	10:07:00	8	pt b	0.08	8.16
E2	10:07:52	5	pt b sb	0.05	5.10
F	10:08:23	11	pt pt s	0.11	11.22
H	10:09:26	2	pt w s	0.02	2.04
I	10:09:35	3	w w s	0.03	3.06
G	10:09:49	1	gt	0.01	1.02
A	10:09:56	4	h w	0.04	4.08
B	10:10:20	10	m c w	0.10	10.20
C	10:11:17	1	m w	0.01	1.02
D	10:11:23	6	m b	0.06	6.12
E1	10:11:58	13	pt b	0.13	13.27
E2	10:13:24	4	pt b sb	0.04	4.08
F	10:13:51	13	pt pt s	0.13	13.27
número total de frases		98		1.00	100.00

Primera repetición				Segunda repetición										Tercera repetición
E1	E2	E1	E2	F	H	I	G	A	B	C	D	E1	E2	F
10:05:07	10:06:20	10:07:00	10:07:52	10:08:23	10:09:26	10:09:35	10:09:49	10:09:56	10:10:20	10:11:17	10:11:23	10:11:58	10:13:24	10:13:51
pt b	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s	w w s	gt	h _	m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s
pt b	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	__ _ s	w w s		h _	m c w		m b	pt b	pt b sb	pt pt s
pt b	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s		_ _ s		h w	m c w		m b	pt b	pt b sb	pt pt s
pt b	pt b __	pt b	pt b sb	pt pt s				h w	m c w		m b	pt b	pt b sb	pt pt s
pt b	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s					m c w		m b	pt b		pt pt s
pt b	pt b sb	pt b		pt pt s					m c w		m b	pt b		pt pt s
pt b		pt b		pt pt s					m c w			pt b		pt pt s
pt b		pt b		pt pt s					m c w			pt b		pt pt s
pt b				__ __ s					m c w			pt b		pt pt s
pt b				pt pt s					m c w			pt b		pt pt s
pt b				__ __ s								pt b		__ __ s
												pt b		pt w s
												pt b		pt pt s

NOTA: Sustitución de pt--> w en frase F durante la segunda repetición; ruido de embarcaciones

Secuencia 6c

18-mar-13 grabación: CC_20130318T161737			lugar: Cerros Colorados			18Mar2013(semana 6c):E1(3c,1i) E2(4c) F(7c,3i) G(1c) A(2i) G(1c) A(2c, 3i) B(9c,1i) C(9c) D(4c) E1(15c) E2(2c) F(9c,2i) G(1c) A(4i) B(12c) C(1c)														
Inicio	**Fin**	**Duración**	**Agrupación**	**Avist.**		**Primera repetición**										**Segunda repetición**						
16:17:37	16:27:36	00:09	Solo	Av. 8 (S/F)		E1	E2	F	G	A	G	A	B	C	D	E1	E2	F	G	A	B	C
Frase	**Hora**	**Núm de rep**	**unidades**	**proporción**	**porcentaje**	16:17:37	16:18:05	16:18:30	16:19:26	16:19:35	16:19:44	16:19:53	16:20:23	16:21:22	16:22:15	16:22:40	16:24:25	16:24:31	16:25:46	16:25:52	16:26:17	16:27:30
E1	16:17:37	4	pt b	0.04	4.17	pt b	pt b sb	pt pt s	gt	h _	gt	h _	m c _	m w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s	gt	h _	m c w	m w
E2	16:18:05	4	pt b sb	0.04	4.17	pt b	pt b sb	pt pt s		h _		h _	m c w	m w	m b	pt b	pt b sb	pt pt s		h _	m c w	
F	16:18:30	10	pt pt s	0.10	10.42	pt b	pt b sb	pt pt s				h _	m c w	m w	m b	pt b		pt pt s		h _	m c w	
G	16:19:26	1	gt	0.01	1.04	pt _	pt b sb	pt pt s				h w	m c w	m w	m b	pt b		pt pt s		h _	m c w	
A	16:19:35	2	h w	0.02	2.08			pt pt s				h w	m c w	m w		pt b		pt pt s			m c w	
G	16:19:44	1	gt	0.01	1.04			pt pt s					m c w	m w		pt b		pt pt s			m c w	
A	16:19:53	5	h w	0.05	5.21			pt pt s					m c w	m w		pt b		pt pt s			m c w	
B	16:20:23	10	m c w	0.10	10.42			__ __ s					m c w	m w		pt b		pt pt s			m c w	
C	16:21:22	9	m w	0.09	9.38			__ __ s					m c w	m w		pt b		pt pt s			m c w	
D	16:22:15	4	m b	0.04	4.17			__ __ s					m c w			pt b		__ __ s			m c w	
E1	16:22:40	15	pt b	0.16	15.63											pt b		pt __ s			m c w	
E2	16:24:25	2	pt b sb	0.02	2.08											pt b					m c w	
F	16:24:31	11	pt pt s	0.11	11.46											pt b						
G	16:25:46	1	gt	0.01	1.04											pt b						
A	16:25:52	4	h w	0.04	4.17											pt b						
B	16:26:17	12	m c w	0.13	12.50																	
C	16:27:30	1	m w	0.01	1.04																	
número total de frases		96		1.00	100.00																	

NOTA: hay porciones de las canciones donde se sincronizan, además de que están muy cercanas las ballenas entre ellas al parecer….

Secuencia 7a

25-mar-13 grabación: PP_20130325T131205			lugar: Pta. Palmilla			25mar2013(semana 7a): E2(15c, 2i) E1(19c) E2(6c) F(5c,2i) H(5c,5i) G(1c) A(3i) G(1) A(3C, 2i) B(15c, 4i) C(9c) D(3c)											
Inicio	**Fin**	**Duración**	**Agrupación**	**Avist.**		**Primera repetición**											
13:12:05	13:22:04	09:59	Solo	Av. 7		E2	E1	E2	F	H	G	A	G	A	B	C	D
Frase	**Hora**	**Núm de rep**	**unidades**	**proporción**	**porcentaje**	13:12:05	13:13:20	13:15:39	13:16:14	13:16:55	13:17:44	13:17:54	13:18:09	13:18:17	13:18:29	13:20:42	13:21:44
E2	13:12:05	11	pt b sb	0.12	11.58	pt b sb	pt b	pt b sb	pt __ s	pt w s	gt	h _	gt	h _	m c w	m w	m b
E1	13:13:20	19	pt b	0.20	20.00	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s		h _		h _	m c w	m w	m b
E2	13:15:39	6	pt b sb	0.06	6.32	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w _		h _		h w	m c w	m w	m b
F	13:16:14	7	pt pt s	0.07	7.37	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt _ s				h w	m c w	m w	
H	13:16:55	10	pt w s	0.11	10.53	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	__ _ s				h w	m c w	m w	
G	13:17:44	1	gt	0.01	1.05	pt b sb	pt b	pt b sb	pt pt s	pt w s					m c w	m w	
A	13:17:54	3	h w	0.03	3.16	pt b sb	pt b		__ __ s	pt w s					m c w	m w	
G	13:18:09	1	gt	0.01	1.05	pt b __	pt b			pt w s					m c w	m w	
A	13:18:17	5	h w	0.05	5.26	pt b sb	pt b			__ _ s					m c w	m w	
B	13:18:29	19	m c w	0.20	20.00	pt b __	pt b			__ _ s					m c w		
C	13:20:42	10	m w	0.11	10.53	pt b sb	pt b								m c w		
D	13:21:44	3	m b	0.03	3.16		pt b								m c w		
número total de frases		95		1.00	100.00		pt b								m c _		
							pt b								m _ _		
							pt b								m c w		
							pt b								m c w		
							pt b								m c w		
							pt b								m c _		
							pt b								m _ _		

Nota: intercalado de frases G y A; desaparece frase I

Secuencia 7c

30-mar-13 grabación: PG_20130330T102702			lugar: Punta Gorda		
Inicio	**Fin**	**Duración**	**Agrupación**	**Avist.**	
10:27:02	10:37:02	00:10	Trio cerca	Av. 6 (foto)	
Frase	**Hora**	**Núm de rep**	**unidades**	**proporción**	**porcentaje**
G	10:27:15	1	gt	0.01	1.12
A	10:27:22	3	h _	0.03	3.37
B	10:27:40	19	m c w	0.21	21.35
C	10:29:43	5	m w	0.06	5.62
D	10:30:14	4	m b	0.04	4.49
E1	10:30:39	13	pt b	0.15	14.61
J	10:32:09	8	pt b w	0.09	8.99
E1	10:33:03	11	pt b	0.12	12.36
E2	10:34:25	10	pt b sb	0.11	11.24
F	10:35:27	15	pt pt s	0.17	16.85
número total de frases		89		1.00	100.00

30Mar2013(semana 7c): G(1c) A(3i) B(19c) C(5c) D(4c) E1(13c) J(8c) E1(12c) E2(2c, 8i) F(12c, 3i)

Primera repetición

G	A	B	C	D	E1	J	E1	E2	F
10:27:15	10:27:22	10:27:40	10:29:43	10:30:14	10:30:39	10:32:09	10:33:03	10:34:25	10:35:27
gt	h _	m c w	m w	m b	pt b	pt b w	pt b	pt b sb	pt pt s
	h _	m c w	m w	m b	pt b	pt b w	pt b	pt b sb	__ pt s
	h _	m c w	m w	m b	pt b	pt b w	pt b	__ b sb	pt pt s
		m c w	m w	m b	pt b	pt b w	pt b	__ b __	__ pt s
		m c w	m w		pt b	pt b w	pt b	__ b __	pt pt s
		m c w			pt b	pt b w	pt b	__ b __	pt pt s
		m c w			pt b	pt b w	pt b	__ b sb	pt pt s
		m c w			pt b	pt b w	pt b	__ b __	pt pt s
		m c w			pt b		pt b	__ b sb	pt pt s
		m c w			pt b		pt b	pt b __	pt pt s
		m c w			pt b		pt b		pt pt s
		m c w			pt b		pt b		pt pt s
		m c w			pt b				pt pt s
		m c w							__ pt s
		m c w							pt pt s
		m c w							
		m c w							
		m c w							
		m c w							

NOTA: FRASE J, en tema A no se distingue wump, hay ECO…, en la frase E2 ruido de motor y cambio en la estructura de la canción, muy dificil distinguir frases en tema F…

Anexo 2

Desglose de matriz de Distancias Levenshtein DL (Tabla 8) calculada a partir de la comparación de un ciclo de secuencia de cada grabación de las canciones de la temporada invernal 2013. Cada letra asociada a cada valor representa el mínimo número de inserciones (i), sustituciones (s) y eliminaciones necesarios para la conversión de una secuencia en otra. Entre paréntesis se encuentran los temas modificados para que las secuencias sean iguales. Un valor bajo indica pocas diferencias.

Distancia Levenshtein								
		1a	1b	1c	2a	2b	2c	2d
		ABDE1E2FG	ABDE1E2F	AGABCDE2HFG	ABCDE1E2F	AGABCDE1E2FIG	ABCDE1E2FG	ABKCDE1E2FG
1a	ABDE1E2FG	**0**	1d (G)= 1	4i+1d (G+ A+C +E1 +H)= 5	1 i + 1 d (C + G) =2	5 i (G+ A + C + I)= 4	1i (C)= 1	2i (K+C)= 2
1b	ABDE1E2F		**0**	5i+ 1d (G+ A+ C+ E1+ H+ G)= 6	1i (C)= 1	5i (G+ A + C+ IG)= 5	2i (C+ G) = 2	3i (K+ C + G)= 3
1c	AGABCDE2HFG			**0**	4d+ 1i (G+ A+ E1+ H+ G)= 5	2i+ 1d (E1+ H+ I)= 3	1i+ 3d (G+ A + E1+ H)= 4	2i+ 3d (G+ A+ E1+ H)= 5
2a	ABCDE1E2F				**0**	4i (G+ A + IG) = 4	1i (G)= 1	2i (K+G)= 2
2b	AGABCDE1E2FIG					**0**	3d (G+ A+ I)= 3	1i+ 3d (G+ A+ K+ I)= 4
2c	ABCDE1E2FG						**0**	1i (K)= 1
2d	ABKCDE1E2FG							**0**

Distancia Levenshtein								
		3a	4a	4b	4c	5a	5b	5c
		ABCDE1E2EFG1	ABCDE1E2FHG	AGABK1DE1E2HFG	ABCDE1E2FG	ABCDE2E1E2FHG	ABCDE2E1E2FHG	ABCDE2E1FG
1a	ABDE1E2FG	1i + 1s (C + G1) = 2	2i (C + H) = 2	4 i (G+ A + K1 + H) = 4	1i (C)= 1	3i (C + E2 + H)= 3	3i (C + E2+ H)= 3	1i + 2s (C+E2 + E1)= 3
1b	ABDE1E2F	2i (C+ G1)= 2	3i (C+ H+ G)= 3	5i (G+ A+ K1+ H+ G)= 5	2 (C+ G)= 2	4i (C+ E2+ H+ G)= 4	4i (C+ E2+ H+ G) 4	2i + 2s (C+E2+ E1+ G)= 4
1c	AGABCDE2HFG	1i+ 3d+ 1s (G+ A+ E1+ H+ G1)= 5	1i+ 2d+ 2s (G+ A+ E1+ F+ H)= 5	1i+ 1s (K1+ E1)= 2	1i+ 3d (G+ A+ E1+ H)= 4	2i+ 2d+ 1s (G+ A+ E1+ E2+ H)= 5	2i+ 2d+ 1s (G+ A+ E1+ E2+ H)= 5	2d+ 1s (G+ A+ E1)= 3
2a	ABCDE1E2F	1i (G1) = 1	2i (H+ G) = 2	4i + 1s (G+ A + K1+ H+ G)= 5	1i (G)= 1	3i (E2 + H+ G)= 3	3i (E2+ H+ G)= 3	1i+ 2s (E2+ E1+ G)= 3
2b	AGABCDE1E2FIG	1i+ 3d (G+ A + I+ G1) = 4	2d + 1s (A+ B+ H) = 3	3s (K1+ H+ F) = 3	3d (GA+ I)= 3	1i + 1s+ 2d (G+ A+ E2+ H)= 4	2d+ 1i+ 1s (G+ A+ E2+ H)= 4	3d+ 2s (G+ A+ E2+ E1+ I)= 5
2c	ABCDE1E2FG	1s (G1)= 1	1i (H)= 1	3i + 1s (G+ A+ K1+ H)= 4	0	2i (E2+ H)= 2	2i (E2+ H)= 2	2s (E2+ E1)= 2
2d	ABKCDE1E2FG	1s+ 1d (K+ G1)= 2	1i+ 1d (K+ H)= 2	2i+ 2d+ 1s (G+ A+ K1+ C+ H)= 5	1d (K)= 1	2i+ 1d (K+ E2+ H)= 3	2i+ 1d (K+ E2+ H)= 3	1d+ 2s (K+ E2+ E1)= 3
3a	ABCDE1E2FG1	**0**	1d+ 1s (H+ G1)= 2	3i + 2s (G+ A + K1 + H+ G1) = 5	1i (G)= 1	2i + 1s (E2+ H+ G)= 3	2i+ 1s (E2+ H+ G)= 3	3s (E2+ E1+ G)= 3
4a	ABCDE1E2FHG		**0**	2 i + 3s= (G+ A+ K1+ H+ F) = 5	1d (H)= 1	1i (E2)= 1	1i (E2)= 1	2s+ 1d (E2+ E1+ H)= 3
4b	AGABK1DE1E2HFG			**0**	3d+ 1s (G+ A+ C+ H)= 4	1i+ 3s+ 2d (G+ A+ C+ E2+ F+ H)= 6	1i+ 3s+ 2d (G+ A+ C+ E2+ F+ H)= 6	3d+ 2s (G+ A+ C+ E1+ E1)= 5
4c	ABCDE1E2FG				**0**	2i (E2+ H)= 2	2i (E2+ H)= 2	2s (E2+ E1)= 2
5a	ABCDE2E1E2FHG					**0**	0	2d (E2+ H)= 2
5b	ABCDE2E1E2FHG						**0**	2d (E2+ H)= 2
5c	ABCDE2E1FG							**0**

Distancia Levenshtein							
		6a	6b	6c	7a	7b	7c
		ABCDE2FHIG	ABCDE1E2FHIG	AGABCDE1E2FG	AGABCDE2E1E2FHG	ABCDE1HFG	ABCDE1JE1E2FG
1a	ABDE1E2FG	3i + 1d (C+ E1+ HI)= 4	3i (GA + C)= 3	3i (GA + C)= 3	5i (GA+ C + E2 +H)= 5	2i + 1d (C+ E2+ H)= 3	3i (C+ J+ E1)= 3
1b	ABDE1E2F	4i+1d (C+ E1+ HIG)= 5	4i (C+ HIG)= 4	4i (GA+ C+ G)= 4	6i (GA+ C+ E2+ HG)= 6	2i+ 1d (C+ E2+ G)= 3	4i (C+ JE1+ G)= 4
1c	AGABCDE2HFG	1i+ 2d+ 1s (GA+ F+ I)= 4	2i+ 2d+ 1s (GA+ E1+ F+ I)= 5	1i+ 1d (E1+ H)= 2	2i+ 2s (E1E2+ FH)= 4	2d+ 1s (G+ A+ E1)= 3	3d+ 3i (GA+ E1JE1+ F)= 6
2a	ABCDE1E2F	3i + 1d (E1+ HIG)= 4	3i (HIG)= 3	3i (GA + G)= 3	5i (GA+ E2 +HG)= 5	1i+ 1s (H+ G)= 2	3i (J+ E1+ G)= 3
2b	AGABCDE1E2FIG	3d+ 1i (GA+ E1+ H)= 4	1i+ 2d (GA+ H)= 3	1d (I)= 1	1i+ 1s (E2+ H)= 2	2i+ 1s+ 1d (G+ A+ H+ I)= 4	3i+ 2d (G+ A+ J+ E1+ I)= 5
2c	ABCDE1E2FG	2i+ 1d (E1+ FG)= 3	2i (H+ I)= 2	2i (GA)= 2	4i (GA+ E2+ H)= 4	1s (H)= 1	2i (JE1)= 2
2d	ABKCDE1E2FG	2i+ 2d (K+ E1+ HI)= 4	2i+ 1d (K+ HI)= 3	2i+ 1d (GA+ K)=3	4i+ 1e (GA+ K+ E2+ H)= 5	1d+ 1s (K+ H)= 2	2i+ 1d (K+ JE1)= 3
3a	ABCDE1E2FG1	2i+ 1s+ 1d (E1+ H+ I+ G)= 4	2i+ 1s (H+ I+ G)= 3	2i+ 1s (G+A+ G)= 3	4i+ 1s (G+ A+ E2+ H+ G1)= 5	2s (H+ G)= 2	2i+ 1s (J+ E1+ G1)= 3
4a	ABCDE1E2FHG	1i+ 1d (E1+ I)= 2	1i (I)= 1	2i+ 1d (G+ A+ H)=3	3i (G+ A+ E2)= 3	1s+ 1d (E2+ H)= 2	2i+ 1d (J+ E1+ H)= 3
4b	AGABK1DE1E2HFG	3d+ 2s+ 1i (G+ A+ C+ E1+ F+ I)= 6	1i+ 2s+ 2d (G+ A+ C+ F+ I)= 5	1s+ 1d (C+ H)= 2	3s+ 1i (C+ E2+ F+ H)=4	3d+ 1s (G+ A+ C+ E2)= 4	3d+ 3i(G+ A+ C+ J+ E1+ H)= 6
4c	ABCDE1E2FG	2i+ 1d (E1+ H+ I)= 3	2i (HI)= 2	2i (GA)= 2	4i (GA+ E2+ H)= 4	1s (H)= 1	2i (J+ E1)= 2
5a	ABCDE2E1E2FHG	1i+ 2d (E1+ E2+ I)= 3	1i+ 1d (E2+ I)= 2	2i+ 2d (G+ A+ E2+ H)= 4	2i (G+ A)= 2	2d+ 2s (E2+ E2+ H+ F)= 4	1i+ 1d+ 1s (E1+ J+ H)= 3
5b	ABCDE2E1E2FHG	2d+ 1i(E1+ E2+ I)= 3	1i+ 1d (E2+ I)= 2	2i+ 2d (G+ A+ E2+ H)= 4	2i (G+ A)= 2	2s+ 2d (E2 + E2 + H+ F)= 4	1s+ 1i+ 1d (E1+ J+ H)= 3
5c	ABCDE2E1FG	2i+ 1d (E1+ H+ I)= 3	2i+ 2s (E1+ E2+ H+ I)= 4	2i+ 2s (G+ A+ E1+ E2)= 4	4i (GA+ E2+ H)= 4	2s (E1+ H)= 2	1s+ 2i (E1+ J+ E2)= 3
6a	ABCDE2E2FHIG	0	1d (E1)= 1	3i+ 2d (G+ A+ E1+ H+ I)= 5	4i+ 1e (G+ A+ E1+ E2+ I)= 5	2s+ 1d (E1+ F+ I)= 3	3d+ 1s+ 1i (A+ B+ E1+ J+ H)= 5
6b	ABCDE1E2FHIG		0	2i+ 2d (G+ A+ H+ I)= 4	3i+ 1e (G+A+ E2+I)= 4	2d+ 1s (E2+ F+ I)= 3	2i+ 2d (J+ E1+ H+ I)= 4
6c	AGABCDE1E2FG			0	2i (E2+ H)= 2	2d+ 1s (G+ A+ H)= 3	2d+ 2i (G+ A+ J+ E1)= 4
7a	AGABCDE2E1E2FHG				0	4d+ 2s (G+ A+ E2+ E2+ H+ F)= 6	3i+ 1s+ 1e (G+ A+ E2+ J+ H)= 5
7b	ABCDE1HFG					0	2d+ 1s (J+ E1+ H)= 3
7c	ABCDE1JE1E2FG						0