

00344

15

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Facultad de Ciencias

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

División de Posgrado

Biología de Sistemas y Recursos Acuáticos

Tesis de Maestría

**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.**

BIÓL. MARIO A. SALINAS ZACARÍAS

Agosto, 2009

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

## DEDICATORIA

### **A mis Padres José Trinidad y Yolanda**

Por su amor y apoyo incondicional, por su confianza les dedico este trabajo como una muestra de que su esfuerzo a tenido fruto

### **A Hermanos Luz, Alejandro, Julio y Ricardo**

Espero que este pequeño logro en mi vida lo sientan también suyo, ya que su amor, afecto y unidad colaboró de forma sustancia para que se concretara. Es un peldaño más en la escalera en la que juntos ascenderemos en la vida.

### **A Diana**

Por haberme robado el corazón desde el primer momento de tu vida por ser la alegría de mi vida y por ser esa niña tan tierna y cariñosa

### **A Paloma**

Caminamos juntos por mucho tiempo, fueron muchas las vivencias, las experiencias, los gratos momentos. Aprendimos juntos sobre la vida, sobre el mar y las ballenas. El destino nos ha trazado distintos rumbos y debemos de seguirlos, este trabajo más que dedicártelo te pertenece pues fuiste parte importante en él y es un logro mas para ti.

### **A Anelio, mi gran maestro**

Este trabajo es uno más de los frutos que ahora se pueden cosechar a partir de esa pequeña semilla de la curiosidad por los mamíferos marinos que Usted sembró en mi. Los años de trabajo y paciencia invertidos no han sido en vano, y su herencia seguirá permeando en mi y en muchos más de la escuela que dejó en México.

### **A María José Renaud†,**

A la tierna y amable mujer que vio en todos los estudiantes de Anelio a unos hijos adoptivos de quien preocuparse, que siempre nos dio una sonrisa amable y un trato cordial y cariñoso, quien siempre tuvo "tecito y panqueque, para los muchachos".

### **A la memoria de Ismael Casillas†**

Al gran ballenero con el que aprendimos tanto toda una generación de nosotros, el pescador, el hombre, el amigo, que amó al mar y a las ballenas como pocos que he conocido. Sé que dondequiera que esté seguirá observándonos y resguardándonos durante nuestras incursiones al mar

### **A los pescadores de Punta Mita**

A los hombres de mar que han compartido con nosotros su conocimiento, con quien hemos convivido grandes momentos y que han hecho posible mucho del trabajo que realizamos.

### **A todos aquellos**

Que aún conservan la capacidad de embelesarse con un atardecer, que no han perdido la capacidad de asombro de lo que día a día nos presenta la naturaleza, a quienes conservan la curiosidad innata por los extraordinarios procesos de la vida, a todos ellos les dedico este trabajo.

## AGRADECIMIENTOS

Antes que nada quiero agradecer a la vida por haberme dado una gran familia. Tengo la fortuna de haber nacido en una familia en la que el amor, la comprensión y el apoyo mutuo son reglas de oro y yo tal vez mas que ninguno de sus miembros he sentido y recibido todo eso de cada uno de los integrantes de mi familia. Gracias a mi Padre José Trinidad por todas sus enseñanzas, por su tenacidad y perseverancia, su cariño y apoyo, a mi Madre Yolanda, por haberme dado la vida y haberme enseñado sobre el amor y la ternura, la comprensión y la paciencia, así como la valiosa lección de que "nunca es tarde para aprender y alcanzar las metas que uno se fija en la vida", por eso mil gracias. Agradezco a mis Hermanos Lucero, Alejandro, Julio y Ricardo que me han dado tantos momentos de felicidad desde niños y que ahora ya todos uno adultos seguimos compartiendo momentos dulces y amargos pero con esa gran unidad familiar. A María Eugenia, mi cuñada, le agradezco compartir con mi hermano Alejandro y con nosotros su vida y sobre todo por haber traído al mundo a mi sobrina Diana, esa personita que es el tesoro mas preciado de esta familia y a ti Diana, gracias por representar la alegría de la vida.

Este proyecto de tesis surge a partir del proyecto de investigación (0037N9106) apoyado por CONACyT y titulado "Estudio Comparativo de Dos Areas de Reproducción del Rorcual Jorobado, *Megaptera novaeangliae*, en el Pacífico Mexicano". Dicho proyecto fue coordinado por el Dr. Anelio Aguayo Lobo, a quien agradezco haberme incluido e impulsado para realizar la presente tesis. El trabajo de campo de este proyecto se inició en 1990 y se continuó hasta 1992, y participaron un gran número de personas en diferentes áreas académicas y administrativas.

El estudio de los Mamíferos Marinos requiere de un gran esfuerzo e inversión, no solo de recursos económicos, sino de algo mucho más importante y valioso, los recursos humanos. Muchas personas han participado en el trabajo de campo y de gabinete del proyecto de ballenas jorobadas que se desarrolla en el Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Facultad de Ciencias de la UNAM (LMMFC).

En primer lugar quiero agradecer al Dr. Anelio Aguayo Lobo, quien por muchos años fue el Jefe del Laboratorio de Mamíferos Marinos y el motor en el desarrollo de muchos de los estudiantes que nos formamos ahí, sus consejos, apoyo e incluso regaños han sido motivación para muchos, aunque para otros motivo de molestia.

Durante la temporada de 1990 un gran esfuerzo interinstitucional e internacional fue realizado para cubrir lo mejor posible las regiones de Bahía de Banderas, Nay-Jal. y la Isla Socorro, en el Archipiélago de Revillagigedo, Col. Por ello quiero agradecer la participación y gran apoyo de la Biol. Paloma Ladrón de Guevara, quien además de apoyarme incondicionalmente en el trabajo de grabación, no obstante las largas horas de mareo, vivió conmigo grandes experiencias y me dio su cariño, comprensión y amor por muchos años. Gracias Paloma. A mi Maestro, Asesor, Sinodal y sobre todo Amigo Jorge Urbán R, quien junto con los colegas Armando Jaramillo de la UABCS y Ken Balcomb, Diane Calridge, Ton Norris y los voluntarios de EATHWATCHERS colaboraron en la temporada de 1990 en la Bahía de Banderas, considerada por muchos como la mejor temporada del proyecto ballena jorobada. A todos ellos gracias por los gratos momentos en Mar y en Tierra.

A los colegas Cesar Fernández, Sergio González Santoyo y Blanca Sánchez, con quienes compartí largas horas de trabajo en el campo en los alrededores de la Isla Socorro durante la temporada de 1990 y con quienes viví experiencias inolvidables, mil gracias.

Durante esta temporada en Socorro también tuve la oportunidad de convivir con el fotógrafo François Gohier y su esposa Carofine, con ellos aprendí muchas cosas sobre el trabajo de fotografía de fauna silvestre y del amor al trabajo que desarrollan así como del apoyo mutuo en pareja, muchas gracias a los dos por su amistad y compañía.

El análisis de las grabaciones de canciones de ballenas jorobadas requirió de equipo computarizado y programas (software) que no existían en México, por lo que hubo que hacer una estancia de investigación en el Moss Landing Marine Lab. En primer lugar debo de Agradecer al M. en C. Jeff K. Jacobsen por sus gestiones y apoyo para que pudiera ir a Moss Landing a realizar el análisis de las grabaciones. Al Dr. James Harvey por su apoyo al ofrecermelas instalaciones de su laboratorio durante mi estancia. Al M. en C. Salvatore Cerchio quien además de su amistad y hospitalidad me dio todos los conocimientos necesarios para aprender a hacer el análisis de las grabaciones. A mi amigo Tom Orr con quien compartí momentos muy agradables en Moss Landing

y en la Bahía de Monterey, Cal. Al CONACyT que aportó los recursos económicos para poder viajar a California, USA.

Un especial agradecimiento a mis Asesores de la Maestría el Dr. Anelio Aguayo L., Jorge Urbán y Jeff Jacobsen por sus constantes comentarios y consejos durante el desarrollo de mis estudios de Maestría y por sus valiosos y atinados comentarios en el desarrollo de ésta tesis. En particular agradezco a Jeff que su perseverancia logró que en la fase final de la redacción de este documento no desfalleciera e hizo que valorara mi trabajo. A los Doctores Elva Escobar, María Luisa Fanjul, Gerardo Ceballos, Rodrigo Medellín, Juan Pablo Gallo, quienes aportaron elementos importantes para que esta tesis mejorara sustancialmente. A mi amigo el Dr. Everardo Barba Macías quien se tomó la molestia de leer este trabajo cuando era aún una maraña de ideas y aportó comentarios muy buenos, gracias por tu amistad.

Este proyecto se desarrolló en un momento crítico de la historia del LMMFC, las actividades de investigación del Dr. Aguayo motivó que hubiera una interacción intensa del personal del laboratorio con el personal del área Académico-Administrativa para resolver los problemas que se generaban. En ese proceso la ayuda incondicional de la entonces Secretaria Académica de la facultad Dra. Matilde Moreno y de la Jefa de la Sección de Administración y presupuesto hicieron que el proyecto se pudiera desarrollar el primer año con los menores retrasos y problemas posibles. Esta interacción generó una amistad muy buena con estas dos personas que a postre rendiría muy buenos frutos, a ellas y a todo el aparato administrativo de la facultad les estoy muy agradecido.

También agradezco al M. en C. Jorge Urbán, al Biol. Alejandro Gómez y a todos los colegas del Programa de Investigación de Mamíferos Marinos de la UABCS, por el apoyo otorgado para poder imprimir este documento. A mi amigo Antonio Ocampo le doy las gracias por su ayuda para imprimir la tesis, su hospitalidad al ofrecerme su casa aquí en La Paz y los gratos momentos que hemos pasado juntos, pero sobretodo por su amistad.

Mi ubicación en la Ciudad de La Paz, B.C.S. durante la parte final de los trámites para hacer el examen de grado, motivó que varias personas me ayudaran a darles continuidad. En primer lugar agradezco enormemente la ayuda de mi amigo, colega y socio Daniel Castillo por el gran esfuerzo para ayudarme en los trámites, ese constante ir y venir para localizar a los sinodales que incluso le costaron varias mojas en la fría Ciudad de México son muestra de una gran amistad la cual aquilato en lo que vale y espero no defraudar. De la misma forma estaré eternamente agradecido con mi gran amiga la Dra. Cecilia Vanegas quien fue un invaluable vínculo entre el posgrado de la Facultad de Ciencias, UNAM y el posgrado de Ciencias del Mar y Limnología y una gran ayuda y aliciente para mí. También debo agradecer al la Srita. Norma Suazo y al Dr. Martín Merino ambos del Departamento de Posgrado de Ciencias del Mar por sus gestiones.

Por último y no con ello quiero que parezca menos importante, sino que como todo humano podemos cometer errores de omisión, esta tesis se ha llevado tanto tiempo que es posible que me esté olvidando de algún colega que habiendo participado de alguna forma en este trabajo no haya mencionado, a todos ellos que de momento se me escapan de la mente les doy también las gracias y les digo que este trabajo es también producto de su esfuerzo.

## INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAG
<b>DEDICATORIA</b>	<i>i</i>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<i>ii</i>
<b>INDICE GENERAL</b>	1
<b>INDICE DE CUADROS</b>	2
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	3
<b>RESUMEN</b>	6
<b>SUMMARY</b>	7
<b>INTRODUCCIÓN</b>	8
<b>OBJETIVO</b>	11
<b>HIPÓTESIS</b>	11
<b>AREA DE ESTUDIO</b>	12
Bahía de Banderas	12
Isla Socorro	13
<b>MÉTODO</b>	16
Análisis Cualitativo	18
Análisis Cuantitativo	18
<b>RESULTADOS</b>	20
Grabaciones	20
La Canción en 1990	21
Secuencia de las Canciones	25
Descripción de los Temas	26
Tema 1	26
Características de los subtemas 1a y 1b	27
Tema 2a	28
Tema 2b	28
Tema 3a	28
Tema 3b	29
Tema de Respiración	29
Tema de Respiración-Transición	30
Comparación Acústica de las dos áreas de Reproducción	30
Tema 1	32
Tema 2a	33
Tema 2b	33
Tema 3a	33
Tema 3b	34
Tema Respiración	34
Tema Respiración Transición	35
<b>DISCUSIÓN</b>	35
Grabaciones	35
La canción de 1990	36
Comparación acústica de las dos áreas de reproducción	37
<b>RECOMENDACIONES PARA CONTINUAR LA INVESTIGACIÓN</b>	40
<b>CONCLUSIONES</b>	40
<b>REFERENCIAS</b>	41
<b>ANEXO DE GRÁFICAS</b>	45

## INDICE DE CUADROS

CUADRO	TITULO	PAG
Cuadro 1	VARIABLES EMPLEADAS EN EL ANÁLISIS CUANTITATIVO PARA CADA TEMA.	15
Cuadro 2	Grabaciones de sonidos de ballenas jorobadas utilizadas en el análisis	17
Cuadro 3	Valores promedio de las variables medidas en los cuatro subtemas del Tema 1, registrado en BB y SOC, durante 1990	26
Cuadro 4	Valores obtenidos en el Análisis de Varianza aplicado a las subfrases 1, 1s, 1v y 1t del Tema 1.	26
Cuadro 5	Valores promedio de las variables medidas en los subtemas 1a y 1b del Tema 1 en BB y SOC, durante 1990	27
Cuadro 6	Valores críticos del Análisis de Varianza aplicado a las subfrases 1a y 1b del Tema 1.	27
Cuadro 7	Valores promedios de las variables medidas en el Tema 2a en la BB y SOC, durante 1990. (Rao R (9,593)=17.60, p<0.000).	28
Cuadro 8	Valores promedio de las variables medidas en el Tema 2b en la BB y SOC, durante 1990.	28
Cuadro 9	Valores promedio de las variables medidas en el Tema 3a en la BB y SOC, durante 1990. (Rao R (2,461)=4.29; p<.014).	29
Cuadro 10	Valores promedio de las variables medidas en el Tema 3b en la BB y SOC, durante 1990. (Rao R (8,209)=18.17; p<0.001).	29
Cuadro 11	Valores promedio de las variables medidas en el Tema R en la BB y SOC, durante 1990. (Rao R (2,40)=1.82; p<0.17).	29
Cuadro 12	Valores promedio de las variables medidas en el Tema RT en la BB y SOC, durante 1990. (Rao R (2.60)=1.52; p<0.22)	30
Cuadro 13	Efectos principales de las MANOVAS realizadas para cada tema entre las dos zonas y valores de p.	31
Cuadro 14	Variables comparadas para cada tema entre las dos zonas (X) y variables con diferencias significativas en cada tema (*).	31
Cuadro 15	Resultados del Análisis de Varianza en las variables medidas en los subtemas del Tema 1 y valores de p al comparar las dos zonas.	32
Cuadro 16	Resultados del Análisis de Varianza en las variables medidas en el Tema 2a y valores de p al comparar las dos zonas.	33
Cuadro 17	Resultados del Análisis de Varianza en las variables medidas en el Tema 3a y valores de p al comparar las dos zonas.	34
Cuadro 18	Resultados del Análisis de Varianza en las variables medidas en el Tema 3b y valores de p al comparar las dos zonas.	34
Cuadro 19	Resultados del Análisis de Varianza en las variables medidas en el Tema R y valores de p al comparar las dos zonas.	35
Cuadro 20	Resultados del Análisis de Varianza en las variables medidas en el Tema RT y valores de p al comparar las dos zonas.	35

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	TITULO	PAG.
Figura 1	Ubicación de las dos áreas de estudio en el Pacífico oriental tropical donde se obtuvieron las grabaciones. a) Bahía de Banderas, Nayarit- Jalisco, BB. Isobatas en metros; b) Isla Socorro, Colima, SOC. ( Isobatas en pies). Tomado y modificado de Cerchio, 1993 y Ladrón de Guevara, 1995)	15
Figura 2	Sonogramas que representa la estructura de las canciones de las ballenas jorobadas, en el que se ilustra la organización jerárquica. (Tomado y modificado de Cerchio, 1993)	17
Figura 3	Sonogramas que ejemplifican las variaciones encontradas en las frases del Tema 1 en las grabaciones realizadas en la BB y SOC durante la temporada reproductiva 1990. a) Subtema 1, b) subtema 1s; c) subtema 1v; y 4) subtema 1t	22
Figura 4	Sonogramas que ilustran las formas del Tema 2 encontrado en las canciones grabadas durante 1990 en BB Y SOC. a) formas del Tema 2A; y b) formas del Tema 2B.	22-23
Figura 5	Sonogramas de los Temas 3A y 3B identificados en las grabaciones de cantos de las ballenas jorobadas en BB y SOC durante el invierno de 1990, a) Tema 3A; y b) 2 formas del Tema 3B, izquierda con unidades continuas y derecha con unidades discretas de la subfrase 1.	23-24
Figura 6	Tema de Respiración registrado en BB y SOC en el invierno de 1990.	24
Figura 7	Ocurrencia (en valores porcentuales) de los distintos temas y subtemas identificados en las canciones completas de Ballenas jorobada, grabadas durante la temporada invernal de 1990 en la Bahía de Banderas (No. de frases= 1644) e Isla Socorro (No. de frases= 1563).	25
Figura 8	Gráficas que muestran la comparación efectuada en las distintas variables de las subfrases 1, 1s, 1v y 1t del tema 1 en la BB y SOC, durante 1990 (los valores promedio de cada gráfica y los valores críticos.	44-45
Figura 9	Gráficas de la Duración promedio de las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.	46
Figura 10	Gráfica de la Frecuencia máxima promedio de las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.	46
Figura 11	Gráfica de la duración promedio de la Unidad 1 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.	46
Figura 12	Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 1 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.	47
Figura 13	Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 1 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.	47
Figura 14	Gráfica de la duración promedio de la Unidad 2 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.	47
Figura 15	Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 2 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.	48
Figura 16	Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 2 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.	48
Figura 17	Gráfica del número de unidades en promedio en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.	48
Figura 18	Gráfica de la duración promedio de las frases del Tema 1 al comparar BB y SOC, durante 1990.	49
Figura 19	Gráfica de la Frecuencia máxima promedio de las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.	49



**INDICE DE FIGURAS (continuación)**

FIGURA	TITULO	PAG.
Figura 20	Gráfica de la duración promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.	49
Figura 21	Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.	50
Figura 22	Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.	50
Figura 23	Gráfica de la duración promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.	50
Figura 24	Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990	51
Figura 25	Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.	51
Figura 26	Gráfica del número de unidades en promedio en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.	51
Figura 27	Gráfica de la duración promedio de las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.	52
Figura 28	Gráfica de la Frecuencia máxima promedio de las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.	52
Figura 29	Gráfica de la duración promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.	52
Figura 30	Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990	53
Figura 31	Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.	53
Figura 32	Gráfica de la duración promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.	53
Figura 33	Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.	54
Figura 34	Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.	54
Figura 35	Gráfica del número de unidades en promedio en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.	54
Figura 36	Gráfica del número de unidades bajas en promedio en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.	55
Figura 37	Gráfica de la duración promedio de las frases del Tema 3a al comparar la BB y SOC, durante 1990.	55
Figura 38	Gráfica del número de unidades en promedio en las frases del Tema 3a al comparar la BB y SOC, durante 1990.	55
Figura 39	Gráfica de la duración promedio de las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.	56
Figura 40	Gráfica de la Frecuencia máxima promedio de las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.	56
Figura 41	Gráfica de la duración promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.	56
Figura 42	Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.	57

**INDICE DE FIGURAS (continuación)**

FIGURA	TITULO	PAG.
Figura 43	Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.	57
Figura 44	Gráfica de la duración promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.	57
Figura 45	Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990	58
Figura 46	Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.	58
Figura 47	Gráfica de la duración promedio de las frases (a) y del número de unidades (b) del Tema R al comparar la BB y SOC, durante 1990	59
Figura 48	Gráfica de la duración promedio (a) y del número de unidades (b) de las frases del Tema RT al comparar la BB y SOC, durante 1990	59

## RESUMEN

Se llevó al cabo la comparación de las canciones de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) grabadas en las aguas de la Bahía de Banderas, Nay-Jal e Isla Socorro, Col., durante el invierno de 1990. El objetivo de este estudio fue el determinar la utilidad de las canciones (sonidos) emitidas por los machos de esta especie de ballena en la diferenciación de las dos agregaciones reproductivas de las aguas del Pacífico mexicano. Se seleccionaron nueve de 31 grabaciones de la Bahía de Banderas y ocho de 19 de la Isla Socorro. Las mediciones se efectuaron en el Moss Landing Marine Lab, con el empleo del programa RTS. Los parámetros del análisis tuvieron un ancho de banda que varió de 0 a 12,000 Hz. El análisis consistió de un parte cualitativa en la que se identificó y comparó a simple vista directo del monitor la estructura de los temas y la secuencia de la canción; y una parte cuantitativa en la que se hicieron mediciones, en términos de la duración (seg) y de la frecuencia (Hz) empleada, de distintas partes de la canción y de las porciones que la componen como las frases, subfrases y unidades. Se identificaron siete temas diferentes (1, 2A, 2B, 3A, 3B, R, RT, en la secuencia normal) que constituían la canción de las ballenas jorobadas, con algunas variaciones principalmente relacionadas a omisiones y reversas por lo que las secuencias encontradas fueron...R-RT-1-2A-3B-3A-2B-1-2A-3B-R-RT-1-2A ó 1-2A-3B-R-RT. Las principales diferencias en la estructura de la canción se refirieron a la ocurrencia con la que se emplearon los temas, especialmente en el tema 3a, la duración de la frase y del número de unidades del tema 1 y a la frecuencia máxima y el número de unidades bajas del tema 2a Doce variables asociadas a características individuales mostraron diferencias significativas por lo que se infiere que son debidas a un proceso de difusión de la canción. En los temas 1, 2a y 3b se concentran 17 de las variables que mostraron diferencias significativas y son estos los temas con la estructura más compleja y pueden ser importantes en la transmisión de información individual. No obstante las dificultades encontradas en el muestreo de este trabajo y lo limitado de las diferencias encontradas, es posible usarlas para comparar distintas áreas pero solo en el contexto de una misma temporada reproductiva.

## SUMMARY

The main goal of this study was to determine the utility of the songs (sounds) emitted by male humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) to differentiate between two breeding areas in the Mexican Pacific. A comparison was made of songs recorded during the 1990 winter season in Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco and Isla Socorro, Colima. Nine out of 31 recordings were selected for Bahía de Banderas and eight out of 19 for Isla Socorro. Measurements were performed at the Moss Landing Marine Lab using the program RTS at an analysis bandwidth of 0 to 12,000 Hz. The analysis consisted of a qualitative part during which the structure of the themes and the sequence of the song was identified and compared directly from the monitor. Seven distinctive themes were identified (1, 2A, 2B, 3A, 3B, R, RT, in a common sequence) in the humpback whale songs. Some variations related mainly to omissions and reverse were found so that sequence was R-RT-1-2A-3B-3A-2B-1-2A-3B-R-RT-1 or 1-2A-3B-R-RT. Quantitative measurements of duration sec and frequency (Hz) were made of selected parts of the song, phrases, subphrases and units. Main differences in the song structure were related to different use of themes, specially in theme 3a, to phrase duration and the number of units of theme 1, to the maximum frequency and the number of lower units in theme 2a, comparing both areas. Twelve variables related to individual characteristics showed significant differences, which may be due to a gradual progressive change of the song. Seventeen of the variables with significant differences occurred in themes 1, 2a, and 3b. These themes have a complex structure and can be important in the transmission of individual information. Despite the difficulties found in collecting an adequate sample for this analysis, and the limited number of differences found, it is possible to use song features to compare distinct areas, but only in the context of the same breeding season.

## INTRODUCCIÓN

La ballena jorobada, *Megaptera novaeangliae*, es una de las ocho especies de ballenas que se pueden encontrar estacional u ocasionalmente en las aguas del Pacífico de México (Salinas y Ladrón de Guevara, 1993). Esta especie es considerada cosmopolita, ya que se puede encontrar en cualquier océano del mundo, aunque varía latitudinalmente en el marco estacional.

Se reconocen tres poblaciones de ballenas jorobadas, asociadas a las tres cuencas principales oceánicas del mundo (Pacífico, Atlántico y Hemisferio Sur), las cuales parecen estar divididas en varias subpoblaciones o stocks que están en su mayor parte aisladas, pero con un pequeño intercambio en algunos casos. Se considera que hay tres subpoblaciones en el Pacífico Norte y dos más en el Atlántico Norte, mientras que en el caso del Hemisferio Sur se estima que puede haber siete stocks, lo cual de acuerdo con Winn y Reichley (1985) es una perspectiva muy simplificada de la estructura poblacional de las ballenas jorobadas. Klinowska (1991) señala que los estudios más recientes muestran que si bien no hay mucho intercambio entre las diferentes subpoblaciones si hay un considerable contacto entre ellas dentro de una misma cuenca oceánica. Para el caso particular del Pacífico Norte se reconocen tres subpoblaciones, de oriente a occidente; 1) la subpoblación americana, la cual se alimenta en aguas de Alaska hasta California Central y que migra hacia el sur para reproducirse frente a la costa del Pacífico de México llegando incluso hasta Costa Rica, y en el Archipiélago de Revillagigedo (Aguayo, *et al.*, 1985; Steiger *et al.*, 1991; Urbán y Aguayo, 1987), 2) la subpoblación Hawaiana o del Pacífico Central, que se alimenta en aguas de Alaska, Columbia Británica y en menor medida en California Central y se reproduce alrededor de las Islas de Hawai, y 3) la subpoblación asiática que se alimenta en el Mar de Okhotsk y la Península de Kamchatka y que se reproduce alrededor de las Islas Marianas, Corea del Sur, las Islas Ryukyu, Taiwan y las Islas Bonin.

Debido a los hábitos migratorios de éstas ballenas y al desfase estacional entre el hemisferio norte y sur, las ballenas que viven en distintos hemisferios de un mismo océano no pueden coincidir temporalmente por lo que se consideran aisladas.

La migración de las ballenas jorobadas es uno de los fenómenos naturales más sobresaliente que se realiza entre todos los mamíferos, más aún que la migración realizada por la ballena gris (*Eschrichtius robustus*), pues es el único mamífero que se desplaza más de 10,000 km en el viaje redondo que efectúa entre sus áreas de alimentación y de reproducción. Esta situación resalta ante el hecho de que durante seis meses del año las ballenas jorobadas solo subsisten y mantienen a sus crías a partir de las reservas de grasa obtenidas durante el verano, cuando se alimenta en las aguas frías y muy productivas de las altas latitudes.

La enorme inversión energética que representa la actividad reproductiva, incluido en esto la migración, se puede explicar por el beneficio que obtiene al tener un tamaño y volumen tan grande. El tamaño de las ballenas y en general la de la mayoría de los mamíferos marinos ofrece ventajas. Las tres más importantes de éstas se pueden resumir en tres puntos de importancia adaptativa; en

primer lugar, un gran tamaño reduce los costos energéticos de la homotermia, al aumentar la relación volumen-superficie corporal. La segunda de estas ventajas se refiere a la relatividad del tamaño corporal-capacidad de desplazamiento, ya que es más probable que grandes animales realicen desplazamientos mayores en comparación con los pequeños y; por último, un tamaño corporal reduce el número de depredadores con capacidad de capturarlos y matarlos con lo que se abate la probabilidad de ser depredado.

Las ballenas jorobadas que llegan a aguas mexicanas pertenecen a la subpoblación del Pacífico nororiental. En este grupo su distribución estacional consiste en áreas de alimentación ocupadas durante el verano y el otoño ubicadas en latitudes altas con aguas frías y templado frías desde Alaska hasta California Central. Durante el final del otoño estas ballenas migran hacia el sur para ocupar, durante el invierno y parte de la primavera, dos áreas de reproducción invernal en el Pacífico oriental tropical. Una de ellas en las aguas aledañas a la costa continental del Pacífico mexicano, desde el extremo sur de la Península de Baja California hasta el Golfo de Tehuantepec, la otra en las aguas del Archipiélago de Revillagigedo (Calambokidis *et al.*, 1998), el cual se encuentra a 416 km de Baja California y a 716 km de Manzanillo, Colima.

La ballena jorobada está incluida en la listada de especies en peligro de extinción debido a la sobreexplotación a la que estuvo sujeta a principios de este siglo. La población original en el Pacífico norte, estimada en 15000 ballenas a partir de los datos obtenidos de las bitácoras de captura, fue diezmada considerablemente y su captura fue prohibida en 1966 por la Comisión Internacional Ballenera. Aunque no existen estimaciones precisas para finales de la década de los sesentas, Gambell (1975) estimó aproximadamente 1400 y Johnson y Wolman (1984) consideraron que debieron de quedar 1200 de estas ballenas. Durante la década de los ochentas y noventas se intensificó la investigación sobre esta especie mundialmente en un intento por establecer las bases que llevaran al desarrollo de un programa de conservación de esta especie. Las últimas estimaciones indican que la población ha crecido y que se encuentra en vías de recuperación gracias a los esfuerzos conjuntos internacionales de protección. Actualmente se estima que existen 2700 ejemplares en la población de ballenas jorobadas que se reproducen en aguas del Pacífico mexicano (Urban *et al.*, 1994; Urbán *et al.*, 1999; Calambokidis *et al.*, 1998).

Los estudios realizados con las ballenas jorobadas en México desde la década de los ochenta indican que el grupo de ballenas de Revillagigedo es distinto de aquel que se reproduce en la costa continental de México, debido al escaso intercambio que ha sido detectado a partir de la fotoidentificación entre estas dos zonas (Ladrón de Guevara *et al.*, 1993; Urbán *et al.*, 1989; Ladrón de Guevara, 1995; Calambokidis, *et al.*, 1998), no obstante la relativa proximidad de estas dos áreas, lo que refleja diferencias conductuales de importancia que indudablemente deben de tener influencia en la historia reciente de la especie.

Como parte de la actividad reproductiva las ballenas jorobadas tienen un complicado repertorio conductual, las canciones emitidas por los machos es una de las conductas más sobresalientes. No obstante que el resto de las ballenas (o misticetos) emiten sonidos, ningún otro mamífero lo hace con una estructura tan definida y de forma cíclica como es el caso de las canciones de las ballenas jorobadas. De la misma forma ningún otro misticeto es capaz de modificar continuamente su canción a lo largo del tiempo y de difundir estos cambios entre los machos de una misma población (Payne y McVay, 1971, Winn y Winn, 1978).

Estas canciones son una característica exclusiva de los machos expresada principalmente durante la temporada de reproducción, aunque existen informes de que son emitidas porciones de estas canciones al final de la temporada de alimentación, incrementando su ocurrencia hacia el otoño (Mattila *et al.*, 1987; Straley, 1990) y ha sido registrada durante la migración (Clapham y Mattila, 1990). Otros autores han realizado grabaciones de canciones completas en las zonas de alimentación de Alaska, las cuales fueron similares a las grabadas en Hawaii y México, la comparación hecha con las canciones de Hawaii mostraron que en la zona de alimentación las canciones son significativamente más cortas (McSweeney *et al.*, 1989).

Al iniciar una sesión de canto los machos de las ballenas jorobadas seleccionan un área donde emitirán sus canciones. Las sesiones de canto pueden variar de solo unos minutos hasta periodos de varias horas (más de 20 horas en los registros máximos). Durante este tiempo la ballena jorobada macho realiza inmersiones que tienen una duración promedio de 15 min y que se pueden prolongar por 20 min ó más. Los machos se mantienen en un área relativamente pequeña (100 m de diámetro), aunque hay informes de machos que van emitiendo su canto mientras se desplazan. En general emergen a distancias cortas de donde fueron vistos inicialmente si no son perturbados. Se sumergen a profundidades que, de acuerdo con las observaciones personales hechas en Isla Socorro, no exceden los 30 m, y adoptan una posición muy particular al ubicarse con la cabeza dirigida hacia abajo en un ángulo de aproximadamente 45 ó 50° respecto a la superficie y con las aletas pectorales extendidas perpendiculares al cuerpo. Ocasionalmente, cuando las embarcaciones se detienen cerca del sitio donde se encuentra un macho cantor (como comúnmente se les denomina) es posible oír el canto sin la ayuda de instrumentos, con solo pegar el oído al fondo de la embarcación o sumergiendo la cabeza, dado que la potencia con la que cantan es de 155 dB (Tyack, 1983).

La importancia de estas canciones durante la temporada reproductiva es aún discutida por varios autores y se ha supuesto que sea determinante del éxito reproductivo de los machos de la ballena jorobada (Tyack, 1981; Darling, 1983; Tyack y Whitehead, 1983; Baker y Herman, 1984). La función específica que las canciones tienen en la reproducción de la ballena jorobada es difícil de establecer, sin embargo se han planteado posibles funciones como la comunicación de información como lo es la especie del individuo, localización, sexo, disponibilidad para el apareamiento y la incitación a establecer agresiones físicas (Payne y McVay, 1971, Winn y Winn, 1978, Tyack, 1981). También ha sido sugerido que las canciones son una forma de despliegue

agonístico intrasexual (Darling, 1983). Por otra parte, se ha propuesto para las canciones una función de separación espacial entre individuos (Frankel *et al.*, 1991).

Es conocido que las canciones de las ballenas jorobadas de diferentes océanos son distintas, es decir que usan temas diferentes, no obstante mantienen el mismo patrón de organización en las canciones y siguen las mismas reglas en la modificación progresiva de la canción (Winn *et al.*, 1981; Payne y Guinee, 1983; Helweg *et al.*, 1990). En este sentido comparaciones gruesas de la estructura de la canción de una misma temporada permiten la diferenciación de las ballenas jorobadas que habitan distintos océanos.

Cerchio (1993), efectuó un análisis muy detallado, que si bien no buscaba diferenciar las agregaciones de ballenas jorobadas de la Isla de Kauai en Hawaii y Socorro en Revillagigedo, encontró similitudes estructurales en las canciones de estas dos regiones, y una relativa sincronía en los cambios progresivos de las mismas.

En México el estudio de la ballena jorobada se remonta a inicios de la década de los ochenta y es entre 1991 y 1992 que se inicia una investigación enfocada a definir el grado de relación entre las dos principales agregaciones de ballenas jorobadas durante la temporada reproductiva en el Pacífico (Aguayo *et al.*, 1993). En este proyecto se emplearon tres técnicas diferentes para conocer esta relación, la fotoidentificación (Ladrón de Guevara, 1995) la genética poblacional (Medrano, 1994) y el estudio de los sonidos (presente trabajo).

## **OBJETIVO**

Efectuar grabaciones de los sonidos emitidos por los machos de las ballenas jorobadas durante la temporada reproductiva y describir las canciones para la temporada invernal de 1990.

Seleccionar las variables de utilidad en la diferenciación de las canciones de las ballenas jorobadas que se reproducen en aguas de la Bahía de Banderas e Isla Socorro en el Pacífico oriental tropical (lat N 18°40' a 20°47', long W 105°15' a 111°05').

## **HIPÓTESIS.**

Las agrupaciones de ballenas jorobadas del Pacífico mexicano se encuentran separadas conductual además de geográficamente al seleccionar diferentes destinos invernales. El grado de intercambio hasta ahora conocido es reducido por lo que se espera que las canciones entre la Bahía de Banderas y la Isla Socorro sean similares respecto a los sonidos emitidos por las ballenas jorobadas del Pacífico Norte, con algunas diferencias constantes y significativas que se desarrollaron cuando se encuentran separadas.



agonístico intrasexual (Darling, 1983). Por otra parte, se ha propuesto para las canciones una función de separación espacial entre individuos (Frankel *et al.*, 1991).

Es conocido que las canciones de las ballenas jorobadas de diferentes océanos son distintas, es decir que usan temas diferentes, no obstante mantienen el mismo patrón de organización en las canciones y siguen las mismas reglas en la modificación progresiva de la canción (Winn *et al.*, 1981; Payne y Guinee, 1983; Helweg *et al.*, 1990). En este sentido comparaciones gruesas de la estructura de la canción de una misma temporada permiten la diferenciación de las ballenas jorobadas que habitan distintos océanos.

Cerchio (1993), efectuó un análisis muy detallado, que si bien no buscaba diferenciar las agregaciones de ballenas jorobadas de la Isla de Kauai en Hawaii y Socorro en Revillagigedo, encontró similitudes estructurales en las canciones de estas dos regiones, y una relativa sincronía en los cambios progresivos de las mismas.

En México el estudio de la ballena jorobada se remonta a inicios de la década de los ochenta y es entre 1991 y 1992 que se inicia una investigación enfocada a definir el grado de relación entre las dos principales agregaciones de ballenas jorobadas durante la temporada reproductiva en el Pacífico (Aguayo *et al.*, 1993). En este proyecto se emplearon tres técnicas diferentes para conocer esta relación, la fotoidentificación (Ladrón de Guevara, 1995) la genética poblacional (Medrano, 1994) y el estudio de los sonidos (presente trabajo).

## **OBJETIVO**

Efectuar grabaciones de los sonidos emitidos por los machos de las ballenas jorobadas durante la temporada reproductiva y describir las canciones para la temporada invernal de 1990.

Seleccionar las variables de utilidad en la diferenciación de las canciones de las ballenas jorobadas que se reproducen en aguas de la Bahía de Banderas e Isla Socorro en el Pacífico oriental tropical (lat N 18°40' a 20°47', long W 105°15' a 111°05').

## **HIPÓTESIS.**

Las agrupaciones de ballenas jorobadas del Pacífico mexicano se encuentran separadas conductual además de geográficamente al seleccionar diferentes destinos invernales. El grado de intercambio hasta ahora conocido es reducido por lo que se espera que las canciones entre la Bahía de Banderas y la Isla Socorro sean similares respecto a los sonidos emitidos por las ballenas jorobadas del Pacífico Norte, con algunas diferencias constantes y significativas que se desarrollaron cuando se encuentran separadas.

agonístico intrasexual (Darling, 1983). Por otra parte, se ha propuesto para las canciones una función de separación espacial entre individuos (Frankel *et al.*, 1991).

Es conocido que las canciones de las ballenas jorobadas de diferentes océanos son distintas, es decir que usan temas diferentes, no obstante mantienen el mismo patrón de organización en las canciones y siguen las mismas reglas en la modificación progresiva de la canción (Winn *et al.*, 1981; Payne y Guinee, 1983; Helweg *et al.*, 1990). En este sentido comparaciones gruesas de la estructura de la canción de una misma temporada permiten la diferenciación de las ballenas jorobadas que habitan distintos océanos.

Cerchio (1993), efectuó un análisis muy detallado, que si bien no buscaba diferenciar las agregaciones de ballenas jorobadas de la Isla de Kauai en Hawaii y Socorro en Revillagigedo, encontró similitudes estructurales en las canciones de estas dos regiones, y una relativa sincronía en los cambios progresivos de las mismas.

En México el estudio de la ballena jorobada se remonta a inicios de la década de los ochenta y es entre 1991 y 1992 que se inicia una investigación enfocada a definir el grado de relación entre las dos principales agregaciones de ballenas jorobadas durante la temporada reproductiva en el Pacífico (Aguayo *et al.*, 1993). En este proyecto se emplearon tres técnicas diferentes para conocer esta relación, la fotoidentificación (Ladrón de Guevara, 1995) la genética poblacional (Medrano, 1994) y el estudio de los sonidos (*presente trabajo*).

## **OBJETIVO**

Efectuar grabaciones de los sonidos emitidos por los machos de las ballenas jorobadas durante la temporada reproductiva y describir las canciones para la temporada invernal de 1990.

Seleccionar las variables de utilidad en la diferenciación de las canciones de las ballenas jorobadas que se reproducen en aguas de la Bahía de Banderas e Isla Socorro en el Pacífico oriental tropical (lat N 18°40' a 20°47', long W 105°15' a 111°05').

## **HIPÓTESIS.**

Las agrupaciones de ballenas jorobadas del Pacífico mexicano se encuentran separadas conductual además de geográficamente al seleccionar diferentes destinos invernales. El grado de intercambio hasta ahora conocido es reducido por lo que se espera que las canciones entre la Bahía de Banderas y la Isla Socorro sean similares respecto a los sonidos emitidos por las ballenas jorobadas del Pacífico Norte, con algunas diferencias constantes y significativas que se desarrollaron cuando se encuentran separadas.

## AREA DE ESTUDIO.

### Bahía de Banderas.

Esta Bahía se encuentra ubicada dentro de la provincia oceanográfica de la Entrada o Boca del Golfo de California (Roden y Emilson, en prensa), la costa que le rodea pertenece a los Estados de Nayarit y Jalisco (Cano y Tovilla, 1991). Se ubica geográficamente entre los paralelos 20° 15' y 20° 47' de latitud norte y entre los meridianos 105° 15' y 105° 42' de longitud oeste. Sus límites son Punta de Mita, Nayarit al norte y Cabo Corrientes, Jalisco, al sur. Al este la delimita la línea costera de Puerto Vallarta, mientras que al oeste la limita una línea imaginaria con una extensión de 43.3 km que une a Punta de Mita con Cabo Corrientes. El área total calculada para la Bahía es de 987 km<sup>2</sup>. Esta bahía está dividida casi a la mitad por la isóbata de los 200 m. La plataforma continental en la porción norte es más ancha, alcanzando una anchura de hasta 14 km, esta franja se angosta hacia el interior de la bahía, alcanzando una distancia promedio de la costa de 8.3 km frente a La Cruz de Huanacaxtle. En la porción sur la plataforma se angosta más aún llegando a ser de 4.8 km frente a Mismaloya y de 3.3 km en Cabo Corrientes (Salinas y Bourillón, 1988)(Fig. 1a).

En la entrada o boca del Golfo de California se registra la presencia de tres masas de agua superficiales:

- 1 Agua fría de la Corriente de California (15-20°C), de baja salinidad (34.6 ups), con flujo hacia el sur a lo largo de la costa oeste de la Península de Baja California.
2. Agua del Pacífico Este con una temperatura de 26°C y salinidades intermedias (34.5-34.8 ups) que fluye desde el sureste hacia el norte del área.
3. Agua con una temperatura de 18°C y altamente salina (34.9 ups), característica del Golfo de California

Estas masas de agua tienen un patrón de circulación variable relacionado principalmente con los vientos locales, los cuales tienen una dirección de norte a sur durante el invierno, son sobre todo fríos y secos mientras que en el verano van de sur a norte, conjuntamente con masas de aire húmedo que se introducen al golfo para originar lluvias. El régimen de vientos y la topografía juegan un papel importante en la circulación y afloramientos de las aguas del fondo. De acuerdo con Wyrtki (1965), en el Pacífico Oriental tropical se pueden describir tres situaciones diferentes respecto a la circulación de las corrientes superficiales. La primera de ellas, que es la de interés para los fines del presente trabajo corresponde a los meses de enero a abril, en este periodo la Corriente de California alcanza su límite más austral, pues la convergencia intertropical está también en su límite más sureño. La Contracorriente Ecuatorial no se presenta, por lo que la Corriente Ecuatorial del Norte se forma lejos de la costa, con el aporte de la Corriente de California. Durante este tiempo, que corresponde al invierno y el inicio de la primavera, en la Bahía de Banderas hay una gran influencia de la Corriente de California.

### **Isla Socorro (Archipiélago de Revillagigedo).**

El Archipiélago de Revillagigedo está compuesto por tres islas oceánicas de origen volcánico, Isla Socorro, Isla San Benedicto e Isla Clarión y varias rocas, de estas últimas la que sobresale por su tamaño la Roca Partida (Medina, 1957 y Anónimo, 1979). La Isla Socorro se localiza en las coordenadas 18° 43' de latitud norte y 110° 58' de longitud oeste, cuenta con una extensión aproximada de 150 km<sup>2</sup>. Se sitúa a 480 km del extremo sur de Baja California Sur y a 716 km al oeste de Manzanillo, Colima. La forma general de la isla es romboidal y en la parte central de esta se localiza el volcán Everman con una altura de 1050 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Fig. 1b).

La Isla Socorro se encuentra ubicada en los límites del borde oriental del giro del Pacífico nororiental, al sureste, y del Pacífico oriental tropical, al noroeste. El primero está formado por el sistema de la Corriente de California y el sistema de la Corriente norecuatorial. Al estar situada en la frontera entre ambos sistemas, el ambiente océano-atmósfera de la Isla Socorro experimenta los procesos propios de cada uno de ellos, con diferente intensidad en función del tiempo, lo que confiere a la zona una alta variabilidad en comparación con otros ambientes tropicales (Lluch-Cota *et al.*, 1994).

Los vientos dominantes en la zona están influenciados por dos grandes centros de presión. Al noroeste, se ubica la alta del Pacífico norte, alrededor de los 40° N, en tanto que al sur y sureste se encuentra la baja presión asociada a la zona de convergencia intertropical. Debido al gradiente de presión, se establecen sobre gran parte del Pacífico mexicano vientos sostenidos que muestran un marcado componente en sentido sur. La posición e intensidad promedio anual de los centros de presión determinan notables variaciones estacionales, en las áreas costeras se presentan vientos con un claro componente este, mientras que en el caso de las áreas más oceánicas el componente es fuertemente hacia el oeste. Entre estas dos zonas el componente medio anual puede incluso ser nulo, lo cual parece ser el caso de Isla Socorro (Lluch-Cota *et al.*, *op. cit.*).

Las inmediaciones de Isla Socorro están sujetas a la influencia de las masas de agua formadas en los sistemas de la Corriente de California y de la Contracorriente ecuatorial, que pasa a formar parte del agua del Pacífico oriental tropical. Por otra parte, cerca de la Isla Socorro ocurre la formación de otra corriente la norecuatorial. La Corriente de California al pasar frente a la Península de Baja California constituye un flujo lento y débil en dirección al sur, entre la superficie y los 300 m, que se ubica hasta los 1000 km de la costa. Debido a su origen presenta valores relativamente bajos de salinidad y temperatura. Sin embargo, debido a su baja velocidad tiene periodos de residencia prolongados, por lo que en su desplazamiento hacia el sur cambia rápidamente sus características originales calentándose, incrementando su salinidad y confundiendo con el agua circundante (Wyrki, 1965)

La Corriente norecuatorial es alimentada en proporciones diferentes por dos fuentes principales: el agua originada en la Corriente de California en su ramificación con dirección al oeste, y el agua

---

del Pacífico oriental tropical. La influencia de esta última es mayor en concordancia con la posición más norteña de la zona de convergencia intertropical. Debido a las mezclas que se presenta con la Contracorriente Ecuatorial, la Corriente Norecuatorial se presenta de manera definida y constante solo al oeste de los 120° O.

A partir de las corrientes mencionadas anteriormente, se pueden encontrar en el Pacífico oriental tropical cuatro masas de aguas superficiales. La primera es la Corriente de California que en su intrusión hacia el sur pasa de temperaturas promedio de 15°C y salinidades de 33.5 ups, a valores de 25°C y 34 ups (Wyrski, 1967). La segunda es el agua tropical superficial caracterizada por temperaturas elevadas (mayores a 25°C) y salinidad baja (menores a 34 ups) ya que se origina en la zona de convergencia intertropical donde la alta insolación mantiene la temperatura alta y donde la precipitación excede la evaporación (Wyrski *op. cit.*). La tercer masa se origina en el Golfo de California donde la evaporación es elevada dándole características de salinidad elevada; sin embargo, debido al escaso aporte solo tiene influencia en la región de la Boca del Golfo de California (Roden, 1964). Por último, en el sureste del Pacífico oriental tropical se presenta la masa de agua subtropical superficial, de salinidad elevada (mas de 34.5 ups) y temperatura variable (entre 15–18°C). En los alrededores de la Isla Socorro las principales masas de agua son la de la Corriente de California y la tropical superficial tropicales (Lluch-Cota *et al.*, 1994).

Los perfiles de temperatura y salinidad anuales promedio sugieren la presencia de masas de agua adicionales a la tropical superficial y a la subsuperficial tropical (Lluch-Cota *et al.*, 1994). El mínimo de salinidad no se presenta en superficie sino asociado a la termoclina, entre los 50 y 100 m de profundidad. Consecuentemente, y a diferencia de lo que pasa en el Pacífico oriental tropical, la termoclina no incluye al máximo subsuperficial de salinidad correspondiente al agua subtropical subsuperficial. Este máximo se localiza a mayores profundidades, alrededor de los 200 m, tal como reporta Wyrski (1967) que ocurre en latitudes superiores a los 20° N en presencia de la masa de agua de la Corriente de California (Lluch-Cota *et al.*, 1994).

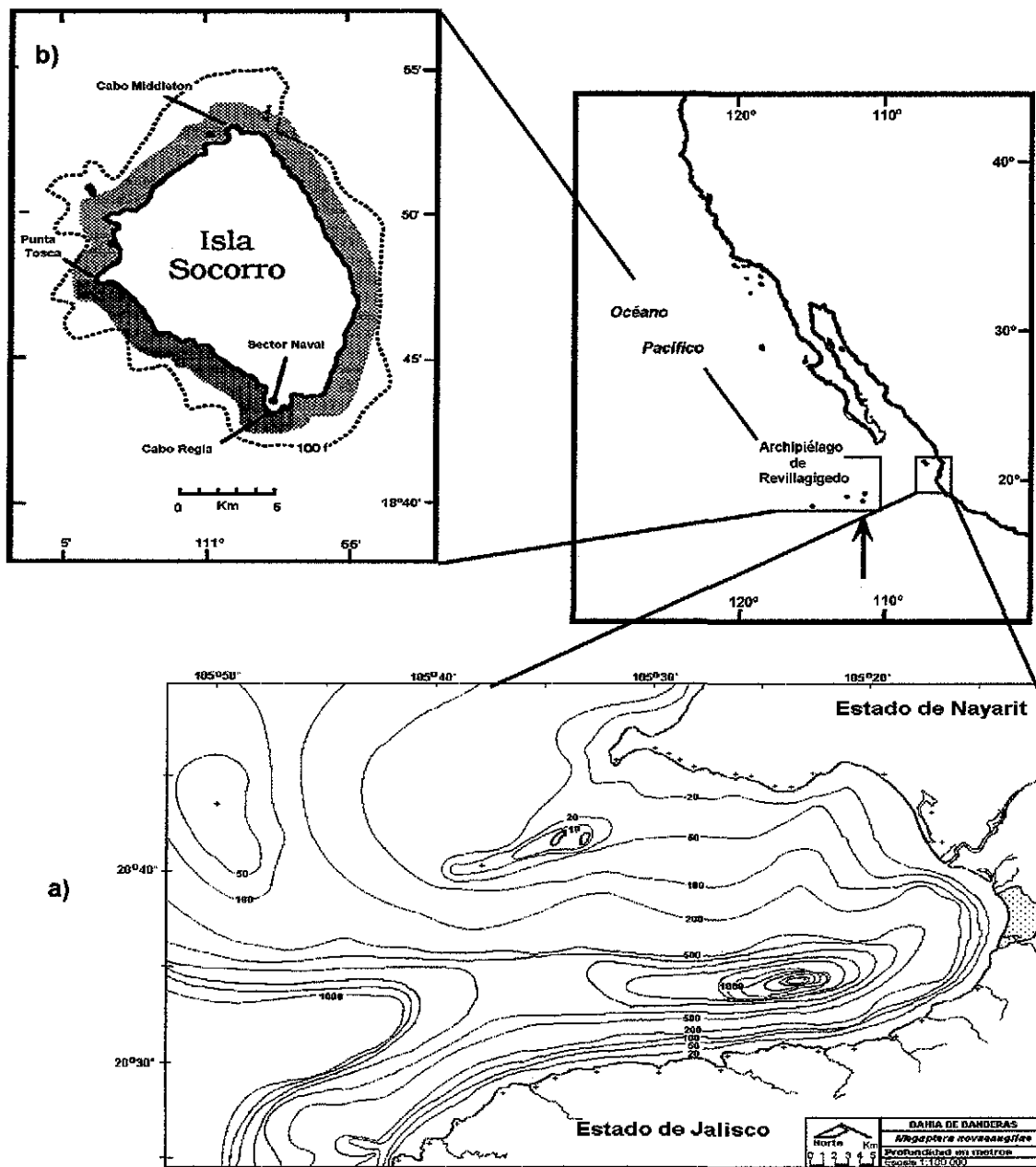


Figura 1. Ubicación de las dos áreas de estudio en el Pacífico oriental tropical donde se obtuvieron las grabaciones. a) Bahía de Banderas, Nayarit- Jalisco, BB. Isobatas en metros; b) Isla Socorro, Colima, SOC. ( Isobatas en pies). Tomado y modificado de Cerchio, 1993 y Ladrón de Guevara, 1995).

## MÉTODO

Las grabaciones se realizaron a bordo de una lancha inflable de 4.6 m de eslora, con un motor fuera de borda de 25 hp. Aunque se realizaron normalmente en horas de luz de día, de forma extraordinaria se obtuvieron dos grabaciones durante la noche. Las grabaciones se realizaron en áreas cercanas a la costa, 4.0 km en Isla Socorro, Col. (SOC), y dentro de los 10 km en el caso de la Bahía de Banderas, Nay-Jal. (BB).

Se emplearon hidrófonos 41C, con un preamplificador de construcción casera y una grabadora de cintas magnetofónicas Sony TCD-5M calibrado para un intervalo de frecuencia de respuesta de 100-20,000 Hz, y un Walkman Sony Profesional que no fue calibrado por lo que es de suponerse que la frecuencia de respuesta debió de haber sido menor

El criterio de selección de las grabaciones se basó en la duración y la calidad de las mismas. La duración mínima seleccionada fue de 30 minutos, la mayoría duró 45 min. y contenían al menos tres canciones completas, como criterio inicial, sin embargo debido a las muy comunes reversas (entendidas estas como la modificación de la secuencia normal de la canción y la repetición de segmentos previos de la canción) observadas en las canciones se tomaron en cuenta grabaciones que tuvieron la duración de 45 min. aunque el tema de respiración fuera comúnmente omitido. La calidad de la grabación estuvo determinada por su claridad y limpieza, así como por el número de animales registrados en cada grabación, ya que de haber mas de uno se complica la diferenciación del individuo sobre el cual se están haciendo las mediciones, por lo que se recomienda grabar a solo un macho cantor.

Los machos cantores se ubicaron empleando una de las tres posibles formas de localizarlos; 1) Se efectuó un monitoreo frecuente con el hidrófono en el área de estudio durante las navegaciones que tenía como objetivo la fotoidentificación, una vez que se detectaba la presencia de un macho en las cercanías se procedía a aproximarse al sitio donde la señal sonora fuera mas fuerte para posteriormente localizarlo tratando de ubicar y relacionar los soplos que se presentaran en los alrededores cuando era emitido el tema de respiración (tema específico que las ballenas jorobadas usan para subir a la superficie a respirar, ver pags.22, 27 y 28 y fig. 6). 2) A través de la observación conductual de las ballenas desde puntos fijos (esto se llevó al cabo en algunas ocasiones con el apoyo en tierra de observadores desde le faro de Punta Mita en la Bahía de Banderas o del faro ubicado al sur de Isla Socorro), donde era posible determinar cuando una ballena salía a superficie y se sumergía repetidamente en el mismo lugar y con tiempos de inmersión muy constantes. 3 ) cuando se observaba que una ballena se integraba a un grupo de competencia agonística para separarse rápidamente y regresar a la costa, donde después se le ubicaba emitiendo sonidos.

La decisión para efectuar las grabaciones dependió de la claridad con la que se estuviera recibiendo la señal, la fuerza, de que no hubiera mas de un cantor en la zona y de preferencia que se pudiera identificar al cantor.



Las canciones de las ballenas jorobadas fueron descritas por primera vez por Payne y McVay (1971). Estos autores describen a los cantos como una conducta que se caracteriza por la emisión de series de sonidos jerárquicos cuyo orden va de canciones, temas, frases, subfrases, unidades y subunidades (Fig. 2)

Las unidades son los elementos fundamentales de las canciones y son equiparables a una nota musical, son señales acústicas continuas. Estas pueden ser divididas en subunidades, las cuales son demasiado cortas y muy próximas unas de las otras como para ser consideradas independientes, un ejemplo de ello son los chasquidos utilizados en los trenes de pulsaciones durante la ecolocalización. En las ballenas jorobadas la frecuencia fundamental de las unidades puede variar desde 30 Hertz (Hz) hasta 10,000 Hz (Cerchio, 1993; obs. pers.). La estructura de las unidades es muy variada con ancho de banda muy amplia, una estructura armónica compleja y una *variedad considerable en la modulación de las frecuencias y de amplitud*.

Las frases son la organización estereotipada de las unidades, están constituidas de tres a 20 unidades y tienen una duración que varía de cinco a 30 segundos. Las frases que son largas normalmente pueden ser divididas en subfrases, que pueden tener un número variable de unidades de acuerdo a la estructura de las frases

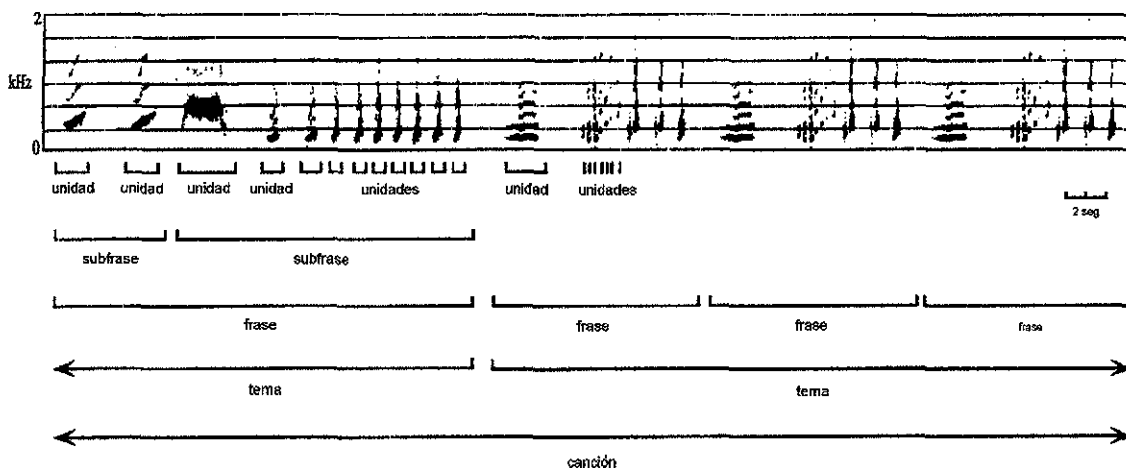


Figura 2. Sonograma que representa la estructura de las canciones de las ballenas jorobadas, en el se ilustra la organización jerárquica. Las unidades son las señales acústicas simples indicadas en el primer renglón. Las unidades organizadas en un patrón definido constituyen una frase, estas últimas cuando son largas pueden dividirse en subfrases (segundo renglón). Las repeticiones de frases son un tema. Varios temas estructurados en un orden definido y cíclico forman una canción. (Tomado y modificado de Cerchio, 1993)

El siguiente nivel de organización corresponde al tema, se han descrito tres tipos de temas, el tema estático; tema derivante o transicional y los temas sin patrón definido (Payne y Payne, 1985). Los temas estáticos tienen frases distintivas que son repetidas en número variable de veces



con poca variación entre las repeticiones. Los temas derivantes o transicionales inician con un tema definido, el cual gradualmente cambia a lo largo de la repetición hasta que termina interpretándose un tema distinto. Los temas sin patrón definido carecen de una estructura definida en las frases y generalmente consisten en largas series de unidades. Las Canciones consisten entonces en una secuencia definida de distintos temas los cuales son cantados en un orden consistente y cíclico (Payne y McVay, 1971; Frumhoff, 1983; Payne *et al.*, 1983)

### **Análisis Cualitativo.**

Los resultados cuantitativos del estudio dependieron en buena medida de la etapa descriptiva o cualitativa del análisis, ya que la descripción de la canción en términos de su estructura temática y secuencia determinó en buena medida el tipo de variables que se habrían de medir y de que forma. De la misma forma permitió identificar las variaciones de uno u otro tema y definir las pruebas a realizar para su comparación.

Durante el desarrollo del presente estudio se llevó al cabo una estancia en el Laboratorio de Mamíferos Marinos del Moss Landing Marine Laboratories de la Universidad de San José State del 9 al 28 de mayo de 1992.

En ese laboratorio se realizó la identificación visual de los temas que forman parte de las canciones de las ballenas jorobadas a partir de los sonogramas continuos (espectograma de los sonidos, el cual consiste en una representación gráfica del sonido) obtenidos al procesar las canciones con el programa "Real Time Digital Signal" (RTS) de la Engineering Desing, Inc. De la misma forma se determinó la secuencia de estos temas. La identificación de los temas se basó en los temas descritos para las canciones de Isla Socorro y Hawaii durante la temporada reproductiva de 1991 (Cerchio, 1993). Se hicieron archivos de los sonogramas representativos de cada tema, los cuales posteriormente se imprimieron e incluyeron como apoyo a la descripción.

Las canciones fueron definidas siguiendo la descripción hecha por Frumhoff (1983), quien establece que una canción es la secuencia de por lo menos tres temas que son repetidos en el mismo orden dos o más veces durante una sesión de grabación.

Durante el este estudio se empleó solo las canciones completas la cuales se consideraron como el inicio cualquiera de los subtemas del Tema 1 y el final de esa canción la parte final del Tema de Respiración, p. ej. En la siguiente grabación se seleccionó solo el segmento subrayado que ejemplifica tres canciones completas con la secuencia 1-2-3-R-RT, y dos segmentos incompletos de la canción; uno al inicio, secuencia 2-3-R-RT y otro al final representado sólo por el Tema 1.

2-3-R-RT-1-2-3-R-RT-1-2-3-R-RT-1-2-3-R-RT-1

### Análisis Cuantitativo.

Se consideraron la medición de tres parámetros en distintas partes de la de la canción, éstas se refieren a la duración medida en segundos (seg.), la frecuencia empleada medida en Hertz (Hz) y la ocurrencia de las frases en cada tema. En el Cuadro 1 se presentan las variables consideradas para cada tema.

Cuadro 1 Variables empleadas en el análisis cuantitativo para cada tema

Variable	1	2A	2B	3A	3B	R	RT
Duración de la Frase (DUR. FRASE)	X	X	X	X	X	X	X
Frecuencia Máxima (FREC. MAX.)	X	X	X		X		
Duración de la Unidad 1 (DUR. U1)	X	X			X		
Frecuencia inicial Unidad 1 (FREC. INIC. U1)	X	X			X		
Frecuencia final Unidad 1 (FREC. FIN. U1)	X	X			X		
Duración de la Unidad 2 (DUR. U2)	X	X			X		
Frecuencia inicial Unidad 2 (FREC. INIC. U2)	X	X			X		
Frecuencia final U2 (FREC. FIN. U2)	X	X			X		
Número de Unidades (# UNIDADES)	X	X		X		X	X
Número de Unidades Bajas (# U BAJAS)	X	X					

Las mediciones se efectuaron en el Moss Landing Marine Lab, con el empleo del programa RTS, y se uso una computadora Gateway 4867 25 MHz, monitor de 16 colores. Los parámetros del análisis tuvieron un ancho de banda durante el análisis que varió de 0 a 12,000 Hz, dependiendo de la frecuencia fundamental más alta alcanzadas por las frases de cada tema, la resolución del sistema también tuvo variación relacionada con el ancho de la banda y fue de 4.9 a 58.7 Hz. Se contó con la ayuda de un cursor controlado por un ratón que permitía hacer las mediciones precisas de frecuencia (eje Y) y tiempo (eje X) en el lugar del cursor.

La duración de la frase se tomó desde el inicio de la primer unidad hasta el inicio de la siguiente frase. Por su parte, en el caso de la duración de cualquiera de las unidades ésta se tomó desde el inicio de la unidad hasta la porción final de las frecuencias fundamentales de la unidad sonora. La frecuencia máxima de la frase es considerada en el punto mas alto de cualquier unidad en la frase. El número de unidades se refiere a las unidades empleadas en el primer subtema.

El análisis estadístico consistió inicialmente en la una diferenciación de los cuatro subtemas que se identificaron para el tema 1, se emplearon análisis multivariados (MANOVA), para probar diferencias significativas en los valores promedio de las variables. Los resultados se agruparon en cuadros que presentan los valores promedios obtenidos en cada variable y los valores obtenidos en cada comparación para el componente principal de la prueba (Cuadros 3 y 4).

Se agruparon los subtemas 1, 1s y 1v en el subtema 1a, el cual se comparó con el subtema 1b, compuesto exclusivamente por las frases del subtema 1t, independientemente de la zona donde se grabaron (Cuadros 5 y 6) Posteriormente se hizo una comparación considerando como factores del análisis el área (BB y SOC), el tipo de subtemas y los distintos individuos (Cuadros 7 y 8)

Por último se hizo una comparación de cada una de las variables en las dos zonas y se realizó una comparación del conjunto de variables por tema teniendo como co-factor la variación individual. Se elaboraron gráficas de los valores promedios de las variables con sus respectivos intervalos de confianza, las gráficas fueron utilizadas tanto para la descripción de los temas como en la comparación de las zonas (Figura 16-57).

## RESULTADOS

### Resultados Cualitativos

#### Grabaciones

Las grabaciones de canciones de ballenas jorobadas se obtuvieron durante la temporada reproductiva de 1990 de esta especie, en la Bahía de Banderas, Nayarit y Jalisco (BB) y en la Isla Socorro, perteneciente al Archipiélago de Revillagigedo, Colima (SOC) en el Pacífico de México. En el caso de la Bahía de Banderas las grabaciones se realizaron entre el 9 de enero y el 19 de marzo de 1990, mientras que en la Isla Socorro éstas se obtuvieron entre el 12 de febrero y el 14 de marzo del mismo año. El total de grabaciones efectuadas en cada zona fueron de 31 para la Bahía de Banderas y de 19 en la Isla Socorro. De éstas, fueron seleccionadas nueve grabaciones para la Bahía de Banderas y ocho para la Isla Socorro (Cuadro 2)

Se intentó la individualización de los ejemplares que emitían los sonidos a partir de fotografías del patrón de coloración de la porción ventral de la aleta caudal, técnica conocida como fotoidentificación (Hammond *et al.*, 1990; Katona *et al.*, 1979).

El análisis estadístico consistió inicialmente en la una diferenciación de los cuatro subtemas que se identificaron para el tema 1, se emplearon análisis multivariados (MANOVA), para probar diferencias significativas en los valores promedio de las variables. Los resultados se agruparon en cuadros que presentan los valores promedios obtenidos en cada variable y los valores obtenidos en cada comparación para el componente principal de la prueba (Cuadros 3 y 4).

Se agruparon los subtemas 1, 1s y 1v en el subtema 1a, el cual se comparó con el subtema 1b, compuesto exclusivamente por las frases del subtema 1t, independientemente de la zona donde se grabaron (Cuadros 5 y 6) Posteriormente se hizo una comparación considerando como factores del análisis el área (BB y SOC), el tipo de subtemas y los distintos individuos (Cuadros 7 y 8)

Por último se hizo una comparación de cada una de las variables en las dos zonas y se realizó una comparación del conjunto de variables por tema teniendo como co-factor la variación individual. Se elaboraron gráficas de los valores promedios de las variables con sus respectivos intervalos de confianza, las gráficas fueron utilizadas tanto para la descripción de los temas como en la comparación de las zonas (Figura 16-57).

## RESULTADOS

### Resultados Cualitativos

#### Grabaciones

Las grabaciones de canciones de ballenas jorobadas se obtuvieron durante la temporada reproductiva de 1990 de esta especie, en la Bahía de Banderas, Nayarit y Jalisco (BB) y en la Isla Socorro, perteneciente al Archipiélago de Revillagigedo, Colima (SOC) en el Pacífico de México. En el caso de la Bahía de Banderas las grabaciones se realizaron entre el 9 de enero y el 19 de marzo de 1990, mientras que en la Isla Socorro éstas se obtuvieron entre el 12 de febrero y el 14 de marzo del mismo año. El total de grabaciones efectuadas en cada zona fueron de 31 para la Bahía de Banderas y de 19 en la Isla Socorro. De éstas, fueron seleccionadas nueve grabaciones para la Bahía de Banderas y ocho para la Isla Socorro (Cuadro 2)

Se intentó la individualización de los ejemplares que emitían los sonidos a partir de fotografías del patrón de coloración de la porción ventral de la aleta caudal, técnica conocida como fotoidentificación (Hammond *et al.*, 1990; Katona *et al.*, 1979).

Cuadro 2. Grabaciones de sonidos de ballenas jorobadas utilizadas en el análisis.

Localidad	Grabación	Fecha	Ident. Grabación	# Canciones
B. Banderas	1	10/I/90	B902a	1
B. Banderas	2	13/I/90	B903a2	2
B. Banderas	3	26/I/90	B904b	4
B. Banderas	4	1/II/90	B905b	3
B. Banderas	5	12/II/90	B904atp	4
B. Banderas	6	14/II/90	B90pl2a	3
B. Banderas	7	24/II/90	B90pl2b	3
B. Banderas	8	10/III/90	CH9011a	4
B. Banderas	9	19/III/90	CH9011b	4
<b>Subtotal BB</b>				<b>28</b>
Is. Socorro	1	15/II/90	S902a	2
Is. Socorro	2	19/II/90	S902b	3
Is. Socorro	3	24/II/90	S903b	3
Is. Socorro	4	3/III/90	S905b	2
Is. Socorro	5	6/III/90	S907b	2
Is. Socorro	6	9/III/90	S909a	3
Is. Socorro	7	10/III/90	S909b	1
Is. Socorro	8	14/III/90	S9010b	3
<b>Subtotal SOC</b>				<b>19</b>
<b>Gran Total</b>				<b>47</b>

Solo fue posible la fotoidentificación de dos individuos en cada una de las dos zonas de trabajo de esta forma no fue posible determinar si las grabaciones utilizadas en el análisis correspondían a individuos distintos. De forma que para el análisis se consideró a cada grabación como perteneciente a un organismo distinto.

### La Canción en 1990

Durante la temporada reproductiva de 1990 se identificaron siete temas diferentes (1, 2A, 2B, 3A, 3B, R, RT) que constituían la canción de las ballenas jorobadas, los cuales tuvieron variaciones en la ocurrencia. Estos temas se describen con detalle más adelante.

El Tema 1 presentó cuatro variaciones dentro de un mismo plan estructural de las frases del tema (Fig. 3). Estas fueron consideradas como subtemas o formas del tema 1, los cuales se analizaron con detalle para tomar decisiones sobre su análisis y comparación.

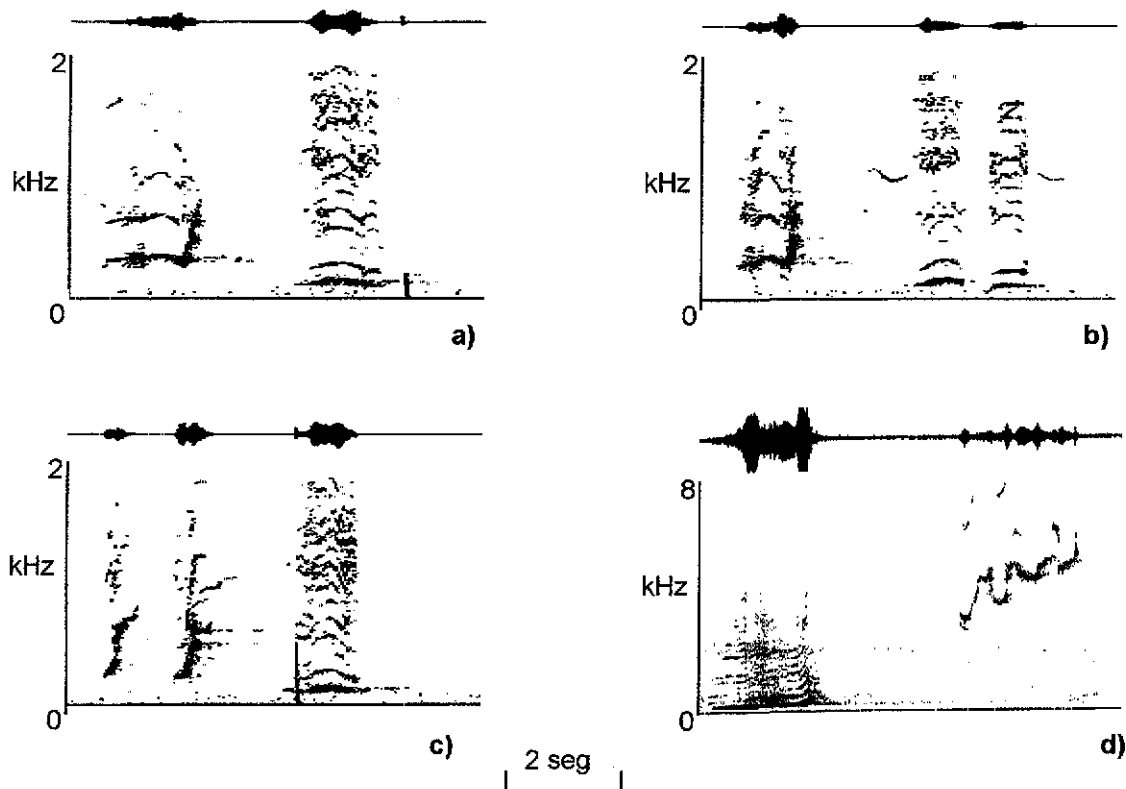
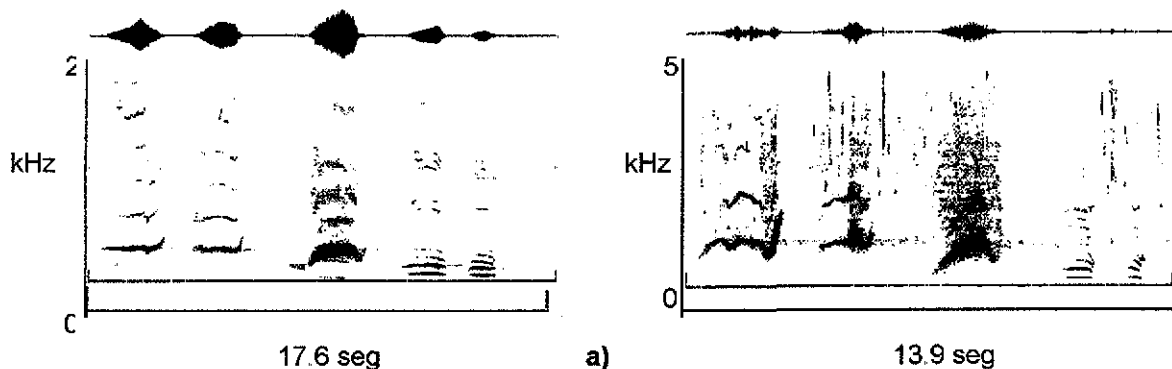


Fig. 3. Sonogramas que ejemplifican de variaciones encontradas en las frases del Tema 1 en las grabaciones realizadas en la BB y SOC durante la temporada reproductiva 1990. a) Subtema 1; b) subtema 1s; c) subtema 1v; y d) subtema 1t.

Del Tema 2 se identificaron dos formas (2A y 2B), los cuales presentaron diferencias considerables, al grado que se tomaron como temas distintos. El Tema 2A es de tipo estático con ligeras variaciones durante la temporada reproductiva de 1990 (Fig. 4, inciso a), mientras que el Tema 2B es del tipo "sin patrón definido" (Fig. 4, inciso b).



TECIS CON  
FALLA DE ORIGEN

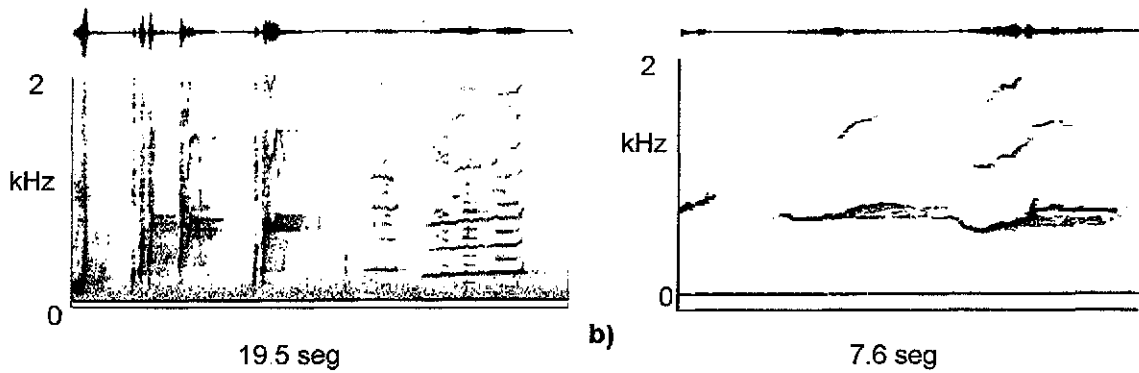
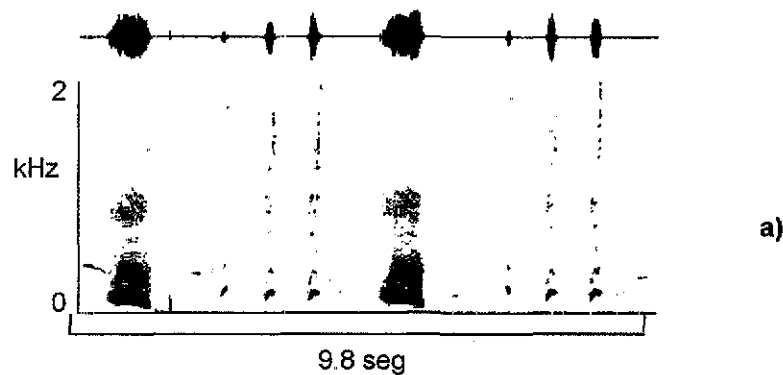


Fig. 4. Sonogramas que ilustran las formas del Tema 2 encontrado en las canciones grabadas durante 1990 en BB Y SOC. a) formas del Tema 2A; y b) formas del Tema 2B.

El Tema 3 estuvo representado también por dos formas que se consideraron como temas distintos, éstos fueron el tema 3A y 3B. Ambos temas pueden considerarse como de tipo estático, ya que ambos mantuvieron básicamente la misma forma durante el tiempo de estudio con muy ligeras variaciones (Fig. 5).



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

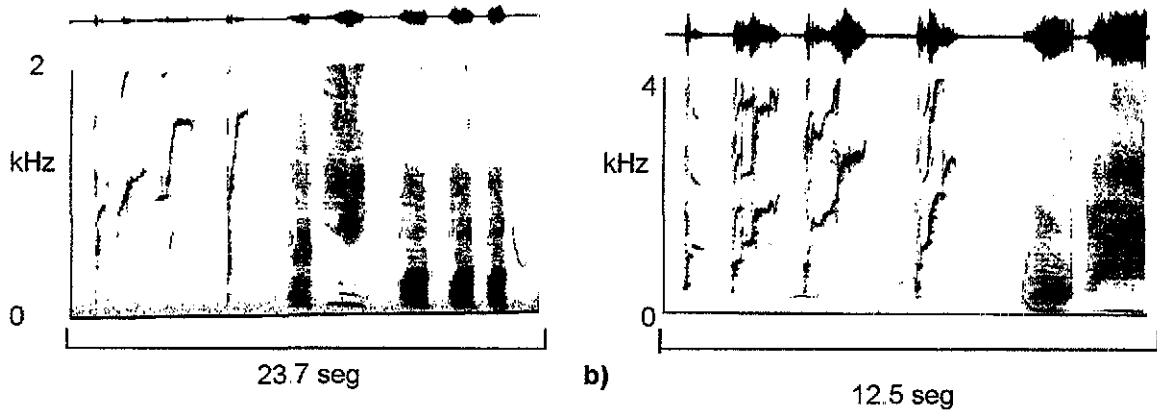
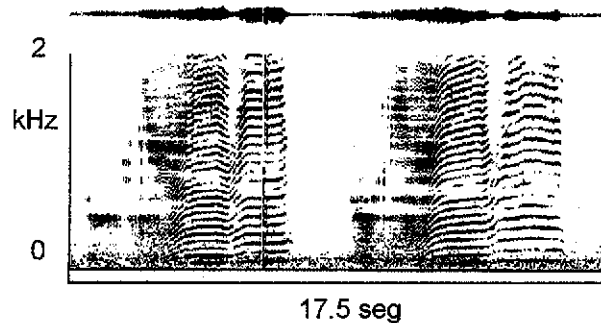


Fig. 5. Sonogramas de los Temas 3A y 3B identificados en las grabaciones de cantos de las ballenas jorobadas en BB y SOC durante el invierno de 1990, a) Tema 3A; y b) 2 formas del Tema 3B, izquierda con unidades continuas y derecha con unidades discretas de la subfrase 1.

Por último, se identificaron dos temas asociados al momento en el que las ballenas suben a la superficie para respirar: Tema de Respiración (R) y el Tema de Respiración Transicional (RT), es decir un tema que va derivando entre el tema de respiración y el Tema 1 (Fig. 6).

Fig. 6. Tema de Respiración registrado en BB y SOC en el invierno de 1990.



En las canciones grabadas en la temporada de 1990 se usaron mayor ocurrencia las frases pertenecientes a los subtemas 1, acumulando entre las cuatro formas descritas entre el 42.8% en el caso de BB y 53.8% para SOC (Figura 7). Se encontraron diferencias entre las dos zonas respecto al segundo tema usado con mayor ocurrencia. En el caso de SOC fue el tema 2A, mientras que en BB se usaron casi con la misma frecuencia relativa los tema 2A y 3A (Figura 7).



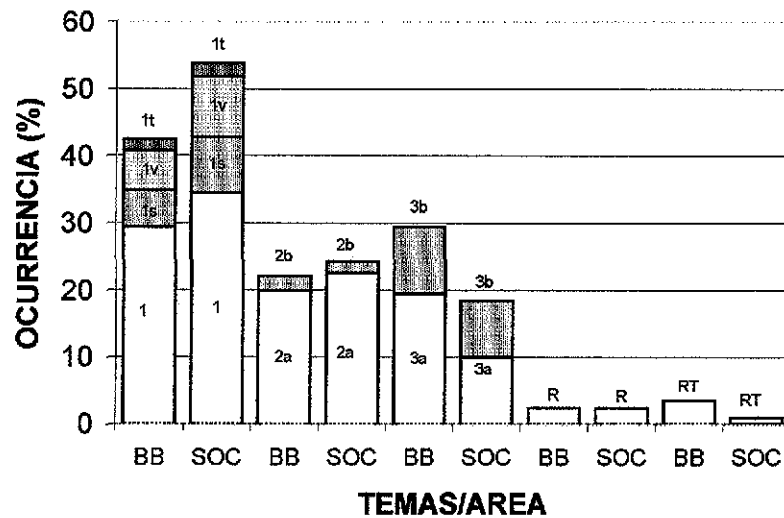


Figura 7. Ocurrencia (en valores porcentuales) de los distintos temas y subtemas identificados en las canciones completas de Ballenas jorobada, grabadas durante la temporada invernal de 1990 en la Bahía de Banderas (No. de frases= 1644) e Isla Socorro (No. de frases= 1563).

### Secuencia de las canciones.

La secuencia de temas definida como típica en las canciones de las dos zonas de estudio fue la siguiente:

...1-2A-2B-3A-3B-R-(RT)...

Algunas modificaciones a esta secuencia se encontraron en las canciones de las dos zonas de trabajo. En la primera de éstas los temas 2B y 3A son omitidos por completo o utilizados después del tema 3B pero en orden inverso.

...R-RT-1-2A-3B-3A-2B-1-2A-3B-R-RT-1-2A...

o

1-2A-3B-R-RT

Estas variaciones y omisiones fueron claramente establecidas casi desde el inicio de la temporada en la Bahía de Banderas, mientras que en el caso de la Isla Socorro la secuencia se definió hacia el final de la temporada (últimas dos grabaciones).

## Descripción de los Temas.

### Tema 1.

#### Diferenciación de los Subtemas del Tema 1.

Previo a la comparación de los sonidos emitidos por los machos de ballenas jorobadas en las dos zonas de reproducción (Bahía de Banderas e Isla Socorro) se presentan los resultados del análisis de los subtemas que se identificaron como parte del Tema 1.

Los resultados obtenidos al comparar las medidas hechas a los cuatro tipos de frases identificadas como pertenecientes al Tema 1 (1, 1s, 1v y 1t) mostraron que existen diferencias significativas entre las frases del tipo 1t con respecto de las restantes ( $p < 0.0001$ ) (Figuras 8). Esto permitió agrupar las unidades en dos subtemas del Tema 1, las cuales se nombraron 1a (que incluye a los subtemas 1, 1s y 1v) y 1b (que está representado por el subtema 1t). Los subtemas 1, 1s y 1v, se diferencian del subtema 1t en ocho de las nueve variables medidas, solo la duración de la unidad uno (U1) no mostró diferencias significativas (Cuadro 3 y 4; Fig. 8).

Cuadro 3. Valores promedio de las variables medidas en los cuatro subtemas del Tema 1, registrado en BB y SOC, durante 1990.

	DUR.FRASE (seg)	FREC.MAX (Hz)	DUR U1 (seg)	FREC. INIC U1 (Hz)	FREC. FIN U1 (Hz)	DUR. U2 (seg)	FREC INIC U2 (Hz)	FREC. FIN U2 (Hz)	# U
1	6.24	710.43	1.78	134.31	174.87	1.12	354.30	683.51	2.00
1s	6.32	829.81	1.63	181.88	161.47	1.15	354.64	825.56	2.00
1v	6.29	840.81	1.32	183.44	218.48	0.82	363.24	762.60	2.87
1t	6.17	4905.75	1.26	180.83	651.36	1.10	2746.20	4801.79	2.06

Cuadro 4. Valores obtenidos en el Análisis de Varianza aplicado a las subfrases 1, 1s, 1v y 1t del Tema 1

Variables	F(df1,2) 3,1124	Valor de signi- ficancia p
DUR.FRASE	5.446	0.001
FREC.MAX.	1023.071	0.0001
DUR U1	0.045	0.987
FREC. INIC. U1	28.546	8.61E-18
FREC. FIN U1	273.009	0
DUR. U2	21.605	1.31E-13
FREC INIC. U2	558.313	0
FREC. FIN. U2	918.547	0
# U	1050.606	0

*Características de los subtemas 1a y 1b.*

La comparación de los subtemas 1a y 1b, registradas en las dos áreas de estudio muestran que la frecuencia máxima alcanzada por las frases del subtema 1b (Fig. 10) se debe principalmente a la frecuencia inicial y final de la segunda unidad del subtema 1t (Fig. 15-16). Por otra parte, el mayor número de unidades observado en el subtema 1a (Fig. 17), se debe a la característica de subdividir la unidad uno en las frases tipo 1s y 1v (Fig. 3, incisos b y c.). La duración de las frases de los subtemas 1a y 1b son muy parecidas (Cuadro 5) sin que la diferencia que existe sea significativa (Fig. 9;  $p=0.448$ ). Lo mismo sucede para las variables que tienen relación con la duración de las dos unidades (Cuadro 6; Fig. 11y 14).

En el subtema 1a, la frecuencia que se emplea en la unidad 1 varía en promedio entre 145 y 178 Hz, la unidad 2 tiene frecuencias entre 355 a 708 Hz. Por su parte, el subtema 1b está también conformado por dos unidades pero la segunda tiene frecuencias notablemente mayores que la primera (180 – 651 Hz en la primera; y entre 2746 – 4801 Hz en la segunda) (Cuadro 5 y 6; Figs 12, 13, 15 y 16).

Cuadro 5. Valores promedio de las variables medidas en los subtemas 1a y 1b del Tema 1.

Sub-Tema	DUR FRAS (seg)	FREC.MAX. (Hz)	DUR U1 (seg)	FREC. INIC. U1 (Hz)	FREC. FIN U1 (Hz)	DUR. U2 (seg)	FREC INIC. U2 (Hz)	FREC FIN. U2 (seg)	# U
1a	6.262	738.697	1.711	145.246	178.550	1.094	355.395	708.201	2 107
1b	6.175	4905.754	1.268	180.836	651.367	1.104	2746.204	4801.795	2.061

Las unidades que conforman los subtemas del Tema 1 son sinusos y con tendencia a incrementar la frecuencia, especialmente en la segunda (Fig.3, incisos a-d.). Las variaciones observadas en este tema tienen relación, en primer lugar con la división de la primer y segunda unidad, tal es el caso de las frases de tipo 1s y 1v. Este es un proceso común durante las modificaciones progresivas de la "canción" de las ballenas jorobadas, entre años y en una misma temporada. En segundo lugar las variaciones están relacionadas con las frecuencias empleadas (Fig.3, inciso d), como ya se mencionó anteriormente.

Cuadro 6. Valores críticos del Análisis de Varianza aplicado a las subfrases 1a y 1b del Tema 1.

Variables	F(df1,2) 3,1124	Valor de signi- ficancia p
DUR.FRASE	0.57	0.44
FREC.MAX	3063.55	0
DUR U1	0.03	0.84
FREC. INIC. U1	9.75	0
FREC. FIN U1	799.71	0
DUR. U2	0.03	0.85
FREC INIC. U2	1684.93	0
FREC. FIN. U2	2756.98	0
# U	0.98	0.32

*Tema 2a.* - Las frases del Tema 2a están compuestas por dos subfrases claramente diferenciables. La primera está formada por dos unidades sinusoidales que pueden tener marcadas modulaciones de la frecuencia (Fig. 4, inciso a), que varían en promedio entre 333 y 592 Hz en la primer unidad, la segunda varía entre 312 y 583 Hz (Cuadro 7). La segunda subfrase generalmente está constituida por tres unidades, las cuales suelen ser vibrantes. La primera muy marcada y mayor duración, de gran amplitud y baja frecuencia y hasta tres armónicos, las dos unidades restantes son cortas, de amplitud menor con frecuencias marcadamente menores, pero también con tres y en ocasiones cuatro armónicos (Fig. 4, inciso a).

Cuadro 7. Valores promedios de las variables medidas en el Tema 2a en la BB y SOC, durante 1990. (Rao R (9,593)=17.60; p<0.000).

	DUR.FRASE (seg)	FREC.MAX. (Hz)	DUR.U1 (seg)	FREC.INIC. U1 (Hz)	FREC.FIN U1 (Hz)	DUR.U2 (seg)	FREC.INIC. U2 (seg)	FREC.FIN. U2 (Hz)	# U
BB	17.210	645.141	2.715	332.865	596.721	1.515	331.651	590.064	2.077
SOC	16.666	559.068	2.162	320.640	520.671	1.605	313.106	519.719	2.065

*Tema 2b.* - Este tema fue poco frecuente en ambas zonas. En el caso de Bahía de Banderas este tema se registró en seis individuos, con una ocurrencia que varió de 2 a 20 frases, mientras que en el caso de la Isla Socorro, este tema se presentó en las canciones de tres individuos con ocurrencia aún menor (2 a 7 frases por individuo). Las frecuencias empleadas en este tema varían en promedio de 1023 a 1299 Hz y la duración de las frases es también muy variable, tanto entre zonas como entre individuos (Cuadro 8) con valores promedio entre 18.31 y 24.8 segundos. Las distintas formas presentadas por este tema y la baja ocurrencia en las canciones imposibilitaron un análisis más detallado (Fig. 4, inciso b).

Cuadro 8. Valores promedio de las variables medidas en el Tema 2b en la BB y SOC, durante 1990.

	DUR.FRASE (seg)	FREC.MAX (Hz)
BB	24.802	1290.86
SOC	18.313	1023.19

*Tema 3a.* - El tema 3a está conformado por dos subfrases, la primera de ellas la constituyen de tres a cuatro unidades discretas de tipo ascendente y breves a manera de silbidos, las cuales tienen de uno a tres armónicos. La segunda subfrase la constituye sólo una unidad vibrante de amplitud mayor que aquellas de la primera subfrase (Fig. 5, inciso a). La duración de las frases de este tema varía entre 6.83 y 7.07 segundos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Valores promedio de las variables medidas en el Tema 3a en la BB y SOC, durante 1990. Rao R (2,461)=4.29; p<0.014

	DUR. FRASE (seg)	# U
BB	7.070	4.239
SOC	6.832	3.404

*Tema 3b.*- Las frases que componen el Tema 3b se dividen de igual forma en dos subfrases, que en conjunto le dan al tema una duración promedio de 22 seg (Cuadro 10). La primera de ellas es variable en términos de la forma y el número de unidades. Independientemente del número de unidades que forman la subfrase uno, estas tienen una forma general ascendente, moduladas en las primeras unidades (Fig. 5), la frecuencia que tienen las primeras unidades varían entre 159 y 1423 Hz. (Cuadro 10) La última de estas unidades asciende muy rápido con un tono casi puro y un armónico (Fig. 5, inciso b) con frecuencias más altas que en la primer unidad (415 – 1560 Hz). La segunda subfrase se compone generalmente por cuatro unidades, todas ellas vibrantes con una gran cantidad de armónicos de frecuencias bajas y mayor amplitud que aquellas de la subfrase uno (Fig. 5, inciso b).

Cuadro 10. Valores promedio de las variables medidas en el Tema 3b en la BB y SOC, durante 1990. Rao R (8,209)=18.17; p<0.001

	DUR.FRASE (seg)	FREC.MAX. (Hz)	DUR U1 (seg)	FREC. INIC. U1 (Hz)	FREC. FIN U1 (Hz)	DUR. U2 (seg)	FREC INIC. U2 (Hz)	FREC. FIN. U2 (Hz)
BB	22.489	1712.982	3.272	279.982	1423.459	1.273	415.937	1560.703
SOC	22.017	1451.009	4.414	159.093	1387.759	1.390	204.259	1344.000

*Tema R (Respiración).*- Este tema es llamado de esta forma ya que se presenta cuando las ballenas inician su movimiento de emersión y durante su respiración. Generalmente está compuesto por una unidad y ocasionalmente dos. Se presenta en dos o tres ocasiones por cada evento de emersión. La duración de la frase es muy variable, aunque en promedio puede durar de 10 a 11.66 seg. (Cuadro 11). Las unidades son de frecuencia baja y también variables entre los 16 y 70 Hz, aunque puede haber registros de 269 Hz, son vibrantes y con numerosos armónicos (Fig. 6).

Cuadro 11. Valores promedio de las variables medidas en el Tema R en la BB y SOC, durante 1990. Rao R (2,40)=1.82; p<0.17

	DUR. FRASE	# U
BB	11.669	1
SOC	10.019	1.2

*Tema RT(Respiración Transición).*- Esta es una variación del tema de respiración donde hay la tendencia a dividir la segunda unidad y paulatinamente se inicia la transición hacia el tema 1, con la emisión de la primer unidad del tema 1. La duración promedio de este tema es de 9.19 a 10.38 seg. (Cuadro 12) ligeramente menor que el tema de respiración, manteniendo las características básicas del tema de respiración

Cuadro 12. Valores promedio de las variables medidas en el Tema RT en la BB y SOC, durante 1990. Rao R (2.60)=1.52; p<0.22

	DUR. FRASE	# U
BB	10.38	1 98
SOC	9.19	2.25

### Comparación acústica de las dos zonas de reproducción.

Al comparar los sonidos producidos por los machos de Ballena jorobada en las dos áreas de reproducción (Bahía de Banderas e Isla Socorro), se encontraron diferencias que variaron en el nivel de significancia de acuerdo con el tema analizado (Cuadro 13).

Los resultados del presente trabajo indican que las canciones de las ballenas jorobadas que se reproducen en la Bahía de Banderas e Isla Socorro utilizan la misma secuencia de frases, no obstante cuatro de los siete temas (57.1%) mostraron diferencias significativas al comparar las dos zonas de reproducción del Pacífico mexicano (Cuadro 13). El tema 2b pudiera no ser considerado como de importancia en la comparación de las dos zonas debido a la baja ocurrencia tanto en el número de individuos que lo presentó (6 en BB y 3 en SOC) como en el número de frases empleadas en cada ocasión (2 a 20 en BB y 2 a 7 en SOC) De esta forma sólo se consideraría que hubo 6 temas cuya comparación es útil, en cuyo caso las diferencias encontradas se presentaron en 4 de 6 temas comparados (66.6%).

En el Cuadro 14 se señalan las variables que se usaron en cada tema para la comparación de las dos zonas de estudio. El total de estas variables es de 36 considerando todos los temas que se presentaron en las canciones de las dos zonas, de estas 18 tuvieron diferencias significativas.

Cuadro 13. Efectos principales de las MANOVAS realizadas al comparar cada tema entre las dos zonas y valores de p.

Tema	Lambda de Wilkis	R de Rao	Nivel de p
1	0.23	403.39	0.00
2a	0.56	45.29	0.00
2b			0.05
3a	0.98	4.28	0.00*
3b	0.58	18.16	0.00
R	0.91	1.82	0.17
RT	0.95	1.58	0.22

Cuadro 14. Variables comparadas para cada tema entre las dos zonas (X) y variables con diferencias significativas en cada tema (\*).

Variable	1	2a	2B	3a	3B	R	RT
Duración de la Frase (DUR. FRASE)	*	X	X	*	X	X	X
Frecuencia Máxima (FREC. MAX.)	X	*	X		*		
Duración de la Unidad 1 (DUR. U1)	X	*			*		
Frecuencia inicial Unidad 1 (FREC. INIC. U1)	X	*			*		
Frecuencia final Unidad 1 (FREC. FIN. U1)	X	*			X		
Duración de la Unidad 2 (DUR. U2)	*	*			X		
Frecuencia inicial Unidad 2 (FREC. INIC. U2)	X	*			*		
Frecuencia final U2 (FREC. FIN. U2)	*	*			*		
Número de Unidades (# UNIDADES)	*	X		X		X	X
Número de Unidades Bajas (# U BAJAS)	X	*					

Las diferencias encontradas en cada tema al comparar las dos zonas de estudio se relacionan con distintas variables. De las 18 variables con diferencias, 10 están relacionadas con las frecuencias empleadas en los temas; seis con la duración de la frase o de alguna de las unidades; y dos con el número de unidades empleadas ya sea totales o bajas.

La duración de las frases (DUR.FRASE) fue diferente en dos temas (1 y 3a), ésto pudiera estar relacionado con el número de unidades (NUM. UNID), sin embargo esta variable solo fue significativa en el caso del tema 1, lo cual a su vez se relaciona con el hecho de que dos de los cuatro subtemas inicialmente identificados para este tema (1s y 1v) se caracterizan por la división de una de las dos unidades que lo conforman, lo cual directamente afecta la duración total de la frase.

La frecuencia máxima alcanzada en las frases (FREC. MAX) también fue diferente en dos temas (2a y 3b), lo cual se asoció a la frecuencia inicial de la segunda unidad (FREC. INIC. U2) y a la frecuencia final en la unidad dos (FREC. FIN. U2) (también con diferencia significativa en los mismos temas).

La duración de la unidad uno (DUR. U1) fue diferente al comparar los temas 2a y 3b en las dos zonas de estudio. La frecuencia inicial de la unidad uno (FREC. INIC. U1) fue también distinta en los temas 2a y 3b. La frecuencia final de la unidad uno (FREC. FIN. U1) solo fue distinta en el tema 2a. La duración de la unidad (DUR. U2) tuvo diferencias significativas en el tema 1a y 2a. La frecuencia final de la unidad dos (FREC. FIN. U2) fue la variable que tuvo diferencias en el mayor número de temas (1, 2a y 3b). Por último, el número de unidades en las frases (NUM. UNID) y el número de unidades bajas (NUM. U. BAJAS) tuvo diferencias significativas solo en un tema, el Tema 1 para la primer variable y el Tema 2a en la segunda.

### Tema 1.

En el caso del tema 1, de nueve variables comparadas, cuatro tuvieron diferencias significativas (Cuadro 15). Como es posible apreciar en este cuadro la DUR. FRASE en el caso de la BB significativamente mayor que en SOC ( $p=0.001$ ), la segunda variable en la que se presentaron diferencias estadísticamente significativa fue la DUR. U2 ( $p<0.001$ ) donde es mayor para el caso de la BB, seguidas por la FREC. FIN. U2 ( $p=0.04$ ) que es mayor también para la BB y el NUM. UNID. ( $p<0.001$ ) en cuyo caso es ligeramente mayor para SOC. En el resto de las variables se pueden apreciar diferencias aunque estas no son significativas estadísticamente (Fig. 18-26).

Cuadro 15. Resultados del Análisis de Varianza de las variables medidas en los subtemas del Tema 1 y valores p al comparar las dos zonas.

Variables	F(df1,2) 3,1124	Valor de significancia p
DUR.FRASE	16.30	<0.01
FREC.MAX.	0.78	0.37
DUR. U1	0.63	0.42
FREC. INIC. U1	0.04	0.83
FREC. FIN. U1	0.60	0.43
DUR. U2	37.487	<0.01
FREC. INIC. U2	1.620	0.20
FREC. FIN. U2	3.984	0.04
# UNID.	89.089	<0.01



*Tema 2a.*

En este tema se consideraron 10 variables, ocho de las cuales tuvieron diferencias significativas (Cuadro 16) (Fig. 28-34 y 36), las únicas variables que no presentaron diferencias estadísticamente significativas, fueron la duración de la frase (DUR. FRASE) aún cuando estas son ligeramente más largas en la BB, y el número de unidades (NUM. UNID) (Fig. 27 y 35). Es de importancia hacer notar que este es el tema con el mayor número de variables que presentaron diferencias significativas, si bien éste es el tema en el que se usaron el mayor número de variables en las comparaciones (Cuadro 13).

Cuadro 16. Resultados del Análisis de Varianza de las variables medidas en el Tema 2a y valores p al comparar las dos zonas.

Variables	F(df1,2) 3 1124	valor de signi- ficancia p
DUR.FRASE	3.41	0.06
FREC.MAX.	24.25	<0.01
DUR.U1	84.93	<0.01
FREC.INIC.U1	19.81	<0.01
FREC.FIN.U1	21.06	<0.01
DUR.U2	12.98	<0.01
FREC.INIC.U2	37.91	<0.01
FREC.FIN.U2	25.31	<0.01
# UNID.	0.70	0.42
# UNID. BAJAS	182.13	0.01

*Tema 2b.*

De las dos únicas variables medidas y comparadas entre las dos áreas de estudio (DUR. FRASE y FREC. MAX.) en ninguna de ellas se encontraron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo en el caso de la DUR. FRASE, se encuentra muy próxima al valor de aceptación ( $p=0.0572$ ), en cuyo caso es en la BB donde se observaron los valores mayores (Cuadro 8).

*Tema 3a.*

En este tema también fueron consideradas dos variables (DUR. FRASE y NUM UNID.), en ambas hubo diferencias estadísticas al comparar las dos zonas de estudio en la primera variable en donde la DUR. FRASE fue mayor para la BB ( $p=0.0004$ ). Mientras que en el caso de la segunda variable el NUM. UNID. fue ligeramente mayor en la BB siendo esta diferencia significativa ( $p<0.01$ ) (Cuadro 17 y Fig. 37 y 38).

Cuadro 17. Resultados del Análisis de Varianza de las variables medidas en el Tema 3a y valores p al comparar las dos zonas.

Variables	F(df1,2) 3,1124	valor de signi- ficancia p
DUR. FRASE	6.376	0.011
# UNID.	124.272	1.00E-25

### Tema 3b.

Se consideraron ocho variables del tema 3b para comparar las dos zonas de estudio, cinco de las cuales fueron significativamente diferentes entre las dos zonas (Cuadro 18). La FREC. MAX., FREC. INIC. U1, FREC. INIC. U2 Y FREC. FIN. U2 fueron notablemente mayores en el caso de la BB ( Cuadro 9) Por otra parte, la otra variable con diferencias importantes se refiere a la DUR. U1 que es menor en BB (Fig. 39 a 46).

### Tema R.

En el tema de respiración no se encontraron diferencias significativas al comparar la DUR. FRASE y el NUM. UNID. (únicas variables consideradas) en las dos zonas (Cuadro 19) (Fig. 47).

Cuadro 18. Resultados del Análisis de Varianza de las variables medidas en el Tema 3b y valores p al comparar las dos zonas

Variables	F(df1,2) 3,1124	valor de signi- ficancia p
DUR.FRASE	0.202	0.652
FREC.MAX.	24.926	1.22E-06
DUR.U1	32.405	4.05E-08
FREC. INIC. U1	49.777	2.30E-11
FREC. FIN U1	0.508	0.476
DUR. U2	1.512	0.220
FREC INIC. U2	50.229	1.91E-11
FREC. FIN U2	20.983	7.82E-06

*Tema RT.*

En este tema, se consideraron las dos mismas variables que en el tema anterior y en ambos casos tampoco se encontraron diferencias entre las dos zonas de estudio (Cuadro 20) (Fig. 48).

Cuadro 19. Resultados del Análisis de Varianza de las variables medidas en el Tema R y valores p al comparar las dos zonas.

Variables	F(df1,2) 3,1124	valor de signi- ficancia p
DUR.FRASE	0.40	0.52
# UNID.	3.49	0.06

Cuadro 20. Resultados del Análisis de Varianza de las variables medidas en el Tema RT y valores p al comparar las dos zonas.

Variables	F(df1,2) 3,1124	Valor de signi- ficancia p
DUR.FRASE	0.04	0.82
# UNID.	3.05	0.08

**DISCUSIÓN.****Grabaciones.**

En el análisis de las canciones emitidas por los machos de las ballenas jorobadas en la Bahía de Banderas y en la Isla Socorro se emplearon 9 y 8 grabaciones completas, respectivamente. Este tamaño de muestra es pequeño si se considera que durante la temporada de 1990 se obtuvieron 31 grabaciones en la Bahía de Banderas y 19 en la Isla Socorro. El reducido tamaño de la muestra se debió a que en muchos casos las canciones fueron incompletas, o se interrumpieron por la presencia de embarcaciones o de otras ballenas en los alrededores de los machos que emitían los sonidos. Por otra parte, algunas canciones fueron interrumpidas debido a que se efectuaron durante proyectos de fotoidentificación por lo que se dio prioridad a esa actividad. No obstante, el análisis permitió obtener resultados que aquí se presentaron y que se discuten a continuación.

El hecho de que sólo dos individuos fueran diferenciados a partir de la fotoidentificación no permitió evaluar la influencia de la variación individual, la cual ha sido estimada en algunas zonas como en las Antillas (Hafner *et al.*, 1979). No obstante que no se identificaron los individuos se trató de hacer conocer la posibilidad de que fueran grabados en mas de una ocasión algún cantor (regrabación). La técnica de fotoidentificación efectuada entre 1989 y 1999 ha mostrado que en el

*Tema RT.*

En este tema, se consideraron las dos mismas variables que en el tema anterior y en ambos casos tampoco se encontraron diferencias entre las dos zonas de estudio (Cuadro 20) (Fig. 48).

Cuadro 19. Resultados del Análisis de Varianza de las variables medidas en el Tema R y valores p al comparar las dos zonas.

Variables	F(df1,2) 3,1124	valor de signi- ficancia p
DUR.FRASE	0.40	0.52
# UNID.	3.49	0.06

Cuadro 20. Resultados del Análisis de Varianza de las variables medidas en el Tema RT y valores p al comparar las dos zonas.

Variables	F(df1,2) 3,1124	Valor de signi- ficancia p
DUR.FRASE	0.04	0.82
# UNID.	3.05	0.08

**DISCUSIÓN.****Grabaciones.**

En el análisis de las canciones emitidas por los machos de las ballenas jorobadas en la Bahía de Banderas y en la Isla Socorro se emplearon 9 y 8 grabaciones completas, respectivamente. Este tamaño de muestra es pequeño si se considera que durante la temporada de 1990 se obtuvieron 31 grabaciones en la Bahía de Banderas y 19 en la Isla Socorro. El reducido tamaño de la muestra se debió a que en muchos casos las canciones fueron incompletas, o se interrumpieron por la presencia de embarcaciones o de otras ballenas en los alrededores de los machos que emitían los sonidos. Por otra parte, algunas canciones fueron interrumpidas debido a que se efectuaron durante proyectos de fotoidentificación por lo que se dio prioridad a esa actividad. No obstante, el análisis permitió obtener resultados que aquí se presentaron y que se discuten a continuación.

El hecho de que sólo dos individuos fueran diferenciados a partir de la fotoidentificación no permitió evaluar la influencia de la variación individual, la cual ha sido estimada en algunas zonas como en las Antillas (Hafner *et al.*, 1979). No obstante que no se identificaron los individuos se trató de hacer conocer la posibilidad de que fueran grabados en más de una ocasión algún cantor (regrabación). La técnica de fotoidentificación efectuada entre 1989 y 1999 ha mostrado que en el

caso de la Isla Socorro la tasa de recaptura de individuos varió entre 36 y 61%, el promedio anual de esta tasa es del 50.3%. A partir de estos datos se considera que existe la posibilidad de que se haya regrabado algún cantor en 7 u 8 grabaciones. Se debe de hacer una consideración para aceptar la aplicación de esta tasa para el caso de las grabaciones, ¿Invierten los machos de ballena jorobada el mismo tiempo a la emisión de cantos, participación en grupos de cortejo (agonísticos), o escolta?. De ser así, entonces estas tasas si son aplicables, si no es así, hay la posibilidad de que algunos machos inviertan más tiempo en la emisión de cantos lo que provocaría que algunos fueran registrados en un mayor número de grabaciones. Esto provocaría además de una menor variabilidad, una violación a la independencia de la muestra.

En un análisis exploratorio de la variación individual, al comparar una variable asociada a la estructura de la canción (DUR FRASE) y otra relacionada con las características individuales (FREC MAX), mostró que en 5 temas la variación se explica tanto por el efecto de la zona como por la variación entre individuos (Cuadro . . .). La alta variación individual encontrada en este análisis exploratorio apoya la idea de que la probabilidad de grabar a un individuo en dos o más ocasiones debe de ser menor que la tasa de recaptura obtenida mediante la fotoidentificación.

En este sentido es conveniente que en futuras investigaciones se ponga especial énfasis en efectuar grabaciones completas y se empleen grabaciones en donde haya sido posible la diferenciación individual a través de la fotoidentificación con el fin de determinar la importancia de este factor como fuente de variación en los sonidos emitidos por los machos de ballenas jorobadas.

Cerchio (1993) uso 24 grabaciones que incluyeron 159 canciones, un tamaño de muestra considerablemente mayor. El tamaño de la muestra en este estudio, como en todas las investigaciones, puede ser especialmente importante en aquellos eventos (temas) que de forma normal tienen una representación escasa en las canciones, tal es el caso del tema 2b o de los temas R y RT. Este autor encontró que la variación individual no es un factor que pueda influir de forma determinante en las diferencias entre zonas ya que si se tiene un tamaño de muestra adecuado de las canciones de cada espécimen la variación se reduce. Es evidente que el tamaño de muestra utilizado en la comparación de la Bahía de Banderas e Isla Socorro no es despreciable pero en algunos casos es necesario incrementar el esfuerzo y hacer un análisis por periodos, ya que también se debe reducir el efecto de la evolución de la canción a lo largo de la temporada.

### **La Canción en 1990.**

La canción registrada en la Bahía de Banderas e Isla Socorro (Pacífico mexicano) coincide con la estructura jerárquica descrita para los sonidos de esta especie en otras regiones (Winn *et al.*, 1981; Payne y Guinee, 1983; Helweg *et al.*, 1990). En particular tiene una notable similitud tanto con las canciones registradas en la misma Isla Socorro y en la Isla de Kauai, Hawaii grabadas en 1991 y que fueron analizadas por Cerchio (1993). Esto no es de sorprenderse debido a que ambas islas se ubican en la misma cuenca oceánica, además de que las canciones registradas pertenecen a años consecutivos por lo que aún comparten muchos temas similares. El hecho de

que la Bahía de Banderas también sea similar a estas dos islas, aunque era de esperarse, no había sido documentado apropiadamente

Para evaluar esto es necesario mencionar que las variables medidas se refieren a dos niveles distintos de la canción. El primero se refiere a la estructura de la canción como lo es la secuencia de los temas, la repetición de las frases, el número de unidades, la duración de las frases de cada tema. Mientras que el segundo nivel describe las características de cada tema y se asocia a variaciones individuales, las medidas que se encuentran en este nivel son la frecuencia máxima, la frecuencia inicial, frecuencia final y la duración de las unidades.

Si tomamos en cuenta que sólo cuatro de las variables asociadas a la estructura de la canción tuvieron diferencias significativas. La mayor parte de las diferencias encontradas en la comparación de la canción de la temporada 1990 están asociadas con la caracterización de las unidades que componen cada tema y que, como ya se mencionó, están fuertemente influidas por la variación individual

Cerchio (1993), al igual que lo habían hecho varios autores previamente encuentra, con elementos más concluyentes, que las canciones entre México y Hawaii, son similares. Por su parte, Helweg *et al.* (1990) señalaron que además de la similitud entre las canciones de México con Hawaii, la que hay entre estas dos y Japón, los resultados de esa comparación se tomaron con precaución ya que se efectuó con un tamaño de muestra aún mas reducido que el empleado al comparar Bahía de Banderas e Isla Socorro. No obstante es de interés que se puedan reconocer similitudes en esas poblaciones de una misma cuenca oceánica. Lo cual puede señalar la existencia de un fuerte elemento genético que determina la estructura de las canciones en estas áreas de reproducción de la ballena jorobada y que hasta el momento se desconoce.

### **Comparación acústica de las dos áreas de reproducción.**

El análisis realizado en el presente trabajo muestra que la composición de las canciones es la misma para la Bahía de Banderas e Isla Socorro aún cuando la estructura de la canción presentó diferencias tanto en el número de veces con la que es empleado cada uno de los temas, así como en el número de unidades en el Tema 1 y el número de unidades bajas en el tema 2a. Por otra parte, las 11 variables restantes en las que hubo diferencias están relacionadas con la estructura de las frases y las unidades.

Estos cambios pueden deberse a que en el análisis realizado no se consideró la temporalidad, es decir que se hizo el análisis de canciones grabadas a lo largo de la temporada sin que se hiciera una selección de las mismas en bloques mensuales que permitiera discernir la variación que introduce el cambio progresivo de las canciones. Como ya se mencionó en el caso de la Bahía de Banderas la muestra cubre un periodo de 8 semanas (mediados de enero a mediados de marzo) mientras que en Isla Socorro sólo se cubren cuatro semanas (de mediados de febrero a mediados de marzo). Este periodo de muestreo de las dos regiones es breve y se considera que no está influenciado marcadamente por la evolución durante la temporada, ya que la tasa de cambio no es

---

tan rápida como para ser registrada consistentemente o para influir en las determinaciones de la estructura de la canción.

La magnitud de las diferencias encontradas es distinta dependiendo de la escala estructural que se compare. En términos de los temas, cuatro de los seis temas con suficiente ocurrencia tuvieron diferencias significativas, de estos, tres temas tuvieron el mayor número de variables medidas.

En el Tema 1 se encontraron diferencias tanto en las variables asociadas a la estructura de la canción como son la DUR FRASE, como el NUM UNID y el número de frases empleadas en este tema (27% en BB y 34.5% en SOC). Las otras dos variables están relacionadas con medidas de la unidad dos, es decir, características asociadas a la variación individual.

En el caso del tema 2a dos de las ocho variables con diferencia significativa están relacionadas con la estructura de la canción. Este tema es empleado diferencialmente en ambas zonas, siendo más importante en SOC (22.6%).

El tema 3b sólo tuvo diferencia significativa en una variable asociada a la estructura de la canción (FREC MAX), las cuatro variables restantes de este tema con diferencias son asociadas a la estructura de las unidades.

Es importante mencionar que las variables estructurales de la canción y de la frase son de utilidad en la diferenciación de zonas, y como ha mencionado Cerchio (1993) son de importancia *para probar la transmisión cultural de las canciones entre distintas agregaciones*. De la misma forma este autor ha señalado que las diferencias en las variables de menor escala, como las relacionadas a las unidades y su cambio en el tiempo, indican la evolución cultural de la canción. Al retomar el objetivo de la comparación de las agregaciones de BB y SOC, es evidente que las diferencias estructurales son relativamente escasas y menores, es decir que la canción es básicamente la misma y que las diferencias se pueden deber al proceso de difusión de nuevo elementos en la canción de 1990, en menor medida a la evolución de la canción durante la temporada reproductiva y a la variación propia entre los individuos. De la misma forma sería de esperarse que, dado que las variaciones al nivel de las unidades de distintos temas se deban a un proceso de difusión de la canción, las diferencias entre las dos zonas sean menores entre estas dos zonas en años subsecuentes.

Estos cambios son coincidentes con los encontrados por Cerchio (op. cit.) al comparar Kauai e Isla Socorro, este autor señala que las diferencias al nivel de la estructura de los temas y de las unidades pueden estar asociadas al proceso de difusión de las canción, por lo que son resultado de la transmisión cultural de la canción.

La complejidad de los temas que concentraron la mayor parte de las diferencias sugiere que los temas con una estructura acústica más compleja pueden ser de mayor importancia en la transmisión de información específica, de mayor importancia en la comunicación entre ballenas, y a su vez, pueden ser estructuras de utilidad en la comparación entre estas dos regiones de Pacífico mexicano. No obstante la consideración anterior, los temas 2a y 3b no son de importancia en términos de ocurrencia pero debido a la complejidad de estos temas pueden llegar a ser de suma

importancia al explorar la utilidad de algunos temas en la transmisión de información relativa a las características del macho cantor y de su individualidad, lo cual puede tener algún efecto en el éxito reproductivo de los machos.

La comparación entre diferentes agrupaciones invernales que comparten una misma cuenca oceánica puede ser más complicada al requerir de un análisis más detallado. Esto es aún más difícil en el caso de agregaciones que están separadas geográficamente por sólo 1000 Km, que son relativamente fáciles de cubrir por las ballenas, como es el caso de la Bahía de Banderas e Isla Socorro. Es de esperarse que al estar relativamente cercana una de la otra exista una importante conexión e interacción. Este aspecto ha sido señalado con anterioridad con resultados provenientes de la fotoidentificación (Ladrón de Guevara, 1995). Al aplicar esta técnica en la subpoblación de la costa continental del Pacífico de México y el Archipiélago de Revillagigedo se ha mostrado que existe, aunque bajo, un intercambio de ballenas entre estas dos áreas. Calambokidis *et al.*, (1998) efectuaron la estimación de este intercambio a partir de la fotoidentificación realizada entre los años 1990-1993. Los resultados de esta estimación indican que en un mismo año hay una tasa de intercambio, expresada en términos de la probabilidad de que una ballena de una zona sea vista en otra, del 0.221 y de 0.241 entre años distintos. Urbán *et al.* (1999) hicieron una evaluación mas detallada de dicho intercambio utilizando la misma técnica precisando que la posible tasa de intercambio entre ambas zonas es de 0.18. Estos autores concluyen que la agregación de ballenas jorobadas de Revillagigedo pertenecen a un stock diferente al del Continente y Baja California, incluido Bahía de Banderas.

El sexo de las ballenas que se mueven entre distintas agregaciones no había sido identificado en ninguno de los dos trabajos antes mencionados y se esperaba que mantuviera una relación de 1:1. Los estudios de genética aplicados en años recientes indican una desviación a favor de los machos en áreas reproductivas que varía de zona a zona. En Australia se ha determinado la relación es de 2.4:1 (Brown *et al.*, 1995), de 1.8 a 2.7:1 en Hawaii (Mizroch *et al.*, 1996) y de 2.8:1 en conjunto para las áreas de reproducción de México, Hawaii y Japón (Baker *et al.*, 1998). El intercambio repetido en varias temporadas de machos entre las agregaciones de Japón y Hawaii ha sido documentado y el sexo se infirió por la conducta (Salden *et al.*, 1999), lo cual hace pensar que es más probable que sean los machos los que se desplazan entre agregaciones invernales. Lo cual tiene sentido en términos de maximizar el éxito reproductivo de los machos y reducir la competencia en un momento determinado, aunque el costo energético es muy alto.

No obstante lo antes mencionado, los índices de intercambio y las proporciones operativas de sexo no pueden ser aplicados para estimar el intercambio de los machos entre BB y SOC o cualquier otra agregación, ya que se ha demostrado recientemente que también las hembras efectúan desplazamientos en una medida nada despreciable. Se estimó que el 48% de las 27 hembras identificadas en SOC se desplazaron a BB, mientras que en el sentido inverso el 60% de las 23 hembras identificadas se desplazaron a SOC (Ladrón de Guevara *et al.*, 2000).



Independientemente de la forma en la que es transmitida la canción de las ballenas jorobadas (cultural o genéticamente), la constante presencia de individuos de una agregación en la otra, sean estos hembras o machos, favorece homogeneización de patrones conductuales. Los machos tendrían influencia tanto genética como cultural, mientras que en el caso de las hembras esta influencia solo podría ser genética.

## **RECOMENDACIONES PARA CONTINUAR CON LA INVESTIGACIÓN.**

- Se debe de contar con un tamaño de muestra de aproximadamente 20 grabaciones para cada región que se desee comparar, dividida en 5 grabaciones por mes, sería recomendable que las grabaciones se hicieran en el lapso de una semana y que esta sea la misma en cada mes.
- La identificación de los individuos que emiten las canciones es necesaria con el fin de evaluar el efecto de la variabilidad entre individuos, esto podría ayudar a determinar el tamaño de muestra necesaria por individuo.
- La evolución de las canciones a lo largo de la temporada reproductiva debe considerarse y al momento de efectuarse el análisis se deberá de fraccionar la muestra en periodos contemporáneos con el fin de evaluarse los cambios de las mismas y hacer comparables las regiones de estudio.
- Se debe continuar con la evaluación de las canciones de la ballena jorobada en BB y SOC, corrigiendo los problemas de muestreo, como mecanismo de diferenciación de estos dos stocks.
- La emisión de los sonidos puede contribuir de forma importante en el éxito reproductivo de los machos de esta ballena, por que es necesario continuar con investigaciones sobre este tema.

## **CONCLUSIONES.**

1. Los sonidos emitidos por los machos de las ballenas jorobadas (canciones) durante el invierno en el Pacífico mexicano tienen una estructura similar con pocas diferencias.
2. Las principales diferencias en la estructura de la canción se refirió a la DUR FRASE y del NUM UNID del tema 1 y a la FREC MAX y el #U BAJAS del tema 2a.
3. Doce variables asociadas a características individuales mostraron diferencias significativas por lo que se infiere que son debidas a un proceso de difusión de la canción.

Independientemente de la forma en la que es transmitida la canción de las ballenas jorobadas (cultural o genéticamente), la constante presencia de individuos de una agregación en la otra, sean estos hembras o machos, favorece homogeneización de patrones conductuales. Los machos tendrían influencia tanto genética como cultural, mientras que en el caso de las hembras esta influencia solo podría ser genética.

## **RECOMENDACIONES PARA CONTINUAR CON LA INVESTIGACIÓN.**

- Se debe de contar con un tamaño de muestra de aproximadamente 20 grabaciones para cada región que se desee comparar, dividida en 5 grabaciones por mes, sería recomendable que las grabaciones se hicieran en el lapso de una semana y que esta sea la misma en cada mes.
- La identificación de los individuos que emiten las canciones es necesaria con el fin de evaluar el efecto de la variabilidad entre individuos, esto podría ayudar a determinar el tamaño de muestra necesaria por individuo.
- La evolución de las canciones a lo largo de la temporada reproductiva debe considerarse y al momento de efectuarse el análisis se deberá de fraccionar la muestra en periodos contemporáneos con el fin de evaluarse los cambios de las mismas y hacer comparables las regiones de estudio.
- Se debe continuar con la evaluación de las canciones de la ballena jorobada en BB y SOC, corrigiendo los problemas de muestreo, como mecanismo de diferenciación de estos dos stocks.
- La emisión de los sonidos puede contribuir de forma importante en el éxito reproductivo de los machos de esta ballena, por que es necesario continuar con investigaciones sobre este tema.

## **CONCLUSIONES.**

1. Los sonidos emitidos por los machos de las ballenas jorobadas (canciones) durante el invierno en el Pacífico mexicano tienen una estructura similar con pocas diferencias.
2. Las principales diferencias en la estructura de la canción se refirió a la DUR FRASE y del NUM UNID del tema 1 y a la FREC MAX y el #U BAJAS del tema 2a.
3. Doce variables asociadas a características individuales mostraron diferencias significativas por lo que se infiere que son debidas a un proceso de difusión de la canción.

Independientemente de la forma en la que es transmitida la canción de las ballenas jorobadas (cultural o genéticamente), la constante presencia de individuos de una agregación en la otra, sean estos hembras o machos, favorece homogeneización de patrones conductuales. Los machos tendrían influencia tanto genética como cultural, mientras que en el caso de las hembras esta influencia solo podría ser genética.

## **RECOMENDACIONES PARA CONTINUAR CON LA INVESTIGACIÓN.**

- Se debe de contar con un tamaño de muestra de aproximadamente 20 grabaciones para cada región que se desee comparar, dividida en 5 grabaciones por mes, sería recomendable que las grabaciones se hicieran en el lapso de una semana y que esta sea la misma en cada mes.
- La identificación de los individuos que emiten las canciones es necesaria con el fin de evaluar el efecto de la variabilidad entre individuos, esto podría ayudar a determinar el tamaño de muestra necesaria por individuo.
- La evolución de las canciones a lo largo de la temporada reproductiva debe considerarse y al momento de efectuarse el análisis se deberá de fraccionar la muestra en periodos contemporáneos con el fin de evaluarse los cambios de las mismas y hacer comparables las regiones de estudio.
- Se debe continuar con la evaluación de las canciones de la ballena jorobada en BB y SOC, corrigiendo los problemas de muestreo, como mecanismo de diferenciación de estos dos stocks.
- La emisión de los sonidos puede contribuir de forma importante en el éxito reproductivo de los machos de esta ballena, por que es necesario continuar con investigaciones sobre este tema.

## **CONCLUSIONES.**

1. Los sonidos emitidos por los machos de las ballenas jorobadas (canciones) durante el invierno en el Pacífico mexicano tienen una estructura similar con pocas diferencias.
2. Las principales diferencias en la estructura de la canción se refirió a la DUR FRASE y del NUM UNID del tema 1 y a la FREC MAX y el #U BAJAS del tema 2a.
3. Doce variables asociadas a características individuales mostraron diferencias significativas por lo que se infiere que son debidas a un proceso de difusión de la canción.

4. En los temas 1, 2a y 3b se concentran 17 de las variables que mostraron diferencias significativas y son estos los temas con la estructura más compleja y pueden ser importantes en la transmisión de información individual.
5. No obstante las dificultades encontradas en el muestreo de este trabajo y lo limitado de las diferencias encontradas, es posible usarlas para comparar distintas áreas pero solo en el contexto de una misma temporada reproductiva.

## REFERENCIAS.

- Aguayo L., A., M. Salinas Z., P. Ladrón de Guevara P. y L. Medrano G. 1993. Estudio Comparativo de Dos Areas de Reproducción del Rorcual Jorobado, *Megaptera novaeangliae*, en el Pacífico Mexicano. Proyecto CONACyT 0037N9106. Enero a diciembre de 1992. Informe Técnico. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Aguayo L., A., J. Urbán R y M. Salinas Z. 1985. El Rorcual Jorobado (*Megaptera novaeangliae*), durante la estación de reproducción en la Bahías de Banderas, México, y su distribución en el Pacífico mexicano. Doc. 12, pp. 227-251. In: Memorias IX Reunión Internacional para el estudio de los Mamíferos Marinos. 29 a 31 de marzo de 1984. La Paz, B.C.S.
- Anónimo. 1979. Derrotero de las costas sobre el Océano Pacífico de México, América Central y Colombia. Dirección General de Oceanografía. Secretaría de Marina. Publicación 102. 349 pp.
- Baker, C. S. y L. M. Herman. 1984. Aggressive behavior between humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) wintering in Hawaiian waters. Can. J. Zool. 62: 1922-1937.
- Baker, C.S., J. Calambokidis, L. Medrano, A. Perry, H. Rosenbaum, J.M. Straley, J. Urbán, M. Yamaguchi y O. VonZiegesar. 1998. Population structure of nuclear and mitochondrial DNA variation among humpback whales in the North Pacific. Molecular Ecology 7, 695-707.
- Brown, M.R., P.J. Corkeron, P.T. Hale, K.W. Schultz y M.M. Briden. 1995. Evidence of sex-segregate migration in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). Proceedings of the Royal Society of London B. Biological Sciences 259:229-234.
- Calambokidis, J., G. H Steiger, J. M. Straley, T. J. Quinn II, L. M. Herman, S. Cerchio, D. R. Salden, M. Yamaguchi, F. Sato, J. Urbán R., J. Jacobsen, O. VonZiegesar, K. C. Balcomb, C. M. Gabriele, M. E. Dahlheim, N. Higashi, S. Uchida, J. K. B. Ford, Y. Miyamura, P. Ladrón de Guevara P., S. A. Mizroch, L. Schlender y K Rasmussen. 1998. Abundance and populations structure of humpback whales in the North Pacific basin. Technical Report to NMFS
- Cano P., F. A. y C. Tovilla H. 1991. Oceanografía física. Golfo de California. Páginas 453-514. In: G. De la Lanza E. (Compiladora). Oceanografía de Mares Mexicanos. AGT Editor. México. 569 pp.
- Cerchio, S. 1993. Geographic variation and cultural evolution in songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Pacific North Pacific. Master's thesis. Moss Landing Marine Laboratories, San Jose State University. 68 pp.

4. En los temas 1, 2a y 3b se concentran 17 de las variables que mostraron diferencias significativas y son estos los temas con la estructura más compleja y pueden ser importantes en la transmisión de información individual.
5. No obstante las dificultades encontradas en el muestreo de este trabajo y lo limitado de las diferencias encontradas, es posible usarlas para comparar distintas áreas pero solo en el contexto de una misma temporada reproductiva.

## REFERENCIAS.

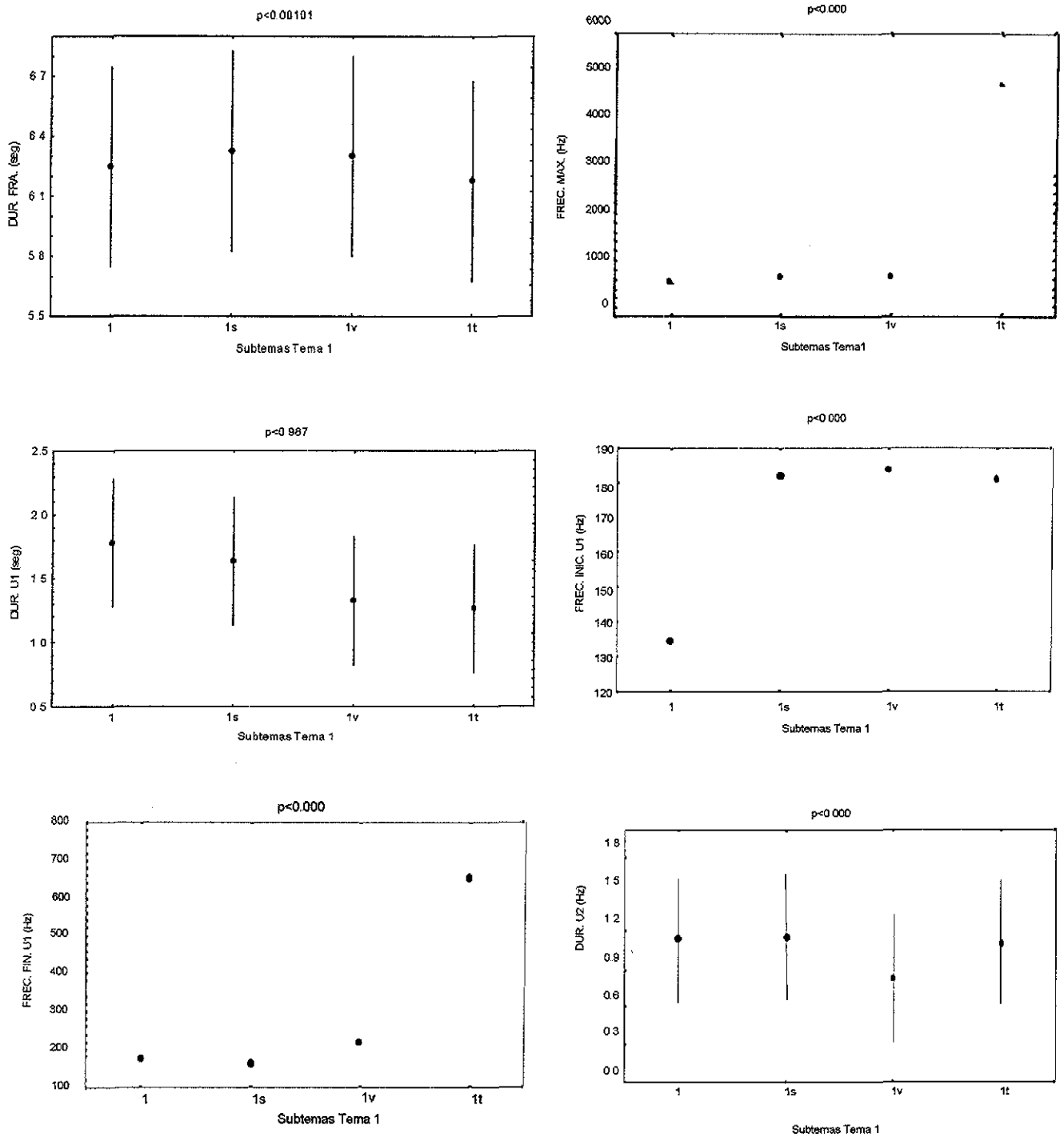
- Aguayo L., A., M. Salinas Z., P. Ladrón de Guevara P. y L. Medrano G. 1993. Estudio Comparativo de Dos Areas de Reproducción del Rorcual Jorobado, *Megaptera novaeangliae*, en el Pacífico Mexicano. Proyecto CONACyT 0037N9106. Enero a diciembre de 1992. Informe Técnico. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Aguayo L., A., J. Urbán R y M. Salinas Z. 1985. El Rorcual Jorobado (*Megaptera novaeangliae*), durante la estación de reproducción en la Bahías de Banderas, México, y su distribución en el Pacífico mexicano. Doc. 12, pp. 227-251. In: Memorias IX Reunión Internacional para el estudio de los Mamíferos Marinos. 29 a 31 de marzo de 1984. La Paz, B.C.S.
- Anónimo. 1979. Derrotero de las costas sobre el Océano Pacífico de México, América Central y Colombia. Dirección General de Oceanografía. Secretaría de Marina. Publicación 102. 349 pp.
- Baker, C. S. y L. M. Herman. 1984. Aggressive behavior between humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) wintering in Hawaiian waters. Can. J. Zool. 62: 1922-1937.
- Baker, C.S., J. Calambokidis, L. Medrano, A. Perry, H. Rosenbaum, J.M. Straley, J. Urbán, M. Yamaguchi y O. VonZiegesar. 1998. Population structure of nuclear and mitochondrial DNA variation among humpback whales in the North Pacific. Molecular Ecology 7, 695-707.
- Brown, M.R., P.J. Corkeron, P.T. Hale, K.W. Schultz y M.M. Briden. 1995. Evidence of sex-segregate migration in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*). Proceedings of the Royal Society of London B. Biological Sciences 259:229-234.
- Calambokidis, J., G. H Steiger, J. M. Straley, T. J. Quinn II, L. M. Herman, S. Cerchio, D. R. Salden, M. Yamaguchi, F. Sato, J. Urbán R., J. Jacobsen, O. VonZiegesar, K. C. Balcomb, C. M. Gabriele, M. E. Dahlheim, N. Higashi, S. Uchida, J. K. B. Ford, Y. Miyamura, P. Ladrón de Guevara P., S. A. Mizroch, L. Schlender y K Rasmussen. 1998. Abundance and populations structure of humpback whales in the North Pacific basin. Technical Report to NMFS
- Cano P., F. A. y C. Tovilla H. 1991. Oceanografía física. Golfo de California. Páginas 453-514. In: G. De la Lanza E. (Compiladora). Oceanografía de Mares Mexicanos. AGT Editor. México. 569 pp.
- Cerchio, S. 1993. Geographic variation and cultural evolution in songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Pacific North Pacific. Master's thesis. Moss Landing Marine Laboratories, San Jose State University. 68 pp.

- Clapham, P. J. y D. K. Mattila, 1990. Humpback whale songs as indicators of migration routes. *Mar. Mamm. Sci.* 6(2):155-160
- Darling, J. D. 1983. Migrations, abundance and behavior of "Hawaiian" humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). Ph.D. dissertation. Univ. Calif. Santa Cruz.
- Frankel, A. S., C. W. Clark, L. H. Herman, T. R. Freeman, C. M. Gabriele y M. A. Hoffhines. 1991. The spacing function of humpback whale song. Abstracts of Ninth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. December 5-9, 1991. Chicago, Illinois.
- Frumhoff, P. 1983. Aberrant songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*): clues to the structure of humpback songs. Páginas 81-127. *In*: R. Payne (editor). Communication and behavior of whales. AAAS Selected Symposia Series. Westview Press, Boulder, Colo.
- Gambell, R. 1975. World whale stock. *Mammal Review* 6:41-53.
- Hafner, G.W., C.L.Hamilton, W.W. Steiner, T. J.Thompson, y H.E. Winn 1979. Signature information in the song of the humpback whale. *J. Acoust.Soc. Am.* 66(1):1-6.
- Hammond, P.S., S.A. Mizroch y G.P. Donovan (Eds). 1990. Individual recognition of Cetaceans: Use of Photo-identification and other techniques to estimate population parameters. Special issue 12. IWC. Cambridge, 440 pp.
- Helweg, D. A., L. M. Herman, S. Yamamoto and P. H. Forrestell. 1990. Comparison of songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) recorded in Japan, Hawaii and Mexico during the winter of 1989. *Scientific Report of the Cetacean Research Institute* 1:1-12.
- Johnson, J. H. y A. A. Wolman. 1984. The humpback whale, *Megaptera novaeangliae*. *Marine Fisheries Review* 46:30-37.
- Katona, S.K., B. Baxter, O.Brazier, S. Kraus, J. Perkins y H. Whitehead. 1979. Identification of the humpback whales by fluke photographs. *In*: Behavior of marine animals. Vol. 3. Edited by H.E. Winn and B.L. Olla. Plenum Press, New York. Pp. 33-44.
- Ladrón de Guevara P., P. 1995. La ballena jorobada, (*Megaptera novaeangliae*) (Borowski 1781) en la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México (Cetacea: Balaenopteridae). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. 155 pp. + 19 pl.
- Ladrón de Guevara P., P. J. Urbán R., M. Salinas Z., J.K. Jacobsen, K.C. Balcomb III, A. Jaramillo L., D. Claridge y A. Aguayo L. 1993. Relaciones entre las agregaciones invernales de rorcuales jorobados, *Megaptera novaeangliae*, en el Pacífico mexicano. Pp 26 *In*: Resúmenes XVIII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. 4-7 mayo de 1993. La Paz, B.C.S.
- Ladrón de Guevara P., P., M. Salinas Z., R. Juárez S., L. Medrano G. Y J Urbán R. 2000. Movimientos de las hembras de rorcuales jorobados (*Megaptera novaeangliae*) entre las agregaciones invernales del continente y del Arcipiélago de Revillagigedo, México. Pag. 68. *In*: Resúmenes de la XXV Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. Mayo de 2000. La Paz, B.C.S.

- Lluch-Cota, S. E., D. B. Lluch-Cota, D. Lluch-Belda y J. Bautista-Romero. 1994. Oceanografía. pp. 77-111. *In*: A. Ortega-Rubio y A. Castellanos V. (eds.) La Isla Socorro, reserva de la biósfera Archipiélago de Revillagigedo, México. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, B.C.S. 359 pp.
- Mattila, D. J., L. N. Guinee y C. A. Mayo. 1987. Humpback whale songs on a North Atlantic feeding ground. *J. Mamm.* 68(4):880-883.
- McSweeney, D. J., K. C. Chu, W. F. Dolphin y L. N. Guinee. 1989. North Pacific humpback whale songs: a comparison of southeast Alaska feeding ground songs with Hawaiian wintering ground songs. *Mar. Mamm. Sci.* 5(2):139-148.
- Medina, G. M. 1957. Memorias de la expedición científica a las Islas Revillagigedo, Abril 1954. Universidad de Guadalajara, Jalisco. 23-34.
- Medrano G., L. 1994. Estudio genético del rorcual jorobado en el Pacífico mexicano. Tesis de Doctorado en Ciencias. Facultad de Ciencias, UNAM. 95 pp.
- Mizroch, S.A., D.Glockner-Ferrari, D. Salden, H. Bernard, J. Mobley y L. Baraff. 1996. Report of a pilot study to estimate abundance, within-season residency, and rate and direction of movement of humpback whales in Hawaiian waters, Winter 1995. Pag. 131-161. *In*: Annual reports of research carried out on the biology of marine mammals by the National Marine Mammal Laboratory, Seattle, WA.
- Payne, R. S. y S. McVay. 1971. Songs of humpback whales. *Science* 173 585-597
- Payne R. S. y L. N. Guinee. 1983. Humpback whale songs as an indicator of "stocks". paginas 333-358. *In*: R. Payne (editor). Communication and behavior of whales. AAAS Selected Symposia Series, Westview Press, Boulder, Colo.
- Payne, K., P. Tyack and R. Payne. 1983. Progressive changes in the songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*): A detailed analysis of two seasons in Hawaii. *In*: R. Payne (editor) Communication and behavior of whales. AAAS Selected Symposia Series, Westview Press, Boulder, Colo
- Roden, G.I., e I. Emilson, en prensa. Oceanografía física del Golfo de California Proc. Six Sci. Symp. IV. The Gulf of California: origin, evolution, waters, marine life and resources.
- Salden, D.R., L.M. Herman, M. Yamaguchi y F. Sato. 1999. Multiple visits of individual humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) between the Hawaiian and Japanese winter grounds. *Can. J. Zool.* 77:504-508.
- Salinas Z., M. A. y L. F. Bourillón M. 1988. Taxonomía, Diversidad y Distribución de los cetáceos de la Bahía de Banderas, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. 211pp.
- Salinas Z., M. A. y P. Ladrón de Guevara P. 1993. Riqueza y diversidad de los mamíferos marinos. páginas 85-93. *In*: Flores V.,O. y A. Navarro S. (Comp.). Biología y problemática de los vertebrados en México. Revista Ciencias. No. Especial 7. Mayo de 1993.
- Steiger, G.H., J. Calambokidis, R. Sears, K.C. Balcomb y J.C. Cabbage. 1991. Movement of humpback whales between California and Costa Rica. *Marine Mammals Science* 7:306-310.

- Straley, J. M. 1990. Fall and winter occurrence of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Southeastern Alaska. Rep. Int. Whal. Commn. (special issue 12) 319-323.
- Tyack, P. 1981. Interactions between singing Hawaiian humpback whales and conspecifics nearby. Behav. Ecol. Sociobiol. 8: 105-116
- Tyack, P. 1983. Differential responses of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, to playback song or social sounds. Behav. Ecol. Sociobiol. 13:49-55.
- Tyack, P. y H. Whitehead. 1983. Male competition in large groups of wintering humpback whales. Beh. 83: 132-154.
- Urbán R., J. y A. Aguayo L. 1987. Spatial and seasonal distribution of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the Mexican Pacific. Mar. Mamm. Sci. 3:333-344
- Urbán R., J., A. Aguayo L., M. Salinas Z., R. Campos R., K.C. Balcomb, J.K. Jacobsen, P. Ladrón de G y C. Alvarez F. 1989. Abundance and interaction of the humpback whales in their Mexican breeding grounds. In Abstracts 8<sup>th</sup> Biennial Conference on Biology of Marine Mammals. December, 1989. Pacific Grove, California.
- Urbán R., J., A. Jaramillo, M. Salinas, J. Jacobsen, K. Balcomb, P. Ladrón de Guevara y A. Aguayo. 1994. Population size of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the Mexican Pacific. Working Paper SC/46/NP4 to the International Whaling Commission.
- Urbán R., J., C. Alvarez F., M. Salinas Z., J. Jacobsen, K. Balcomb, A. Jaramillo L., P. Ladrón de Guevara P. y A. Aguayo L. (1999). Population size of Humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in waters off the Pacific coast of Mexico. Fish. Bull. 97:1017-1024.
- Winn, H.E. y N.E. Richley. 1985. Humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781). Pp. 241-273. In: S.H. Ridgway y R. Harrison (eds.). Handbook of Marine Mammals. Vol. 3. The Sirenians and Baleen Whales. Academic Press. London. 362 pp.
- Winn H. E. y L. K. Winn. 1978. The Song of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the West Indies. Mar. Biol. 47: 97-114.
- Winn H.E., T. J. Thompson, W. C. Cummings, J. Hain, J. Hudnall, H. Hays y W. W. Steiner. 1981. Songs of the humpback whale: population comparisons. Behav. Ecol. Sociobiol. 8:41-46.
- Wyrki, K. 1965. Corrientes superficiales del Océano Pacífico Oriental Tropical. Boletín de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. Vol. IX, No. 5. La Jolla California. 303 pp.





**Figura 8. Gráficas que muestran la comparación efectuada en las distintas variables de las subfrases 1, 1s, 1v y 1t del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990. (Los valores promedio de cada gráfica y los valores críticos se observan en los cuadros 3 y 4, respectivamente)**

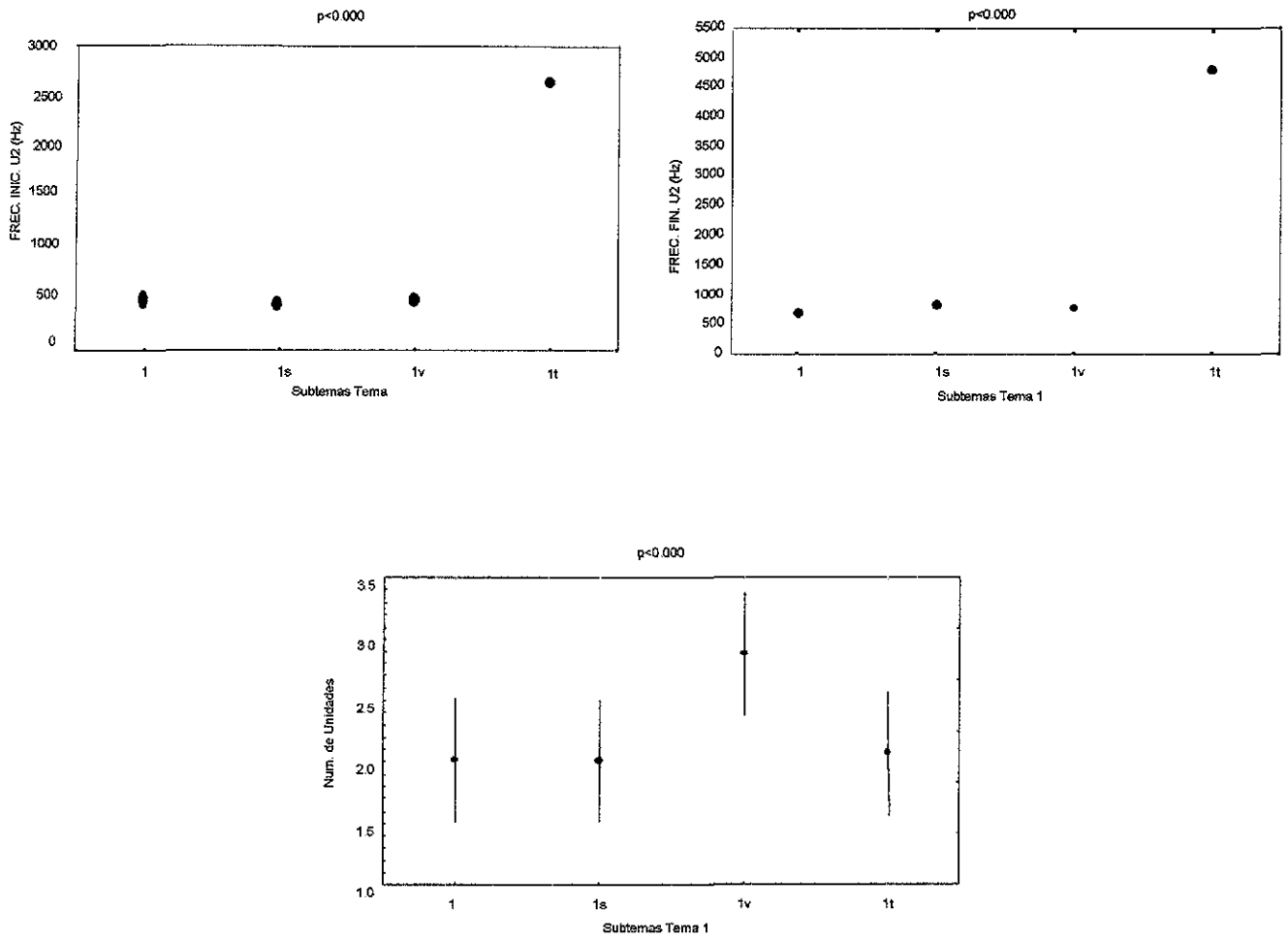
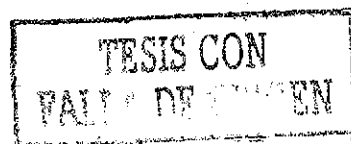


Figura 8. (Continuación) Gráficas que muestran la comparación efectuada en las distintas variables de las subfrases 1, 1s, 1v y 1t del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.



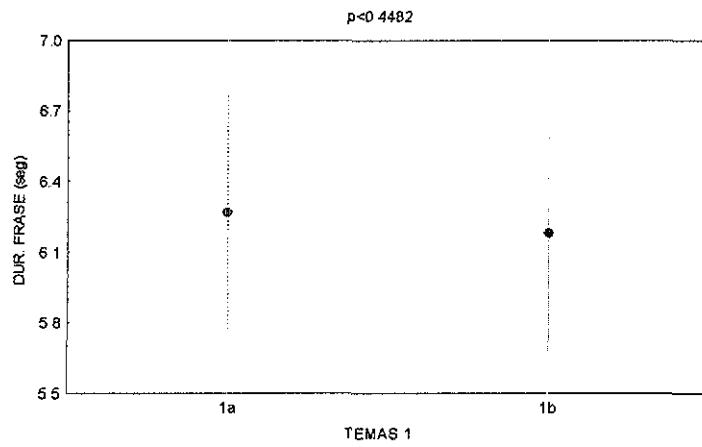


Figura 9. Gráficas de la Duración promedio de las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.

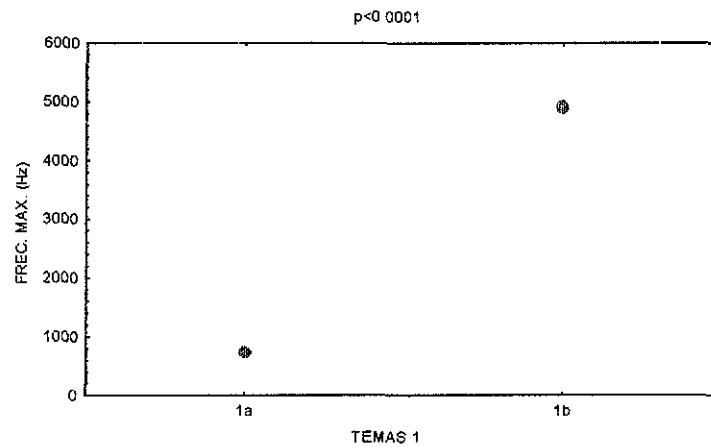


Figura 10. Gráfica de la Frecuencia máxima promedio de las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.

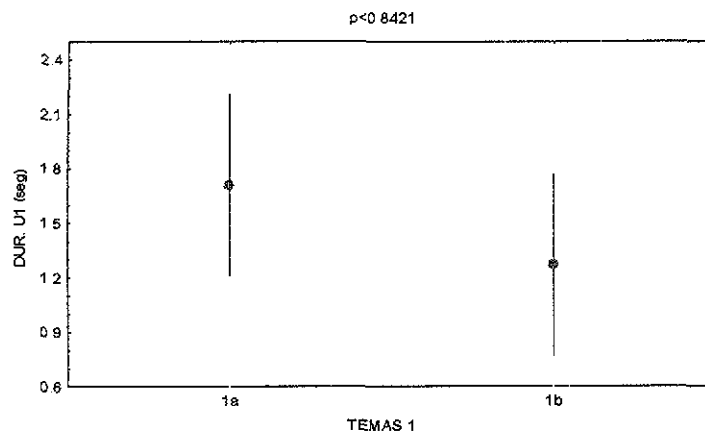
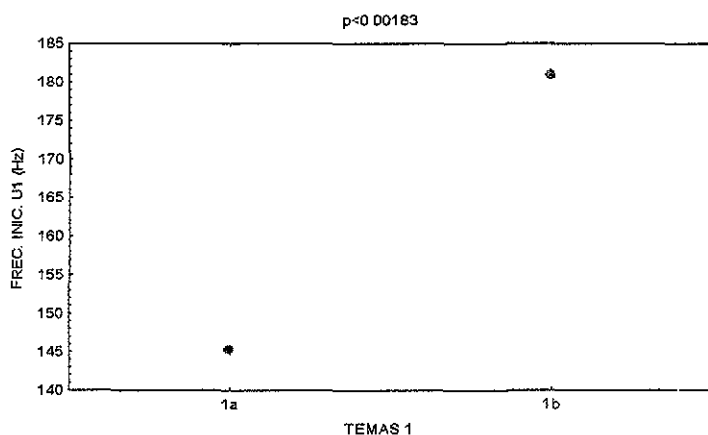
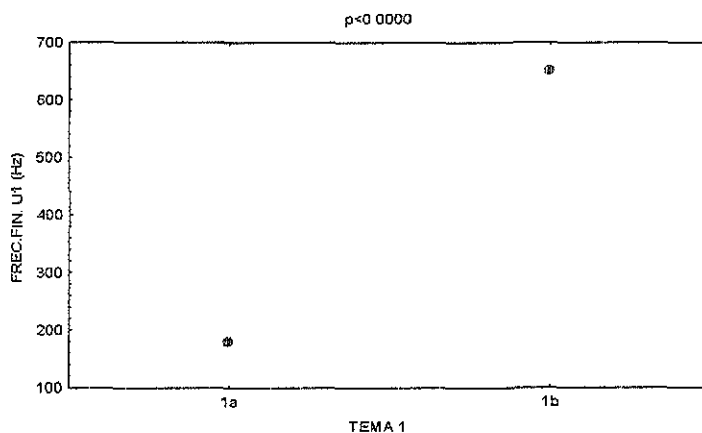


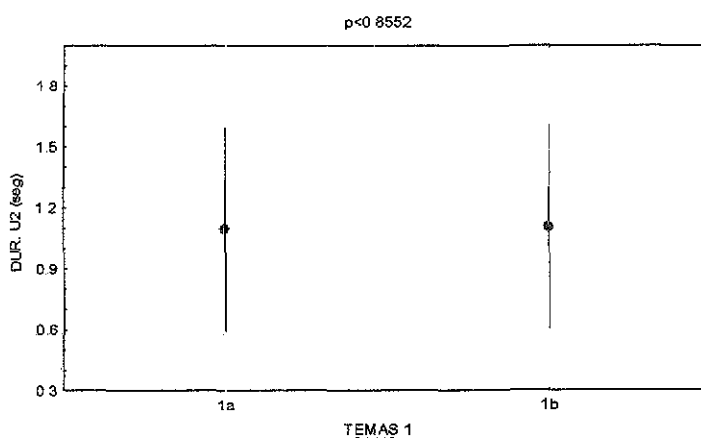
Figura 11. Gráfica de la duración promedio de la Unidad 1 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.



**Figura 12.** Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 1 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.



**Figura 13.** Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 1 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.



**Figura 14.** Gráfica de la duración promedio de la Unidad 2 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.

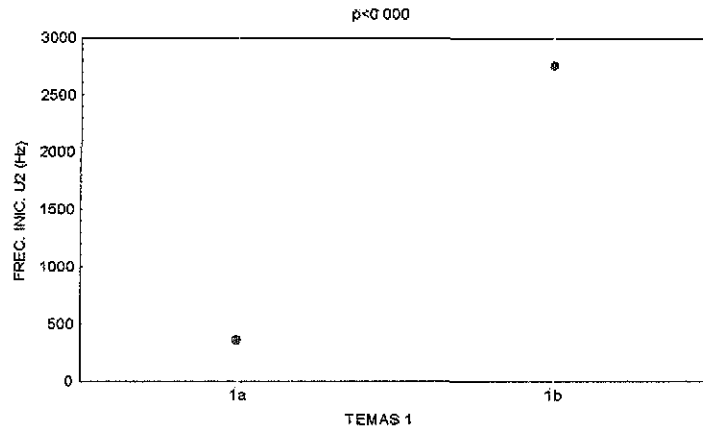


Figura 15. Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 2 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.

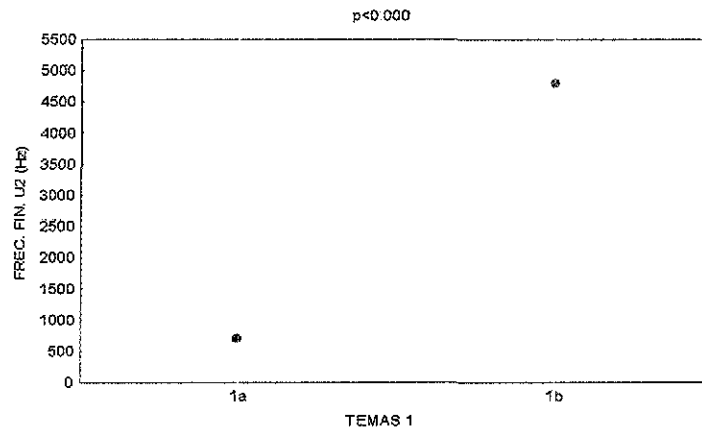


Figura 16. Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 2 en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.

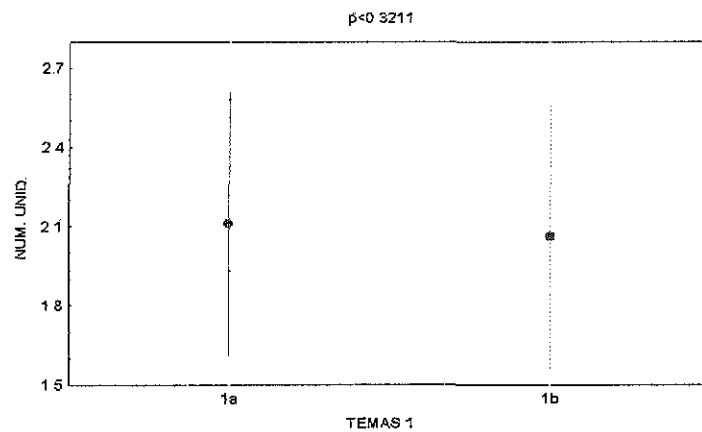


Figura 17. Gráfica del número de unidades en promedio en las subfrases 1a y 1b del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.

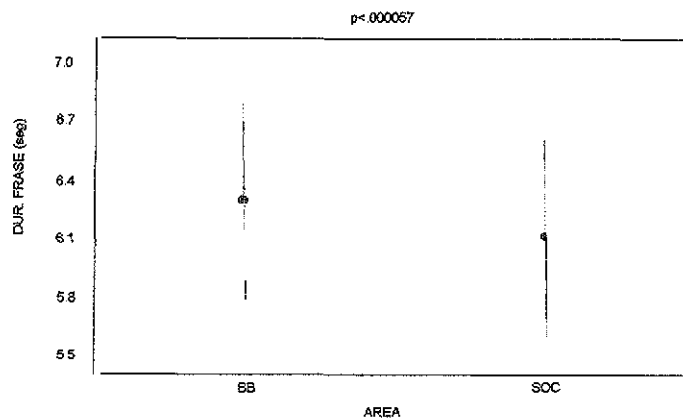


Figura 18. Gráfica de la duración promedio de las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.

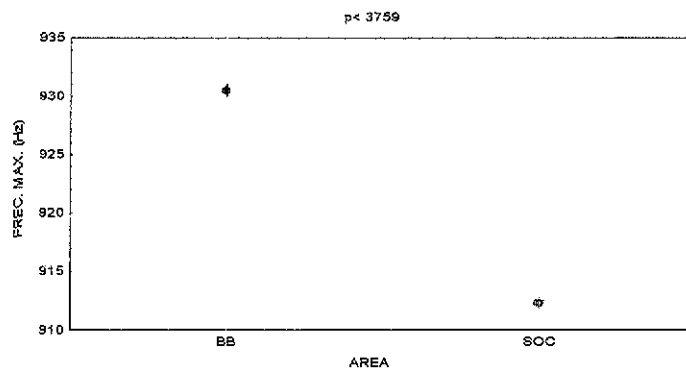


Figura 19. Gráfica de la Frecuencia máxima promedio de las frases del Tema 1 en la BB y SOC, durante 1990.

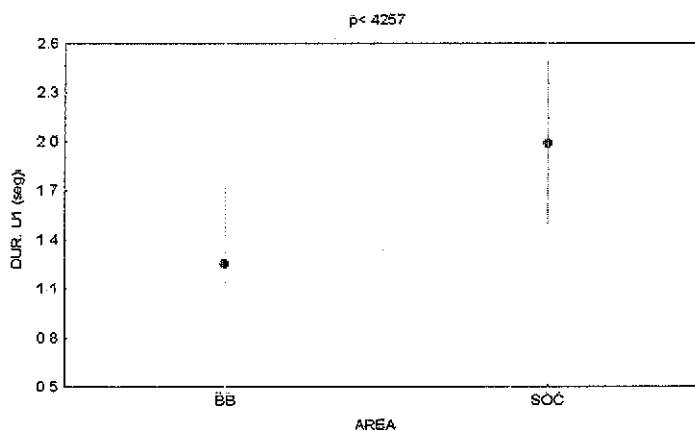


Figura 20. Gráfica de la duración promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 1 al comparar BB y SOC, durante 1990.

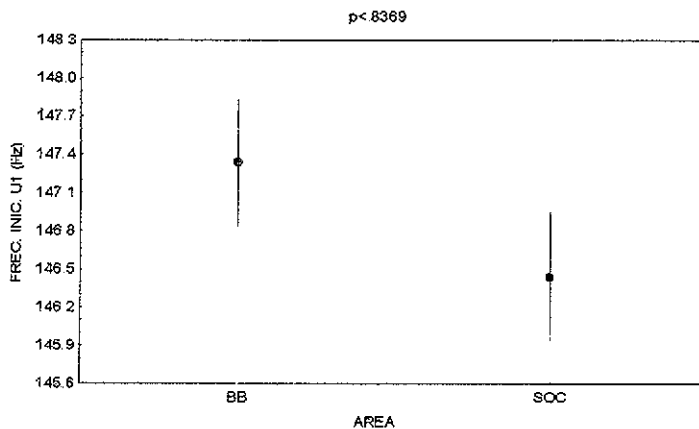


Figura 21. Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.

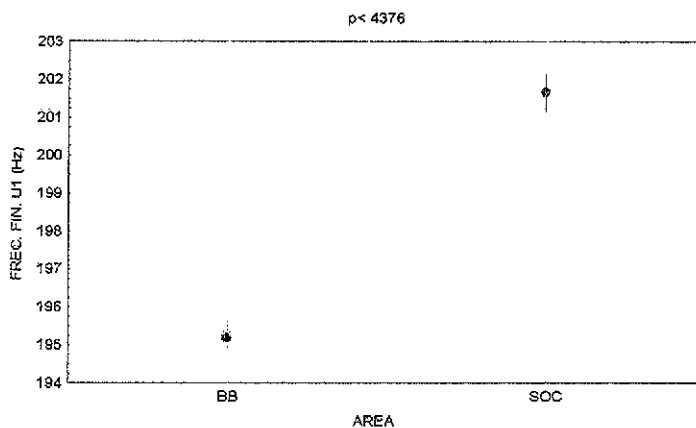


Figura 22. Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.

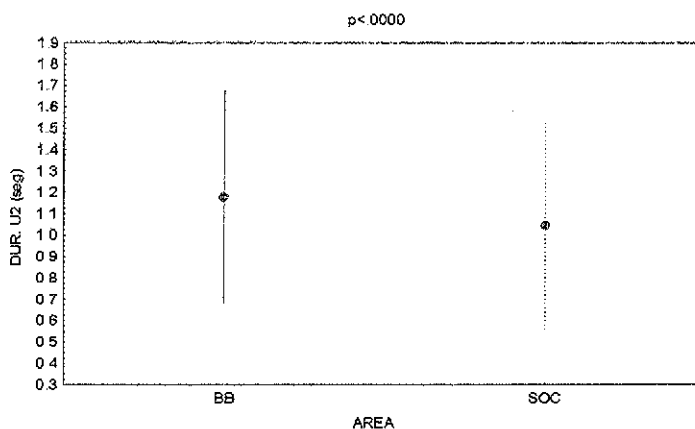


Figura 23. Gráfica de la duración promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.

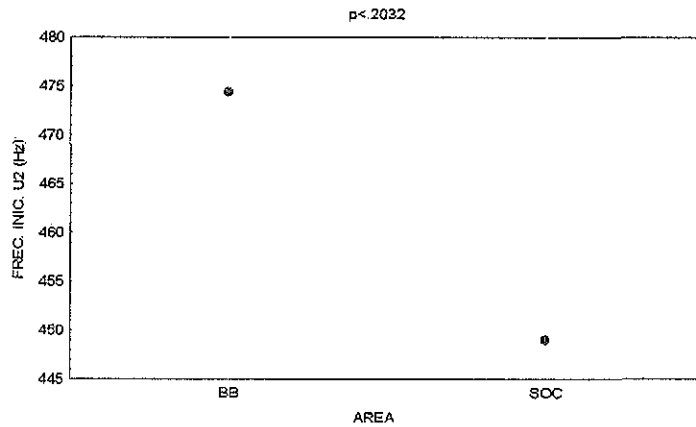


Figura 24. Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.

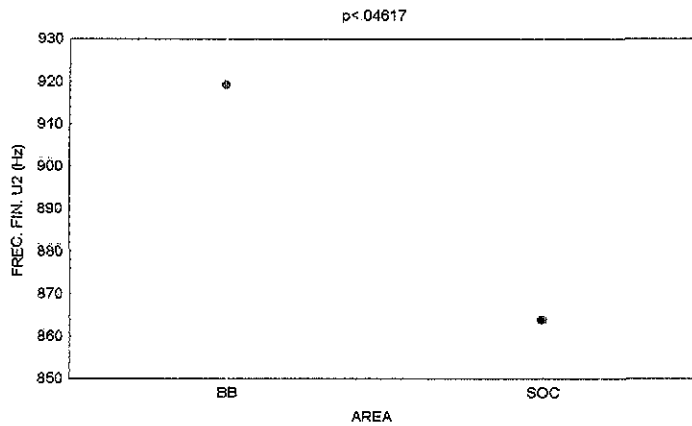


Figura 25. Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.

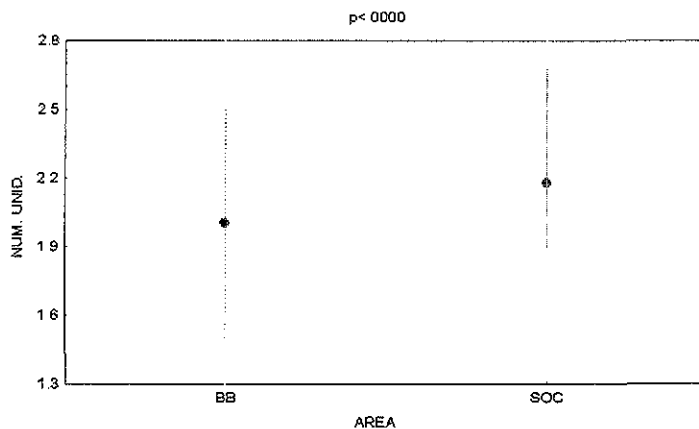


Figura 26. Gráfica del número de unidades en promedio en las frases del Tema 1 al comparar la BB y SOC, durante 1990.



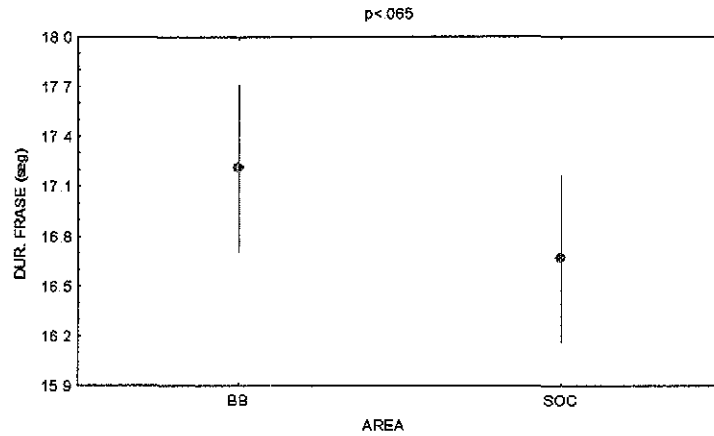


Figura 27. Gráfica de la duración promedio de las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.

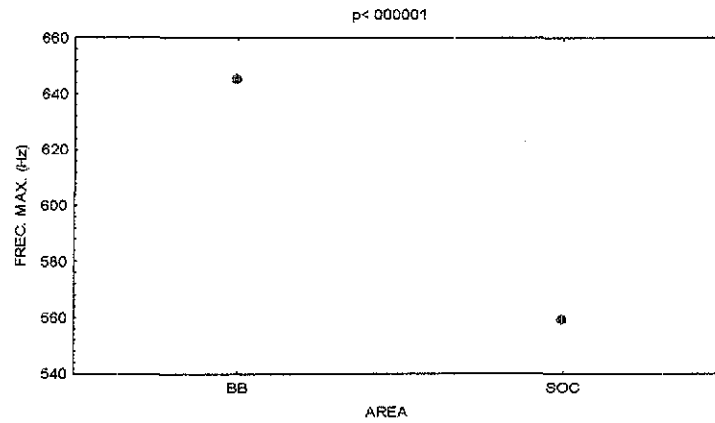


Figura 28. Gráfica de la Frecuencia máxima promedio de las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.

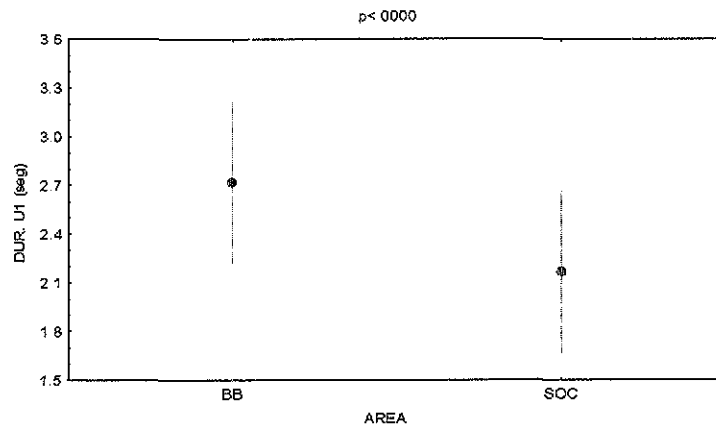
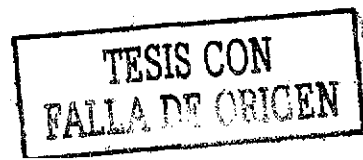


Figura 29. Gráfica de la duración promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.



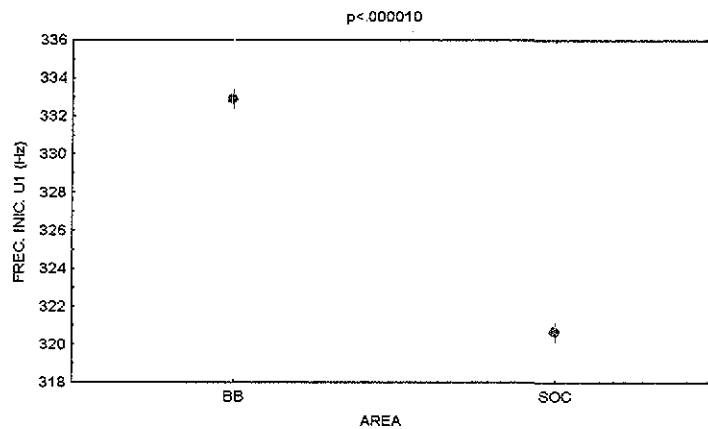


Figura 30. Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.

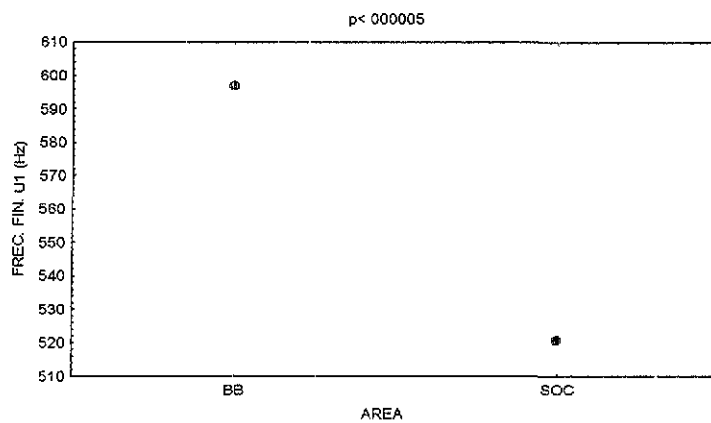


Figura 31. Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.

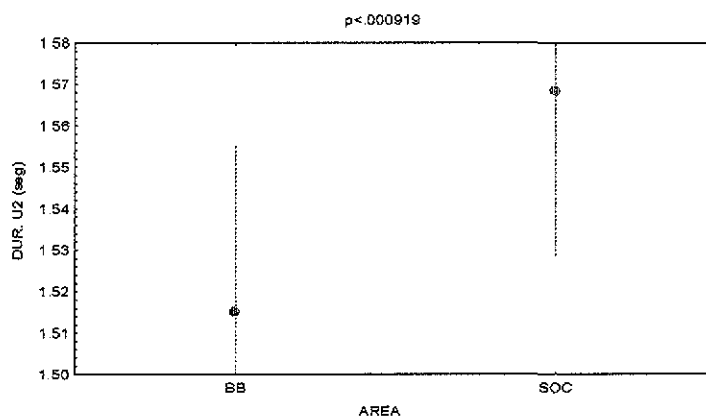


Figura 32. Gráfica de la duración promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.

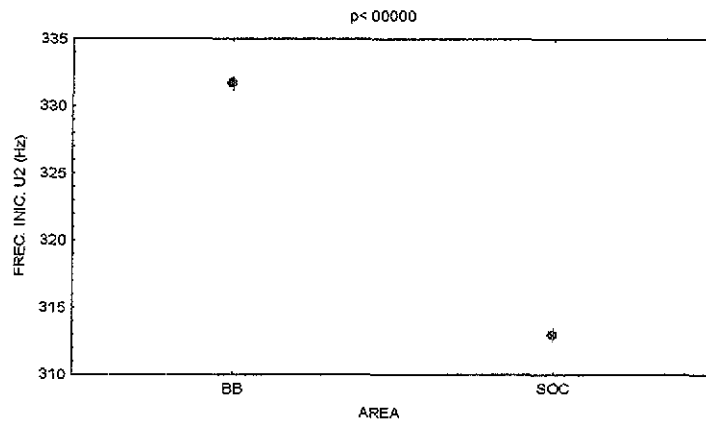


Figura 33. Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.

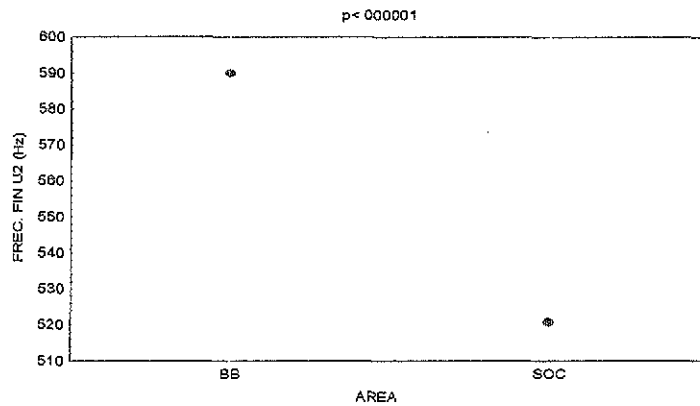


Figura 34. Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.

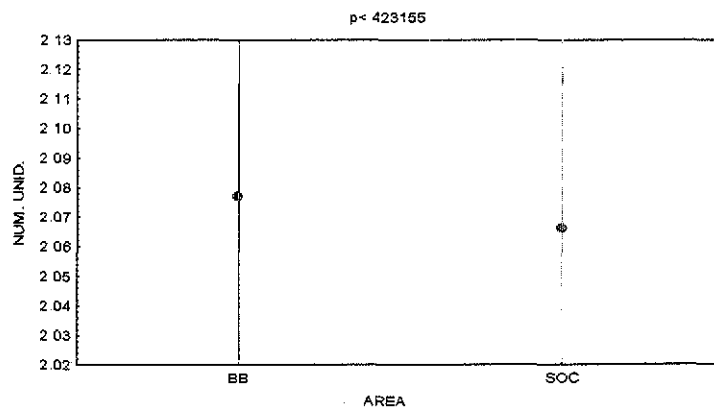


Figura 35. Gráfica del número de unidades en promedio en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.

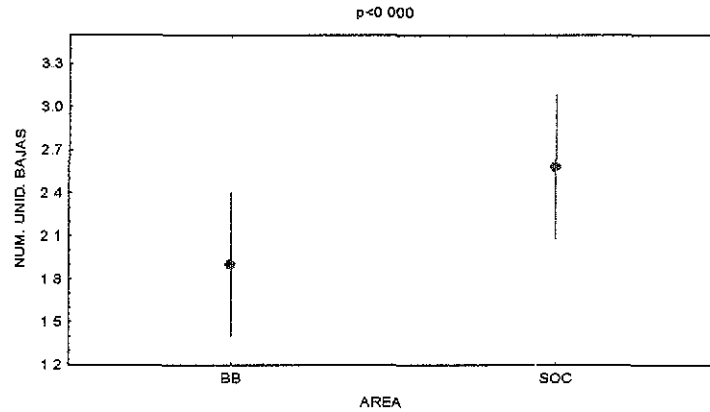


Figura 36. Gráfica del número de unidades bajas en promedio en las frases del Tema 2a al comparar la BB y SOC, durante 1990.

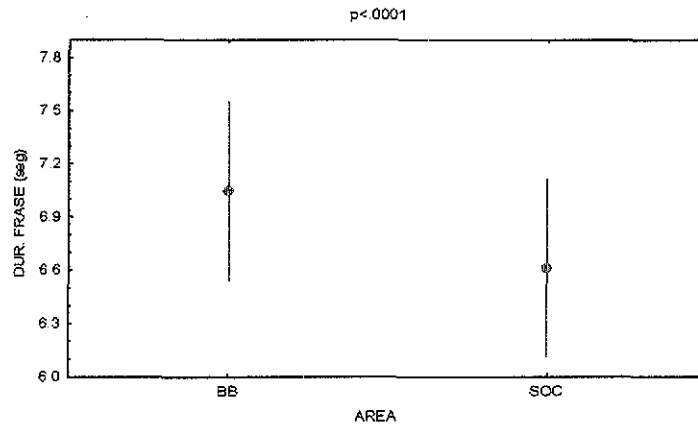


Figura 37. Gráfica de la duración promedio de las frases del Tema 3a al comparar la BB y SOC, durante 1990.

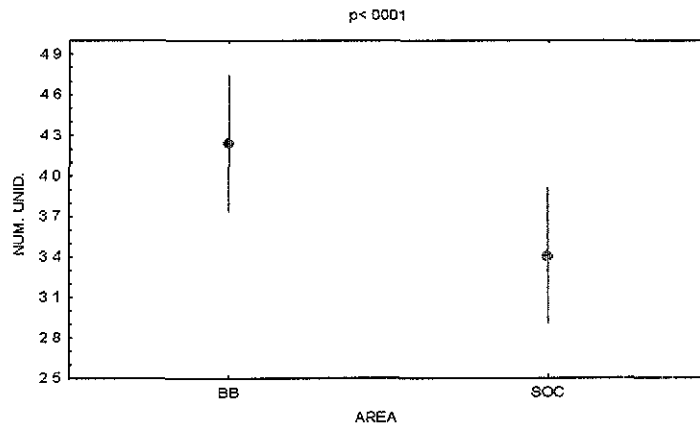


Figura 38. Gráfica del número de unidades en promedio en las frases del Tema 3a al comparar la BB y SOC, durante 1990.

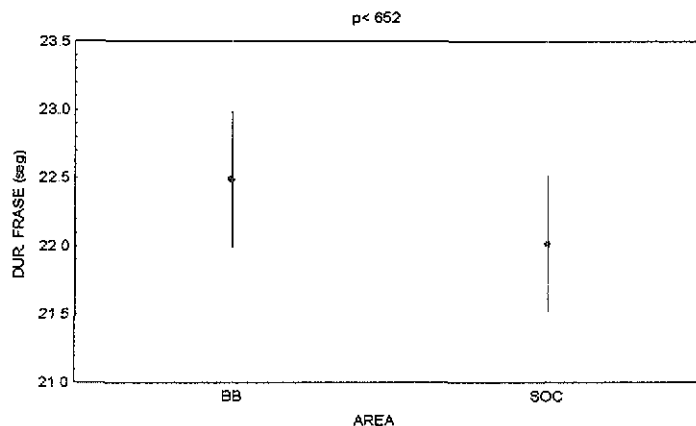


Figura 39. Gráfica de la duración promedio de las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.

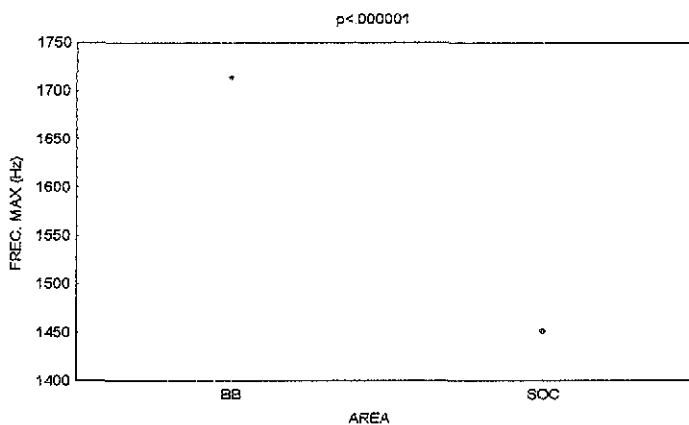


Figura 40. Gráfica de la Frecuencia máxima promedio de las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.

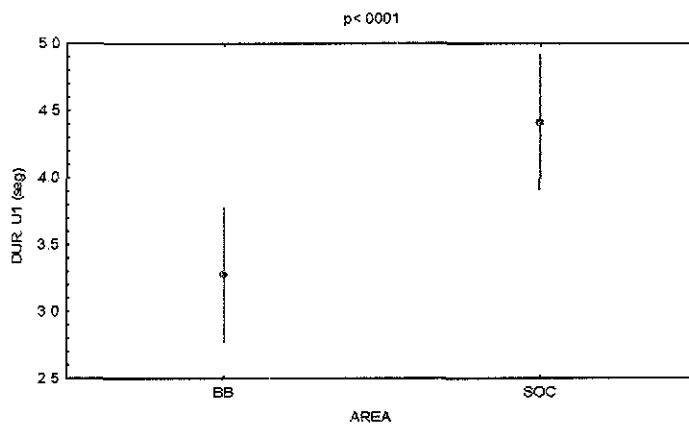


Figura 41. Gráfica de la duración promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.

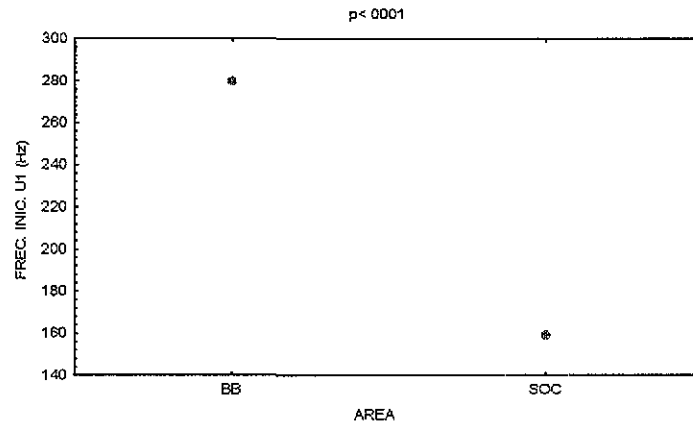


Figura 42. Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.

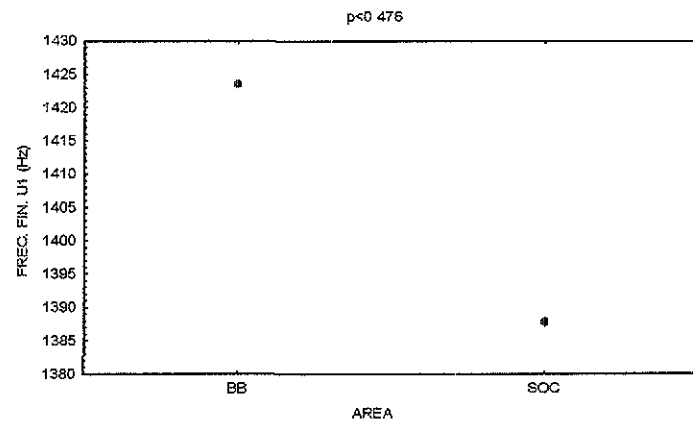


Figura 43. Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 1 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.

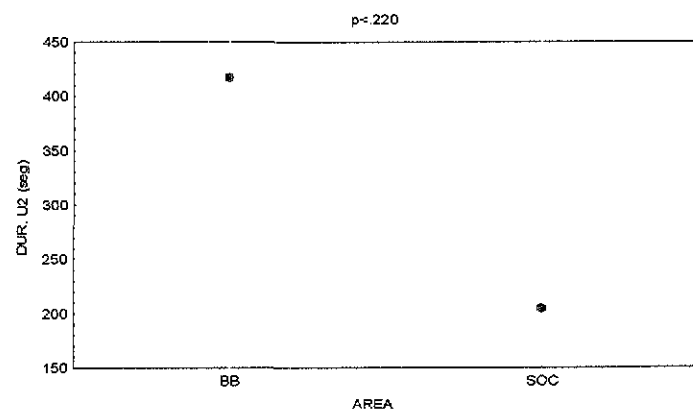
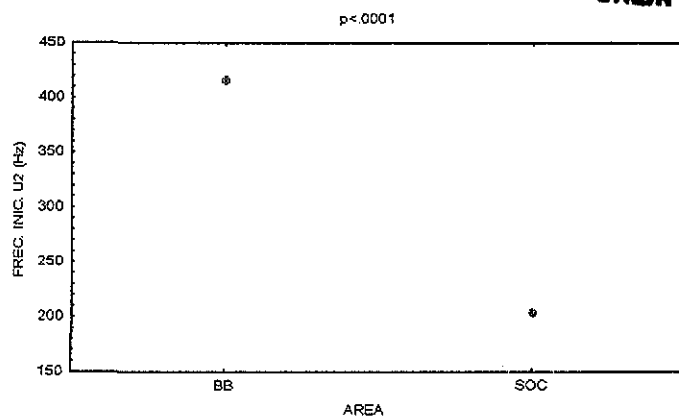
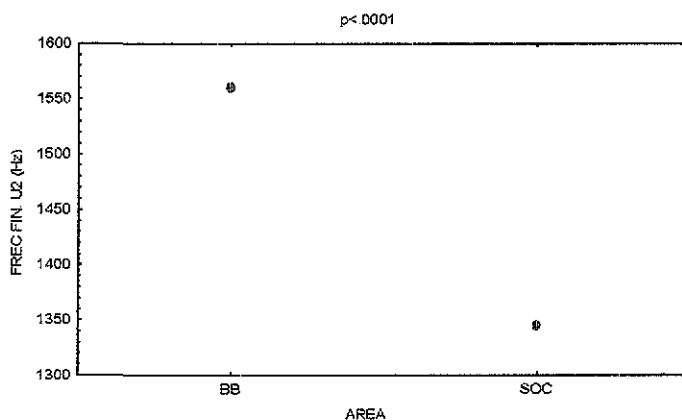


Figura 44. Gráfica de la duración promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.

**ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA**



**Figura 45. Gráfica de la frecuencia inicial promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.**



**Figura 46. Gráfica de la frecuencia final promedio de la Unidad 2 en las frases del Tema 3b al comparar la BB y SOC, durante 1990.**

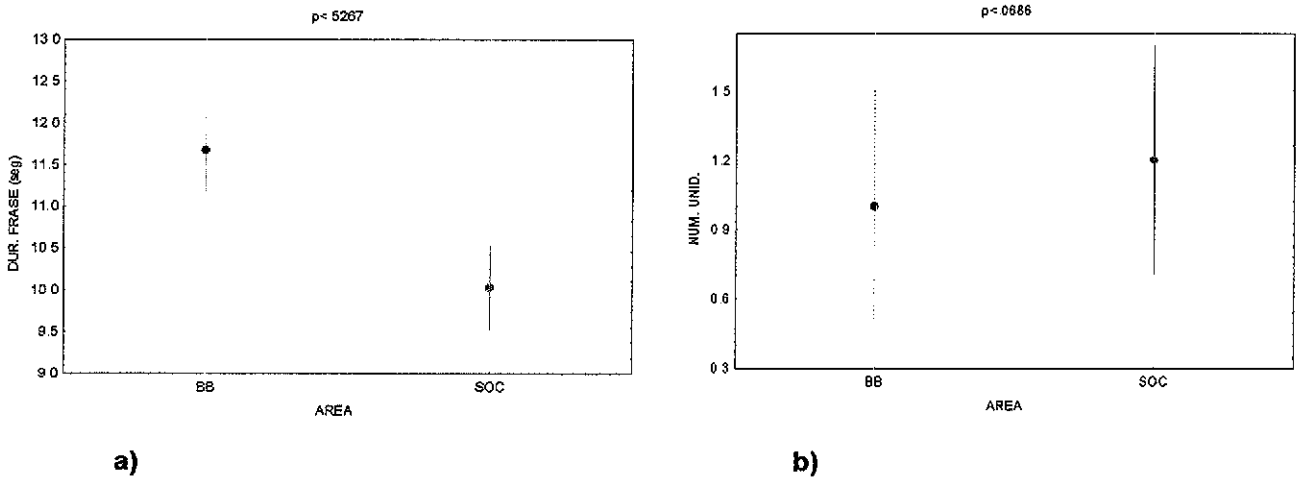


Figura 47. Gráfica de la duración promedio de las frases (a) y del número de unidades (b) del Tema R al comparar la BB y SOC, durante 1990.

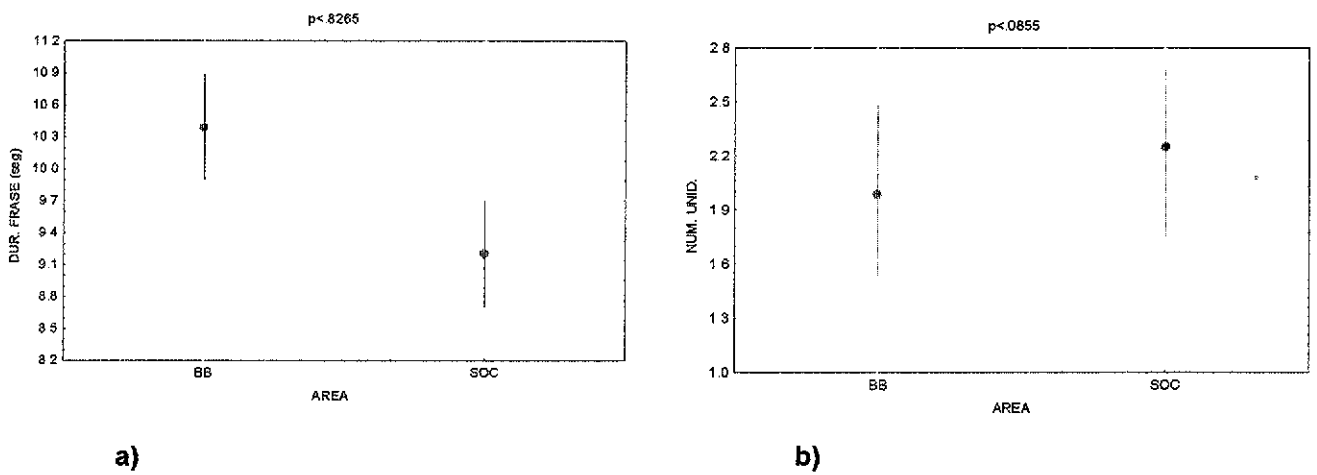


Figura 48. Gráfica de la duración promedio (a) y del número de unidades (b) de las frases del Tema RT al comparar la BB y SOC, durante 1990.