

TESIS DEFENDIDA POR
Guadalupe Gómez Hernández
Y APROBADA POR EL SIGUIENTE COMITÉ

Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski

Codirectora del Comité

Dra. Simona Sanvito

Codirectora del Comité

Dra. Sharon Zinah Herzka Llona

Miembro del Comité

Dr. Fidencio Alejandro Nava Pichardo

Miembro del Comité

Dr. Axayácatl Rocha Olivares
*Coordinador del programa de posgrado
en Ecología Marina*

Dr. David Hilario Covarrubias Rosales
Director de Estudios de Posgrado

19 de agosto de 2009

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DE ENSENADA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN ECOLOGÍA MARINA**

**CARACTERIZACIÓN DE LAS VOCALIZACIONES EN MADRES Y CRÍAS DE FOCA
ELEFANTE DEL NORTE (*Mirounga angustirostris*) EN LAS ISLAS SAN BENITO, BAJA
CALIFORNIA, Y POTENCIAL PARA SU RECONOCIMIENTO**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:

GUADALUPE GÓMEZ HERNÁNDEZ

Ensenada, Baja California, México, Agosto 2009.

RESUMEN de la tesis de **Guadalupe Gómez Hernández**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en Ecología Marina. Ensenada, Baja California. Agosto 2009.

CARACTERIZACIÓN DE LAS VOCALIZACIONES EN MADRES Y CRÍAS DE FOCA ELEFANTE DEL NORTE (*Mirounga angustirostris*) EN LAS ISLAS SAN BENITO, BAJA CALIFORNIA, Y POTENCIAL PARA SU RECONOCIMIENTO

Resumen aprobado por:

Dra. Gisela Heckel Dziendzielewski
Co-Directora de Tesis

Dra. Simona Sanvito
Co-Directora de Tesis

La foca elefante del norte (*Mirounga angustirostris*, FEN) presenta un sistema de apareamiento de poliginia por defensa de hembras, en donde se forman grandes harenes. La agresividad de las hembras y el movimiento de los machos dentro del harén provocan en muchos casos la separación de las parejas madre-cría, provocando un riesgo en la supervivencia de las crías. Por esto, el reconocimiento madre-cría debe ser bueno para así poder asegurar la supervivencia de las crías. Este reconocimiento se basa en señales olfatorias, visuales y acústicas. La hipótesis de este trabajo plantea que las señales acústicas presenten características que son individuales y, por lo tanto, puedan usarse para el reconocimiento individual. Los objetivos fueron describir la estructura acústica de las vocalizaciones de las madres y crías, así como evaluar la repetibilidad y el potencial de codificación individual (PIC, por sus siglas en inglés) de las vocalizaciones de madres y crías, y analizar su posible contribución al reconocimiento entre ambas. Se analizaron 73 llamados de hembras y 74 llamados de crías grabados durante la temporada reproductiva diciembre 2006-abril 2007 en la población de foca elefante del norte en la Isla San Benito del Oeste (SBO). Se describieron las características acústicas de los llamados en los parámetros estructurales, temporales y de frecuencia, y se evaluaron los índices de individualidad. Los resultados mostraron que las hembras de FEN presentaron en su mayoría llamados tonales, mientras que las crías presentaron en la mayoría llamados con estructura pulsante. Se encontró que las hembras emiten llamados a frecuencias más bajas que las crías, lo que puede estar relacionado con el mayor tamaño de las hembras. Además, se encontró que los parámetros de frecuencia fueron los que presentaron el grado de individualidad mayor a diferencia de los parámetros de tiempo y estructura, los cuales pueden usarse potencialmente en el reconocimiento. Los llamados de las crías fueron más variables que los de las hembras. Los resultados de este trabajo muestran que hay individualidad en los llamados de madres y crías de FEN en SBO, pero parece no ser tan fuerte en contraste con lo reportado previamente para esta especie.

Palabras clave: comunicación vocal, reconocimiento madre-cría, individualidad y variabilidad, repetibilidad, *Mirounga angustirostris*, foca elefante del norte, Isla San Benito del Oeste

ABSTRACT of the thesis presented by **Guadalupe Gómez Hernández** as a partial requirement to obtain the MASTER OF SCIENCE degree in Marine Ecology. Ensenada, Baja California, México. August 2009.

CHARACTERIZATION OF VOCALIZATIONS IN MOTHERS AND PUPS OF THE NORTHERN ELEPHANT SEAL (*Mirounga angustirostris*) AT SAN BENITO ISLANDS, BAJA CALIFORNIA, AND THE POTENTIAL FOR RECOGNITION

The northern elephant seal (*Mirounga angustirostris*, NES) mating system is the purest form of female defense polygyny, with the formation of large harems. The aggressiveness of the females and the movements of males in the harem are often the causes for separation of mother-offspring pairs, resulting in a risk to the survival of offspring. For this reason, mother-offspring recognition should be good to ensure pup survival. Recognition is based on olfactory, visual and acoustic signals. This study's hypothesis states that acoustic signals have individual characteristics and therefore can be used for individual recognition. The objectives were to describe the acoustic structure of vocalizations of mothers and offspring, and to assess the repeatability and the potential for individual coding (PIC) of vocalizations of mothers and offspring, and analyze their possible contribution to the recognition between the two. I analyzed 73 calls from 74 calls of females and pups recorded during the breeding season December 2006-April 2007 in the population of NES at San Benito Oeste Island (SBO). I described the acoustic characteristics of the calls, analyzing their structural, time and frequency parameters, and I evaluated the indices of individuality. The results showed that female calls were mainly tonal, while pup calls mainly had a pulsating structure. I found that females emitted calls at frequencies lower than pups, which might be related to the larger size of females. In addition, I found that frequency parameters presented a higher level of individuality compared to time and structure parameters, so that they can be used in recognition. The calls of pups were more variable than those of females. The results of this study show that there is individuality in NES mother and pup calls at SBO but apparently not as strong as has been reported previously for this species.

Keywords: vocal communication, mother-offspring recognition, individuality and variability, repeatability, *Mirounga angustirostris*, northern elephant seal, San Benito Oeste Island

DEDICATORIAS

Para ti, que me ayudaste durante todo el proceso de este trabajo y durante todo el largo camino que he recorrido en esta vida.

Para ti, que has llorado y reído conmigo en los buenos y malos momentos.

Para ti, que me amas y estas a mi lado para apoyarme, aconsejarme, guiarme, regañarme, alentarme... todo eso para que todo lo que haga sea lo correcto.

Para ti, que te desvelaste horas escribiendo, leyendo, discutiendo.

Para ti, que me has dado un lugar especial en tu vida.

Para ti, que confiaste en mí.

Para ti, que estas leyendo esto lo cual significa que valió la pena todo el esfuerzo.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quiero darle gracias a Dios por permitirme llegar hasta aquí, por darme la fortaleza, la sabiduría y por guiarme por el buen camino.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) por haberme brindado la oportunidad de llevar a cabo mis estudios de posgrado

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca que me proporcionaron para llevar a cabo mis estudios.

A la Dra. Gisela Heckel y la Dra. Simona Sanvito por aceptarme como su estudiante de maestría, el constante apoyo y paciencia, además de las invaluable aportaciones a esta tesis.

A la Dra. Sharon Herzka, investigadora del Departamento de Oceanografía Biológica y al Dr. Alejandro Nava, investigador del Departamento de Sismología (CICESE), por aceptar ser miembros de mi comité de tesis y sus valiosas observaciones al documento presente.

Al Dr. Filippo Galimberti del Elephant Seal Research Group (ESRG-Italia e Islas Falkland) por su apoyo y aportaciones a este trabajo.

A la M. en C. Thalia Martinez y al grupo de trabajo que me ayudaron durante el trabajo de campo para la recolección de los datos, y que también hicieron de mi estancia en la isla una experiencia inigualable y placentera.

A la Dra. Elena Solana Arellano por su apoyo incondicional, ya que sin él no hubiera sido posible mi estancia en el posgrado.

A toda la planta académica del Posgrado de Ecología Marina por sus enseñanzas a lo largo de mi estancia en este centro.

A la Dirección de Estudios de Posgrado por su paciencia y orientación durante todos los trámites administrativos.

A mi familia que sin su apoyo, pero principalmente sin su amor incondicional no hubiese podido llegar hasta aquí. Sé que siempre puedo contar con ustedes, por eso y más les agradezco todo lo que han hecho por mí y por todo lo que están dispuestos a seguir haciendo. Por ser la luz en mi camino, por sus consejos, su guía, por todos los valores que me han inculcado, por todo gracias. Esta es por ustedes y para ustedes que son lo más importante.

A las shicas y mojo Ale, Nelva, Denise, por estos ocho años de locura, por todo el apoyo, por todas las aventuras que vivimos. Por estar conmigo en los buenos y malos momentos durante todo el camino recorrido, muchas gracias. Gracias por formar parte de mi vida.

A ti que llegaste cuando más te necesitaba, a ti que le has dado un cambio grandioso a mi vida, a ti que llenas de sentido y motivación todas las cosas que hago, a ti que permaneces a mi lado. Mil gracias por todo tu apoyo, pero más que eso, por todo tu amor. T. A. M. Ch.

A las Dras. Yolanda Schramm y Gisela Heckel por su amistad, su apoyo, su guía, y por ser en gran parte responsables de el amor que siento por saber de los mamíferos marinos.

A todas las personas que me han hecho de mi estancia en Ensenada algo placentero, ICMME's, Salvavidas, compañeros de la universidad, de la maestría (Thalía, Mariana, Bety), todos mis profesores, gracias.

CONTENIDO

	Página
Resumen español	i
Resumen inglés	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	vi
Lista de Figuras	viii
Lista de Tablas	xiii
I. Introducción.....	1
I.1 Comunicación animal.....	1
I.1.1 Comunicación acústica.....	2
<i>II.1.1 Comunicación acústica en pinnípedos.....</i>	3
I.2 Reconocimiento individual.....	5
I.2.1 Reconocimiento individual en pinnípedos.....	6
I.2.2 Adopción y amamantamiento alterno en pinnípedos.....	8
I.3 Cuidado parental.....	8
I.4. Biología de la especie.....	11
I.4.1. Distribución y estatus de la especie.....	11
I.4.2. Descripción de la especie.....	14
II. Antecedentes sobre estudios acústicos.....	18
III. Justificación.....	21
IV. Hipótesis.....	23
V. Objetivos.....	23
V.1. Objetivo General.....	23
V.2 Objetivos específicos.....	23
VI. Metodología.....	24
VI.1 Área de estudio.....	24
VI.2 Trabajo de campo.....	26
VI.3 Análisis acústico.....	29
VI.3.1 Selección de grabaciones.....	29
VI.3.2 Mediciones de las variables acústicas.....	30
VI.4 Análisis estadístico.....	44
VI.4.1 Estadística descriptiva.....	44
VI.4.2 Individualidad.....	44
VII. Resultados.....	48
VII.1 Descripción de la estructura acústica.....	48

CONTENIDO (continuación)

	Página
VII.1.1 Variables de estructura.....	48
VII.1.2 Variables temporales.....	52
VII.1.3 Variables de frecuencia.....	59
VII.1.4 Variables de intensidad.....	69
VII.2 Estructura de las correlaciones.....	70
VII.2.1 Variables de estructura.....	70
<i>VII.2.1.1 Hembras.....</i>	<i>70</i>
<i>VII.2.1.2 Crías.....</i>	<i>72</i>
VII.2.2 Variables temporales.....	74
<i>VII.2.2.1 Hembras.....</i>	<i>74</i>
<i>VII.2.2.2 Crías.....</i>	<i>78</i>
VII.2.3 Variables de frecuencia.....	81
<i>VII.2.3.1 Hembras.....</i>	<i>81</i>
<i>VII.2.3.2 Crías.....</i>	<i>84</i>
VII.3 Variabilidad de los parámetros medidos.....	87
VII.4 Individualidad.....	91
VII.4.1 Repetibilidad.....	91
VII.4.2 Potencial de la codificación individual (PIC).....	95
VII.4.3 Repetibilidad vs PIC.....	99
VIII. Discusión.....	102
VIII.1 Estructura acústica.....	102
VIII.2 Variabilidad e Individualidad: Potencial del reconocimiento madre-cría.....	108
IX. Conclusiones.....	113
Literatura citada.....	114
ANEXO I.....	121
ANEXO II.....	145

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura</i>		Página
1	Distribución de la foca elefante del norte <i>Mirounga angustirostris</i> en las principales colonias de California y Baja California. Las Islas del Canal se encuentran señaladas en el círculo. Imagen tomada el día 08/06/2009 con el programa Google Earth (http://earth.google.com/)	12
2	Mapa de las islas San Benito: San Benito del Oeste, San Benito del Medio, y San Benito del Este. a) Imagen tomada de Salogni, 2009 (modificada del autor). En azul se marca el área de estudio. b) Imagen de satélite tomada el día 25/05/2009 con el programa Google Earth.	25
3	Técnica de marcaje con decolorante para cabello. a) Aproximación al organismo. b) Aplicación del tinte para escribir el nombre del organismo (Foto tomada por Guadalupe Gómez durante temporada de estudio).	26
4	Técnica de marcaje con marcas plásticas. a) Aplicación de la marca plastica con ayuda de una pinza en una cría. b) Marca plástica colocada inter-digitalmente en la aleta posterior (Fotos tomadas de Salogni, 2009)	27
5	Espectrogramas de los llamados de dos hembras: a) representación de un llamado formado por una parte, b) representación de un llamado formado por dos partes.	30
6	Representación de un llamado: a) espectrograma donde se puede apreciar la estructura tonal y al mismo tiempo se observan las formantes (indicadas por flechas), que son las bandas más oscuras; b) espectro de intensidad donde las formantes se aprecian por ser los picos más altos; las flechas punteadas señalan las otras armónicas.	32
7	Representación de un llamado de una cría: a) espectrograma donde se aprecian los pulsos. b) forma de onda donde se aprecian los pulsos.	33
8	Acercamiento de la forma de onda donde se aprecian mejor los pulsos	34
9	Representación de un llamado en el cual se puede apreciar el batimiento: a) representación en un espectrograma donde comienza siendo tonal y después cambia a una estructura pulsante, b) representación en una forma de onda donde se puede apreciar cómo cambia la forma a pulsos.	35

LISTA DE FIGURAS (continuación)

<i>Figura</i>		Página
10	Espectrogramas de distintos llamados donde se pueden apreciar las diferentes formas que se encontraron. a) ondulada; (b) 1: diagonal, 2: lineal, 3: escalonada; c) convexa; d) zig-zag.	36
11	Representación de un llamado donde se puede apreciar la modulación en frecuencia y amplitud. a) En el espectrograma se puede ver que hay una modulación en la frecuencia para la armónica señalada (flechas), porque la forma de la armónica no es lineal. b) En el espectro de intensidad la modulación en frecuencia se observa en el desplazamiento a la derecha de los picos. Al mismo tiempo se puede ver que para la misma armónica presenta modulación en su amplitud al apreciarse cómo el pico es bajo al principio y después es más alto (líneas). En el espectro los tres picos son en tres diferentes puntos de la señal.	37
12	Representación de un llamado en la forma de onda. El llamado representado está formado por tres partes. La duración del llamado es A-F, mientras que las duraciones de cada una de las partes son A-B, C-D, E-F. Otra variable que puede verse representada aquí es la proporción del llamado que está presente en la señal: $[(A-B) + (C-D) + (E-F)] / (A-F)$.	40
13	La variable cuantitativa “modulación total de la frecuencia” es la diferencia del punto más bajo y más alto sobre una armónica representados por los números 1 y 2, mientras que los números 3-4 representan la forma de medir las frecuencias mínima y máxima.	41
14	Representación de un llamado donde se aprecia la frecuencia dominante: a) espectrograma donde se aprecia seleccionada la frecuencia donde ocurre la máxima intensidad, b) representación del espectro de potencia donde se ve la máxima potencia.	42
15	Porcentajes de las variables de estructura del espectrograma para hembras y crías a nivel individuo. Cada par de barras indica los porcentajes de las presencias de cada variable, siendo las de color mostaza para hembras y las azules para crías.	50
16	Porcentajes de las formas del espectrograma para hembras y crías a nivel individuo.	52
17	Gráfica de caja para variables temporales en las hembras a nivel individuo, cada caja representa la distribución de los valores de cada variable en cuartiles.	55

LISTA DE FIGURAS (continuación)

<i>Figura</i>		Página
18	Gráfica de caja para variables temporales en las crías a nivel individuo, cada caja representa la distribución de los valores de cada variable en cuartiles.	55
19	Gráfica de caja para variables temporales en hembras a nivel individuo. Las variables T_MX_PT y D_TMx_AM_Pt se encuentran para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).	56
20	Gráfica de caja para variables temporales en crías a nivel individuo. Las variables T_Mx_Pt y D_TMx_AM_Pt se encuentran para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).	57
21	Gráfica de caja para variables temporales en hembras a nivel individuo. Estas variables son adimensionales debido a que representan tiempos relativos a la duracion total del llamado o parte del llamado. Las variables TR_Mx_Pt y Prop_Dur_Señal se encuentran para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).	58
22	Gráfica de caja para variables temporales en crías a nivel individuo. Estas variables son adimensionales debido a que representan tiempos relativos a la duracion total del llamado o parte del llamado. Las variables TR_Mx_Pt y Prop_Dur_Señal se encuentran para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).	59
23	Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras en nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).	61
24	Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución de los valores en ambos parámetros es similar.	62
25	Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución de los valores en ambos parámetros es similar.	63
26	Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución de los valores en ambos parámetros es similar.	63
27	Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución de los valores en ambos parámetros es similar.	64

LISTA DE FIGURAS (continuación)

<i>Figura</i>		Página
28	Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución de los valores en ambos parámetros es similar.	65
29	Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución es asimétrica en ambos parámetros.	66
30	Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), ambos con distribución asimétrica.	66
31	Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).	68
32	Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).	68
33	Gráfica de caja para variables de intensidad relativa en las hembras a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).	69
34	Gráfica de caja para variables de intensidad relativa en las crías a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).	70
35	Diagrama de dispersión de las variables de estructura entre el primer y segundo componente en las hembras a nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente.	72
36	Diagrama de dispersión de las variables de estructura entre el primer y segundo componente en las crías a nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente.	74
37	Diagrama de dispersión de las variables de tiempo entre el primer y segundo componente en las hembras a nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente.	78
38	Diagrama de dispersión de las variables de tiempo entre el primer y segundo componente en las crías a nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente.	81
39	Diagrama de dispersión de las variables de tiempo entre el primer y segundo componente en las hembras a nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente.	84

LISTA DE FIGURAS (continuación)

<i>Figura</i>		Página
40	Diagrama de dispersión de las variables de tiempo entre el primer y segundo componente en las hembras a nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente. Coeficientes de variación de las variables de tiempo y frecuencia para las hembras a nivel de individuo, donde se puede ver que en las variables de tiempo hay dos valores extremos representados en la variable D_TMx_Am-Pt en ambos parámetros.	87
41	Coeficientes de variación de las variables de tiempo y frecuencia para las crías a nivel de individuo, donde se puede observar que en las variables de tiempo hay dos valores extremos representados en la variable D_TMx_Am-Pt en ambos parámetros.	88
42	Coeficientes de variación de las variables de tiempo y frecuencia para las hembras a nivel de individuo. Se observa que al sacar los valores extremos en las variables de tiempo los perfiles cambian y se asemejan entre sí.	89
43	Coeficientes de variación de las variables de tiempo y frecuencia para las crías a nivel de individuo. Se observa que al sacar los valores extremos en las variables de tiempo los perfiles cambian y se asemejan.	90
44	Relación de los valores de PIC entre las parejas madre-cría. La gran dispersión de los puntos indica que no hay correlación entre sus valores.	90
45	Comparación de los valores de repetibilidad y PIC para las hembras a nivel individuo. La tendencia indica que los valores tienen una alta correlación entre ellos. El círculo rojo indica tres valores extremos.	99
46	Comparación de los valores de repetibilidad y PIC para las crías a nivel individuo. La tendencia indica que los valores tienen una alta correlación entre ellos.	100
47	Representación espectrográfica de llamados de crías de FEN para este estudio. A: llamado semejante al tipo I de Bartholomew y Collias (1962); B: llamado tonal; C: llamado pulsante característico encontrado en este estudio (49%).	101
48	Representación espectrográfica de llamados de crías de FEN. A y B: tipos de llamados característicos encontrados por Bartholomew y Collias (1962).	104
49		105

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Resumen de las estrategias de lactancia en pinnípedos. Se muestran las principales características de la lactancia en las tres familias de pinnípedos. Tabla modificada de Riedman (1990).	10
II	Resumen de los estudios realizados en las parejas madre-cría de algunas especies de pinnípedos para probar la individualidad de sus vocalizaciones y el reconocimiento individual (experimentos con playback). Tabla modificada de Insley <i>et al.</i> , 2003	20
III	Combinaciones de las variables de estructura del espectrograma. Se muestran los nombres completos y las abreviaturas usadas en el texto	38
IV	Nomenclatura de las variables medidas. Se muestran los nombres completos y las abreviaturas clasificadas por tipo de variable.	43
V	Porcentajes de las combinaciones de las variables de estructura del espectrograma para hembras a nivel partes y llamados. P=pulsante, T=Tonal, F=Formante, B=Batimiento. En partes n=número de partes; en llamados n=número de llamados.	48
VI	Porcentajes de las combinaciones de las variables de estructura del espectrograma para crías a nivel partes y llamados. P=pulsante, T=Tonal, F=Formante, B=Batimiento. En partes n=número de partes; en llamados n=número de llamados.	49
VII	Porcentajes de las variables de estructura en relación a la modulación de la señal para hembras (n=26) y crías (n=27) a nivel individuo. Los nombres de las variables se encuentran en la tabla IV en metodología.	51
VIII	Estadística descriptiva para las variables de tiempo y estructura medidas en las hembras y crías, las mediciones fueron calculadas a nivel de individuo. Los valores más altos del coeficiente de variación aparecen resaltados. Los nombres de las abreviaturas para las variables se pueden ver en la tabla IV en metodología.	54
IX	Estadística descriptiva para las variables de frecuencia medidas en las hembras y crías, las mediciones fueron calculadas a nivel de individuo. Los valores remarcados son valores altos de CV. Los nombres de las abreviaturas para las variables se pueden ver en la tabla IV en metodología.	60

LISTA DE TABLAS (continuación)

Tabla		Página
X	Matriz de correlaciones entre las variables de estructura para las hembras a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas (en color gris), debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas.	71
XI	Análisis de componentes principales realizado a nivel de individuo para hembras ($n=26$) y crías ($n=27$). Se muestra el porcentaje de la varianza explicada por factor y tipo de variable. Matriz de correlación entre las variables de estructura para las crías a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas, debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas.	71
XII	Matriz de correlación entre las variables de tiempo para las hembras a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas, debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas. Las correlaciones marcadas con asterisco representan la misma variable con diferente parámetro.	73
XIII	Matriz de correlación entre las variables de tiempo para las crías a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas, debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas. Las correlaciones marcadas con asterisco representan la misma variable con diferente parámetro.	76
XIV	Matriz de correlación entre las variables de frecuencia para las hembras a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas, debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas. Las correlaciones marcadas con asterisco representan la misma variable con diferente parámetro.	80
XV	Matriz de correlación entre las variables de frecuencia para las hembras a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas, debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas. Las correlaciones marcadas con asterisco representan la misma variable con diferente parámetro.	82

LISTA DE TABLAS (continuación)

Tabla		Página
XVI	Matriz de correlación entre las variables de frecuencia para las crías a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas, debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas. Las correlaciones marcadas con asterisco representan la misma variable con diferente parámetro.	85
XVII	Estadística descriptiva de los valores de repetibilidad (R) para cada tipo de variable en hembras y crías a nivel de individuo.	91
XVIII	Valores de repetibilidad (R) de las variables de estructura y tiempo para hembras y crías a nivel de individuo. Con un intervalo de confianza (IC) del 95%. P, probabilidades de la prueba de remuestreo Monte Carlo (1000 remuestreos) para la hipótesis nula $H_0: R \text{ calculada} > R \text{ observada}$. SE, error estándar.	92
XIX	Valores de repetibilidad (R) de las variables de frecuencia para hembras y crías a nivel de individuo. Con un intervalo de confianza (IC) del 95%. P, probabilidades de la prueba de remuestreo Monte Carlo (1000 remuestreos) para la hipótesis nula $H_0: R \text{ calculada} > R \text{ observada}$. SE, error estándar. Los valores de $R > 0.60$ se encuentran resaltados.	93
XX	Estadística descriptiva de los valores del potencial de la codificación individual (PIC) para cada tipo de variables en hembras y crías a nivel de individuo.	95
XXI	Valores del Potencial para la Codificación Individual (PIC) para las variables de estructura y tiempo, Cvi: coeficiente de variación intra-individual, CVb: coeficiente de variación inter-individual. Los valores altos de PIC se encuentran resaltados.	96
XXII	Valores del Potencial para la Codificación Individual (PIC) para las variables de estructura y tiempo, Cvi: coeficiente de variación intra-individual, CVb: coeficiente de variación inter-individual. Los valores de PIC altos se encuentran resaltados.	97
XXIII	Resumen de variables acústicas medidas en algunas especies de pinnípedos, incluyendo el presente estudio. SPG = espectrograma; Frec Min=frecuencia mínima de la primera armónica; Frec Max= frecuencia máxima de la primera armónica.	106

I. Introducción

I.1 Comunicación animal

La definición del término ‘comunicación animal’ ha sido una tarea difícil dentro del estudio del comportamiento, ya que es un tema controversial. Históricamente en estudios de comunicación y etología en general, se suponía que la comunicación era un resultado de la selección de grupo (Noble, 1998). Es decir, se reconocía que existía la cooperación entre los animales, y que la comunicación era una herramienta para transmitir información entre los miembros del grupo (Sanvito, 2006). En contraste, otro punto de vista se basa principalmente en la teoría del gen egoísta de Dawkins (1976), la cual postula que los animales buscan preservar y propagar sus genes mediante la manipulación del comportamiento de otros animales. Dentro de este contexto, la comunicación es vista no sólo como un proceso de cooperación entre individuos, sino más bien enfatiza la competencia (Dawkins y Krebs, 1978).

Wiley (1983) plantea que “la comunicación ocurre cuando las acciones (o señales) producidas por un animal influyen el comportamiento de otro”. Sin embargo, la influencia puede manifestarse de distintas maneras, y la definición y caracterización de los tipos de influencias que pueden ser consideradas como comunicación puede ser difícil. Algunos autores usan el término “comunicación verdadera” para referirse a intercambios de información que benefician al emisor y receptor. Cuando la comunicación beneficia al emisor a costa del receptor, se le llama “manipulación”. En cambio, cuando la comunicación beneficia al receptor a costa del emisor, se le conoce como “escuchar a escondidas” (traducción literal del inglés *eavesdropping*) o “intercepción” (Tyack y Miller 2002).

La comunicación es una parte importante del comportamiento de los animales, principalmente para la reproducción y supervivencia. La comunicación facilita la reunión de individuos del sexo opuesto para lograr el éxito reproductivo y juega un rol importante en la relación padre-descendientes durante el cuidado parental (Bolhuis y Giraldeau, 2005).

Mucha de la información usada en la comunicación animal proviene del contexto del intercambio de señales (Miller, 1991 en Sanvito, 2006). Las más comunes son los sonidos, las señales visuales y los olores. Existen otras que no son tan comunes, como las

vibraciones, las señales táctiles y las eléctricas. Cada tipo de señal tiene sus propios costos y beneficios, los cuales dependen del contexto en el que son realizados. La eficiencia de la transmisión de cada una de ellas, junto con el tipo de información transmitida, hacen que un cierto tipo de comunicación sea más ventajosa que otra (Sanvito, 2006).

Dentro de los costos asociados al proceso de comunicación, algunos son directos, como la energía y el tiempo empleados para la producción de la señal, la energía perdida al no alimentarse el animal durante el tiempo utilizado en la comunicación y el desarrollo de rasgos fenotípicos que son empleados como señales visuales asociadas a señales de comunicación. Por otro lado, los costos indirectos se refieren a la transmisión de información a receptores no deseados, como competidores, depredadores, parásitos, o en algunos casos, a presas potenciales (Deecke et al., 2005; Bradbury y Vehrencamp, 1998 en Martínez, 2008).

I.1.1 Comunicación acústica

La propagación del sonido ocurre rápidamente en todas direcciones, y el sonido puede acarrear una gran cantidad de información mediante simples cambios en sus propiedades, como la duración, la intensidad, y la frecuencia (Harper 1991 en Sanvito 2006). La comunicación acústica ofrece ventajas, ya que energéticamente es poco costosa y también es flexible en comparación a otros tipos de comunicación donde se requiere de una mayor inversión energética para llevarla a cabo (ej. comunicación química) (Bradbury y Vehrencamp, 1998 en Sanvito, 2006).

El sonido consiste de ondas que viajan alternando la compresión y rarefacción¹ a través de un medio elástico (aire o agua) y que son generadas por un objeto vibrante (fuente de sonido; Charif *et al.*, 1995). Dentro del mundo animal, las estructuras utilizadas en la producción del sonido son diversas, lo cual da como resultado diferentes tipos de emisiones acústicas. Por ejemplo, los chasquidos producidos por las tenazas de los camarones usados para evitar depredadores (Rossing, 2007). En términos generales, en los vertebrados terrestres, las vocalizaciones son producidas a través de un mecanismo general: el flujo de aire a través de un tubo que causa la vibración de membranas que produce el sonido, el cual

¹ Efecto generado por la compresión de las moléculas del medio que finalmente emiten un sonido.

puede ser modificado por las propiedades de resonancia que presenta el tubo en sí (Sanvito, 2006).

En los mamíferos terrestres en particular, el sonido es resultado del flujo de aire proveniente de los pulmones y convertido en energía acústica por la laringe, la cual es la fuente de sonido. La laringe presenta dos membranas elásticas (las cuerdas vocales) que vibran y convierten el flujo de aire en una serie de exhalaciones, generando una onda sonora periódica o *cuasi* periódica, en la cual la frecuencia fundamental es igual a la tasa de pulsos de las cuerdas vocales (Bradbury y Vehrencamp, 1998 en Sanvito, 2006). Con base en el modelo de fuente-filtro (*source-filter model*), derivado de los estudios sobre humanos, se ha observado que la parte supra-laringeal del tracto vocal (traquea, faringe, cavidad oral, cavidad nasal) funciona como filtro de la fuente de la señal (Fant, 1960; Müller, 1848 citados en Sanvito, 2006). Por lo tanto, hay que tomar en cuenta tanto la vibración de las cuerdas vocales como el efecto de la filtración del sonido para entender la mecánica de la producción de sonido en este grupo taxonómico. El modelo de filtrado también se ha aplicado a otros mamíferos además de humanos. Visto de una manera más sencilla, el tracto vocal es modelado como un tubo uniforme, cerrado por un lado (la glotis) y abierto por el otro (los labios).

Un resultado importante de la filtración del sonido es la producción de formantes. Las formantes son partes del espectro de frecuencia que son reforzadas por las propiedades resonantes del tracto vocal (Tyack y Miller, 2002). Debido a que el filtrado supralaringeal se efectúa principalmente por un número limitado de cavidades, el tamaño de éstas, la posición y forma de la lengua, los labios, el tamaño del cuerpo, pueden influenciar para la formación de las formantes. (Tyack y Miller, 2002; Sanvito, 2006).

1.1.1.1 Comunicación acústica en pinnípedos

Aunque los pinnípedos habitan nichos únicos, tanto desde el punto de vista ecológico como etológico, la aparente complejidad estructural de sus sonidos y el grado en que usan esas señales acústicas para la comunicación, es algo que tienen en común (Schusterman y Van Parijs, 2003). En contraste, las ballenas y los delfines emplean sonidos para detectar a sus

presas, mientras que los pinnípedos no parecen contar con la habilidad especializada de ecolocalizar (Schusterman *et al.*, 2000).

Los pinnípedos presentan un estilo de vida anfibia y por tanto necesitan comunicarse acústicamente en ambos medios. Todos los pinnípedos presentan un grado de poliginia en su comportamiento reproductivo, y consecuentemente, su comportamiento vocal es altamente influenciado por la competencia entre los machos por acceso a las hembras (Schusterman, 2008). Muchas especies de pinnípedos, incluyendo los otáridos y algunos fócidos, se reproducen en tierra estacionalmente, formando densas agregaciones. Las vocalizaciones producidas a menudo son ruidosas y repetitivas, y los tipos de llamados incluyen los utilizados en contiendas entre machos, contiendas entre hembras, vocalizaciones en contexto sexual, llamados de las hembras a sus crías y viceversa (Schusterman, 2008). Por lo tanto, las vocalizaciones producidas en diferentes contextos pueden ser evidencia de que se está llevando a cabo un evento de comunicación acústica entre ellos (Hopp *et al.*, 1998; Insley *et al.*, 2003).

La comunicación acústica juega un papel importante en la biología social y reproductiva de la foca elefante del norte (*Mirounga angustirostris*, FEN). Las focas elefante de todas las clases de edades y de ambos sexos producen vocalizaciones aéreas bajo distintas condiciones que sirven para atraer o repeler a individuos de la misma especie. Las hembras y crías producen vocalizaciones de atracción durante el periodo de lactancia para obtener la atención del otro y mantener el contacto (Bartholomew y Collias, 1962; LeBoeuf *et al.*, 1972), lo cual puede ser crucial para la supervivencia de la cría (Reiter *et al.*, 1981 en Southall *et al.*, 2003). Las hembras también emiten vocalizaciones durante los encuentros de contienda con otras hembras, lo cual puede estar relacionado con la defensa de las crías o por la territorialidad dentro del harén. Los machos emiten vocalizaciones pulsantes de baja frecuencia llamadas “ruidos de amenaza” (*clap threats* en inglés), y su función principal es comunicar los resultados de la contienda anterior entre machos para repeler a machos subordinados (Bartholomew y Collias, 1962; LeBoeuf, 1972; 1974).

I.2 Reconocimiento individual

El reconocimiento individual es cuando un individuo es capaz de reconocer a otro mediante características individuales, como por ejemplo características fenotípicas o vocales (Dale *et al.*, 2001; Bee, 2006). La capacidad de reconocer a otro individuo dentro de un grupo es un proceso necesario dentro de los comportamientos sociales de los animales, ya que juega un papel importante en las relaciones sociales (Bielsky y Young, 2004). El reconocimiento individual incluye el de padre-descendiente, entre parejas, rivales, otras especies, depredadores y presas (Sherman, 1997; Bielsky y Young, 2004). A pesar de esta gama de reconocimientos, la mayoría de los estudios se han enfocado en tres situaciones: territorialidad, competencia agresiva y cuidado parental (Trillmich, 1981; Charrier *et al.*, 2003; Insley *et al.*, 2003; Mathevon *et al.*, 2004; Tibbetts y Dale, 2007). Durante el reconocimiento individual, el emisor es reconocido por señales únicas, que el receptor aprende y las cuales usa para identificar al emisor durante futuras interacciones (Tibbetts y Dale, 2007).

Muchos de los primeros estudios de reconocimiento individual se llevaron a cabo en especies territoriales que son capaces de reconocer a individuos invasores (i.e., que no pertenecen a su territorio) y que pueden ser dueños de otros territorios. A este tipo de reconocimiento se le conoce como “reconocimiento de los vecinos territoriales” (originalmente denominado “reconocimiento del querido enemigo”; Bee, 2006; Tibbetts y Dale, 2007). Se ha documentado que los dueños de territorios muestran un mayor nivel de agresividad en contra de individuos que no pertenecen a su territorio, y un menor nivel de agresividad en contra de aquéllos con los cuales comparte su territorio (Bee, 2006). La mayoría de los estudios sobre este tipo de reconocimiento se ha llevado a cabo en aves (ej. Godard, 1991).

El enfoque del reconocimiento individual en la competencia agresiva está relacionado a la formación de jerarquías de dominancia dentro de un grupo de individuos, el cual permite el reconocimiento de las capacidades agonísticas, además de reducir los costos asociados a las contiendas (Dugatkin y Early, 2004; Tibbetts y Dale, 2007). Recientemente, el reconocimiento individual ha sido estudiado en el contexto del reconocimiento padre-descendiente. Este tipo de reconocimiento se ha observado

principalmente en especies en las cuales la cría depende del cuidado del padre o la madre, y en las cuales las crías corren el riesgo de confundirse con otros individuos del grupo. Por ejemplo, el reconocimiento individual se ha observado en especies que forman grandes colonias durante su temporada reproductiva y que exhiben un patrón de crianza sincronizada en el tiempo (Bee, 2006; Tibbetts y Dale, 2007). Algunos ejemplos bien conocidos incluyen a aves marinas (Aubin *et al.*, 2000), pinnípedos (Charrier *et al.*, 2003) y murciélagos (Balcombe, 1990 en Tibbetts y Dale, 2007). Las aves marinas incluso pueden identificar individualmente a sus huevos (Gaston, 1993 en Tibbetts y Dale, 2007). El reconocimiento individual de padre-descendiente también ocurre en ovejas (Searby y Jouventin, 2003) y probablemente es común en animales de rebaño.

I.2.1 Reconocimiento individual en pinnípedos

En los pinnípedos, el reconocimiento más evidente es el que se da entre las hembras y sus crías (Insley *et al.*, 2003). Las hembras de los pinnípedos, al igual que en muchos carnívoros, son las que proveen de los recursos nutricionales a las crías. No hay participación por parte del macho u otro grupo social para ayudar a la hembra a adquirir los recursos que necesita para ser capaz de producir la leche necesaria y criar exitosamente a su descendencia (Boness y Bowen, 1996; Schulz y Bowen, 2005).

En la mayoría de las especies de pinnípedos que forman grandes agregaciones cuando se reproducen, las madres y crías usan señales vocales, visuales, olfativas e indicaciones espaciales para localizar y reunirse una con la otra. De manera similar a los llamados de las madres y crías, algunos llamados de contienda usados por los machos adultos también son individuales, especialmente en especies de pinnípedos que compiten por acceso a las hembras en colonias reproductivas (Insley *et al.*, 2003).

La mayoría de los estudios sobre reconocimiento madre-cría en pinnípedos se enfocan en las señales acústicas, las cuales presentan una estereotipia (características del sonido repetitivas, con cierta variabilidad, pero que son consistentes en cada individuo) en los llamados usados entre las parejas. Insley *et al.* (2003) realizaron una revisión sobre el reconocimiento en pinnípedos, y mencionan que se ha examinado la estereotipia de las

vocalizaciones entre las parejas madre-cría en 4 de las 5 especies de lobos marinos, en 7 de las 9 especies de lobo fino, en 4 de las 19 especies de focas, y en la morsa.

En los otáridos, se presenta una estereotipia individual de los llamados usados por las parejas madre-cría, lo cual ha sido atribuido a la estrategia de cuidado maternal que presenta este grupo (Insley, 1992; Trillmich, 1996 en Insley *et al.*, 2003). Específicamente, todos los otáridos se reproducen en colonias densas y presentan periodos largos de amamantamiento (4-24 meses). Las hembras se alimentan durante la lactancia, dejando a la cría en la colonia, lo cual implica que a su regreso deben reencontrarse (Riedman, 1990). En comparación con los otáridos, las madres y crías de los fócidos muestran diversas estrategias reproductivas y de cuidado maternal (Riedman, 1990), lo cual puede influir sobre la variabilidad en la estereotipia de sus vocalizaciones (Insley, 1992). Las especies de focas que se reproducen formando grandes agregaciones, como las focas elefante y la foca gris, presentan llamados individuales y la mayoría de las veces las hembras rechazan a crías desconocidas, aunque se ha documentado la adopción o el amamantamiento a crías ajenas (Bartholomew y Collias, 1962; LeBoeuf *et al.*, 1972; Riedman y LeBoeuf, 1982; Insley, 1992; McCulloch *et al.*, 1999). Por otro lado, en las parejas madre-cría de la morsa, en donde la hembra y la cría permanecen juntas alrededor de 3 años, la cría acompaña a la madre en los viajes de alimentación. Se ha observado que las crías pueden presentar vocalizaciones individuales y que el reconocimiento madre-cría está bien desarrollado (Miller, 1985; Insley *et al.*, 2003).

Otros estudios sobre el comportamiento de parejas madre-cría en pinnípedos sugieren que al parecer también usan una combinación de señales olfativas, mediante una inspección naso-nasal a sus crías (Dobson y Jouventin, 2002), y visuales, a través de ciertos comportamientos. Por ejemplo, la postura de la búsqueda y el movimiento de la cabeza mientras vocaliza facilitan la reunión y el reconocimiento (Insley *et al.*, 2003). Estas observaciones sugieren que el reconocimiento mediante estas señales juega un papel crucial en el proceso de reunión entre la madre y la cría.

I.2.2 Adopción y amamantamiento alterno en pinnípedos

El reconocimiento madre-cría en los pinnípedos parece ser generalizado. Sin embargo, la adopción y el amamantamiento alterno (ej. hembras amamantando a crías no emparentadas junto con su cría o como reemplazo de ésta) se ha observado en un gran número de especies de pinnípedos (fócidos: foca monje de Hawaii (*Monachus schauinslandi*), foca elefante del norte y del sur, foca gris, foca de Weddell, foca de puerto, foca manchada (*Phoca largha*); otáridos: lobo marino australiano, lobo marino de California, lobo marino de Steller, lobo fino antártico, lobo fino sudafricano, lobo fino de Guadalupe) (Riedman, 1990). Este comportamiento ha sido bien estudiado en la foca elefante del norte en la Isla Año Nuevo, donde se ha observado que la adopción ocurre principalmente cuando las hembras han perdido a su cría (Riedman y Le Boeuf, 1982). Estos comportamientos podrían sugerir la presencia de errores en el reconocimiento o la falta de un proceso de reconocimiento robusto entre una madre y su cría (Insley *et al.*, 2003).

El comportamiento de adopción y amamantamiento alterno son raros entre los otáridos, en los cuales el reconocimiento madre-cría parece estar mejor desarrollado. Sin embargo, la adopción y amamantamiento alterno son bastante frecuentes en los fócidos, donde la pareja madre-cría frecuentemente sufre separaciones. En el caso de señales acústicas, la ausencia de mecanismos fuertes de reconocimiento acústico podría evidenciarse mediante la ausencia de vocalizaciones estereotipadas (Insley, 1992).

I.3 Cuidado parental

El cuidado parental es un componente importante en la reproducción de muchos animales (Clutton-Brock, 1991). En especies que exhiben cuidado parental, éste está relacionado con la supervivencia de la cría y por lo tanto el éxito reproductivo. Aunque el cuidado parental puede involucrar la defensa, la alimentación y el aseo de la cría, en los mamíferos el componente más importante es la provisión de alimento a la cría (Schulz y Bowen, 2005). El cuidado parental se define como cualquier forma de comportamiento parental que incremente la aptitud de los descendientes (Clutton-Brock, 1991). Dado el

alto costo energético asociado al cuidado parental, incluyen la lactancia, las características relacionadas están bajo una fuerte presión selectiva (Boness y Bowen, 1996).

La teoría de la selección natural predice que los padres deberían cuidar de sus propios descendientes y evitar el cuidado de crías no emparentadas. En consecuencia, la capacidad que presenten los padres y la crías para reconocerse durante el periodo de cuidado parental y de diferenciarse de los demás es crucial para maximizar su aptitud (Dobson y Jouventin, 2002). De hecho, la selección a favor del reconocimiento individual, podría representar una explicación para los altos niveles de diversidad fenotípica en especies sociales (Tibbetts y Dale, 2007).

Como se mencionó anteriormente, las hembras de los pinnípedos, al igual que en muchos mamíferos, son las que proveen de los recursos nutricionales a las crías; no hay ayuda por parte del macho y el cuidado maternal finaliza con el destete. Estas circunstancias han resultado en la evolución de comportamientos particulares en el cuidado maternal y la lactancia entre especies de pinnípedos (Tabla I).

La lactancia en los pinnípedos está limitada por la separación espacial y temporal entre los partos (tierra o hielo) y la alimentación de la hembra en el mar. Se han reconocido tres estrategias generales de cuidado maternal, correspondiente a las tres familias de pinnípedos. Los fócidos, que paren tanto en tierra como sobre el hielo, presentan la llamada estrategia de ayuno, ya que tienen períodos cortos de lactancia (4-50 días). Durante la lactancia, las hembras permanecen con sus crías y ayunan hasta el destete. Las hembras de las especies más grandes (ej. género *Mirounga*) llegan a las zonas de reproducción con grandes reservas energéticas en forma de grasa, y la leche es extremadamente alta en grasa y energía. Por lo tanto, las madres y sus crías pareceren no necesitar localizarse, excepto cuando son separadas por cortas distancias (Insley, 1992; Boness y Bowen, 1996; Phillips y Stirling, 2000). En contraste, los otáridos se reproducen en tierra y presentan periodos largos de lactancia (116-540 días). Alternan viajes de alimentación con el amamantamiento de la cría. Al regreso, las madres se reúnen con sus crías mediante señales acústicas emitidas por ambos, así como señales olfativas. La leche es alta en grasa en comparación a la de los mamíferos terrestres, pero generalmente más baja que la de pinnípedos que usan la estrategia de ayuno (Boness y Bowen, 1996; Phillips y Stirling, 2000). Por último, los

odobénidos presentan un período de lactancia largo y amamantamiento acuático (Riedman, 1990).

La foca elefante del norte presenta periodos cortos de lactancia de aproximadamente 27 días, durante los cuales ayuna. Las hembras no se separan de sus crías mientras las amamantan, la leche contiene un promedio de 43.9% de grasa y 7.7% de proteínas. Durante la lactancia, las crías cuadruplican el tamaño que presentan al nacer; en promedio varían de 34 kg al momento del nacimiento hasta 136 kg al destete (Le Boeuf y Ortiz, 1977; Riedman, 1990).

Tabla I. Resumen de las estrategias de lactancia en pinnípedos. Se muestran las principales características de la lactancia en las tres familias de pinnípedos. Tabla modificada de Riedman (1990).

	Otáridos	Fócidos	Odobénidos
Lactancia	Larga, entre 4 meses a 3 años	Corta, entre 4 días a 2.5 meses	Larga, entre 2 a 3 años
Alimentación de la hembra	La hembra se alimenta durante la lactancia ^a	Tiende a ayunar o alimentarse muy poco durante la lactancia	Alimentación durante la lactancia
Características de la leche	Bajo contenido de grasa en la leche, con 20-35% de grasa y 10-14% de proteínas	Alto contenido de grasa en la leche, con 40-50% de grasa y 5-13% de proteínas	Bajo contenido de grasa en la leche, con 30% de grasa y 5-11% de proteínas
Cambios en la composición de la leche durante la lactancia	Relativamente constante durante la lactancia (pueden ocurrir algunas fluctuaciones)	Cambia a lo largo de la lactancia (el contenido de grasa es más alto en las cuatro especies que ayunan)	Relativamente constante durante la lactancia
Consumo de comida sólida por la cría	Frecuente	Poco frecuente	Frecuente
Crecimiento de las crías	Lento	Rápido	Lento
Destete	Gradual ^b	Abrupto	Gradual

^a Excepto para el intervalo entre los partos y la partida para el primer viaje de alimentación al mar y durante los subsecuentes encuentros de amamantamiento en tierra,

^b Excepto en el lobo fino del norte y el antártico, en los cuales el destete ocurre abruptamente; las crías dejan las zonas reproductivas antes de que sus madres las desteten.

I.4 Biología de la especie

I.4.1 Distribución y estatus de la especie.

El género *Mirounga* pertenece a la familia Phocidae, orden Pinnipedia, el cual comprende 33 especies divididas en tres familias: 18 pertenecen a la familia Phocidae, 14 a la Otariidae y una sola especie a la Odobenidae. Las dos especies del género *Mirounga* viven en diferentes hemisferios: el elefante marino o foca elefante del norte (FEN; *M. angustirostris*; Gill 1866) y el elefante marino del sur (*M. leonina*; Linnaeus 1758).

La FEN presenta un área de distribución restringida al Océano Pacífico oriental, y se encuentra desde Baja California, México, hasta las Islas Aleutianas en Alaska, Estados Unidos (Stewart *et al.*, 1994 en Salogni, 2009). Las zonas de reproducción y muda de esta especie se localizan en playas insulares y continentales, desde Point Reyes (38.1°N, 122.8°O), al norte de California, Estados Unidos, hasta la Isla de Cedros (28° 18'N, 115° 22'O) e Islas San Benito (28° 21'N, 115° 32'O) en la costa occidental de Baja California (Figura 1, LeBoeuf *et al.*, 1974; King, 1983). Un poco más al sur, en la Isla Natividad, se observó un pequeño número de individuos (menor a 5) en enero de 2009 (Salogni, 2009). Se pueden distinguir dos poblaciones aisladas demográficamente, la de California y la de Baja California (Carretta *et al.*, 2006). Sin embargo, las dos poblaciones parecen ser panmíticas según estudios genéticos basados en ADN mitocondrial (Abadía-Cardoso, 2006).

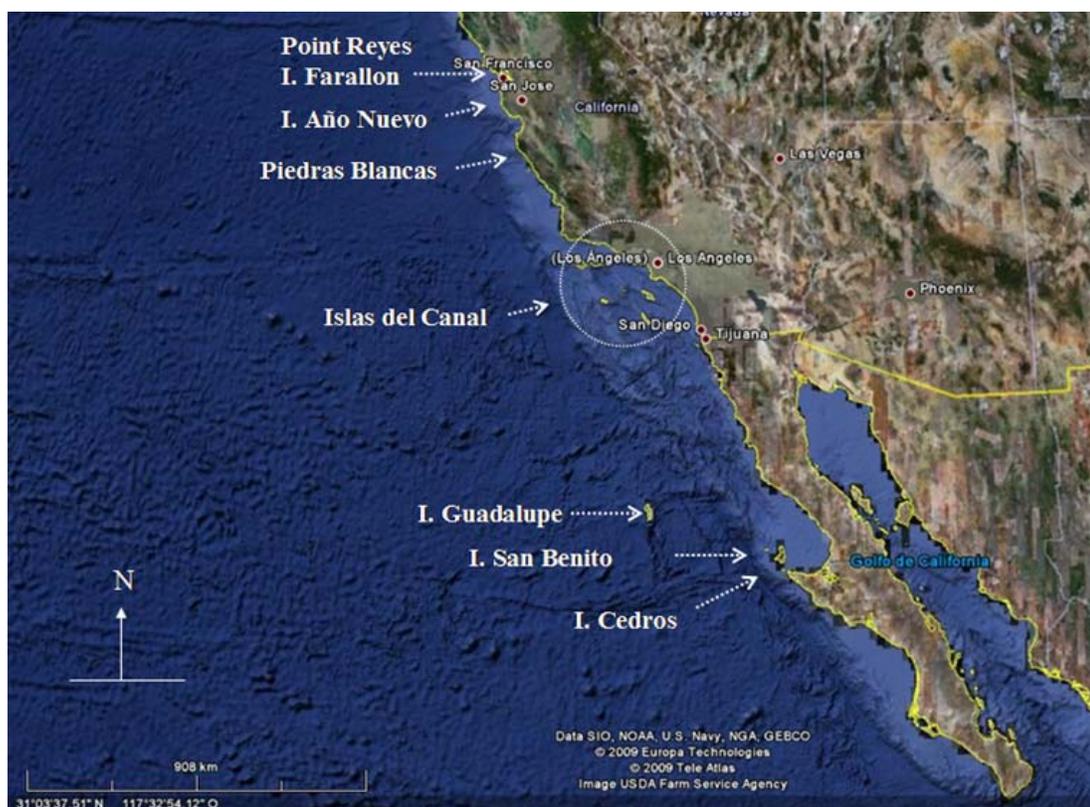


Figura 1. Distribución de la foca elefante del norte *Mirounga angustirostris* en las principales colonias de California y Baja California. Las Islas del Canal se encuentran señaladas en el círculo. Imagen tomada el día 08/06/2009 con el programa Google Earth (<http://earth.google.com/>).

El género *Mirounga* se originó en el hemisferio meridional durante el Mioceno y se expandió hacia el norte, siguiendo la costa oriental de Sudamérica durante el Pleistoceno. Al final de la última glaciación, la subpoblación de California/Baja California se aisló de la población original en el hemisferio sur. Debido al aislamiento reproductivo, se originaron las dos especies, y las dos colonias reproductivas actuales están separadas por al menos 8,000 km (LeBoeuf y Laws, 1994 en Salogni, 2009).

La abundancia y distribución de la FEN durante la primera mitad de siglo XIX es prácticamente desconocida (Stewart *et al.*, 1994 en Salogni, 2009). Entre 1800 y 1860, hubo una cacería intensa de elefantes marinos en California y Baja California. En la década de 1870 por primera vez la especie se consideró extinta, pero en 1880 se descubrieron elefantes marinos en Isla de Cedros, B.C. y en Bahía San Cristóbal, Baja California Sur, los que fueron cazados. En 1883 se encontraron y mataron a otros 80 individuos en la Isla

Guadalupe, y en 1884 por segunda ocasión se le consideró extinta (LeBoeuf y Laws, 1994 en García-Aguilar, 2004). En 1892, C.H. Townsend y A.W. Anthony descubrieron 9 individuos en Isla Guadalupe, de los cuales 7 fueron cazados para el Smithsonian Museum y nuevamente se le consideró extinta (LeBoeuf y Laws, 1994 en García-Aguilar, 2004). Entre 1904 y 1907, se encontraron 94 individuos en la Isla Guadalupe, de los cuales 18 fueron cazados. En 1911 se encontró un pequeño grupo nuevamente en la Isla Guadalupe, en 1918 se observaron algunos individuos en las Islas San Benito. En 1922 se contaron 264 individuos en la Isla Guadalupe y a finales de esa década la isla fue decretada zona de reserva, por lo que los elefantes fueron protegidos (LeBoeuf y Laws, 1994 en García-Aguilar, 2004).

Durante la década de 1920, la colonia de Isla Guadalupe creció consistentemente, aunque algunos individuos se cazaron furtivamente o para colecciones científicas. En 1925, se registraron algunos individuos en Isla San Miguel, en 1948 en las Islas Coronado y Santa Bárbara, en 1949 en la Isla San Nicolás, en 1955 en la Isla Año Nuevo. En la década de 1930 se descubrieron las primeras evidencias de su reproducción en las Islas San Benito y a principios de 1950 se descubrieron en San Nicolás, San Miguel y Santa Bárbara; en 1961 en Año Nuevo, en 1975 en Isla Natividad, y en 1977 en Isla San Martín (King, 1983).

En 1957, se estimó que la población de elefantes marinos contaba con alrededor de 13,000 individuos, de los cuales el 91% eran residentes de Isla Guadalupe, 8% de Islas San Benito y 1% se reproducían en las Islas del Canal en California (Bartholomew y Hubbs, 1960 en Salogni, 2009). La colonización de estas últimas, que comprenden Isla San Miguel, Santa Rosa, Santa Cruz, Anacapa, Santa Bárbara, San Nicolás, Santa Catalina y San Clemente, es el resultado de migración de la colonia mexicana. Entre 1965 y 1977, la tasa anual de crecimiento de las colonias de California y México en conjunto era cercana al 8.3% (Cooper y Stewart, 1983). Para 1991, Stewart *et al.* (1994) estimaron que la población total era de alrededor de 127,000 individuos, y que las colonias mexicanas contribuían con un 25.5% de los nacimientos. También estimaron que la población se incrementó 6.3% anualmente entre 1965 y 1991. En México, esta tasa se incrementó ligeramente entre 1965 y 1970, pero la estimación realizada por estos autores mostró que de 1970 a 1991 no hubo

cambios, sugiriendo que se había alcanzado la capacidad de carga de la región (Salogni, 2009).

I.4.2 Descripción de la especie

La FEN es una foca de dimensiones grandes, con un cuerpo fusiforme, con un tórax amplio y un cuello poco evidente. El pelo es corto y de varias tonalidades, desde el gris hasta el marrón, con la zona ventral muy clara. La especie se caracteriza por un fuerte dimorfismo sexual (LeBoeuf y Laws, 1994 en Salogni, 2009). Entre los fócidos, el dimorfismo sexual es muy variable: en algunas especies es muy limitado, y en algunas especies la hembra es más grande, como en la foca de Weddell. En el caso de las dos especies de elefante marino, los machos son muchos más grandes que las hembras (Salogni, 2009).

En la FEN, el macho adulto es 1.4 veces mayor en longitud y de 3 a 4 veces más pesado que la hembra. Los machos pesan en promedio cerca de 1,800 kg, pero pueden alcanzar los 2,265 kg (Salogni, 2009). La longitud promedio es de aproximadamente 4 m (Stewart y Hubert, 1993). El peso de las hembras en la etapa post-parto se encuentra entre 360 y 710 kg, mientras que la longitud promedio aproximada está en los 2.65 m (Stewart y Hubert, 1993). Una característica sexual secundaria de los machos es una prolongación nasal denominada proboscis, un escudo integumentario en la región del cuello y del tórax y unos caninos alargados. La proboscis es una característica distintiva del género y da origen al nombre común de la especie, y está más desarrollada en la especie del norte en comparación a la del sur (Sanvito *et al.*, 2007; Salogni, 2009).

La FEN es una especie que realiza dos migraciones de alimentación después de la temporada de reproducción. Los machos migran hacia el norte para alimentarse, generalmente al Golfo de Alaska hasta el límite de las Islas Aleutianas, mientras que las hembras viajan hacia la parte central y oriental del Pacífico. Ambos regresan a tierra en diferentes temporadas para realizar la muda (que dura 3-4 semanas): los machos de julio a agosto, y las hembras de mayo a junio. Ambos sexos vuelven a migrar hasta la próxima etapa de reproducción, que empieza en noviembre y termina en marzo (Stewart y DeLong, 1995).

Como muchos pinnípedos y animales terrestres, las hembras son filopátricas (Reiter *et al.*, 1981 en Salogni, 2009). Las zonas reproductivas preferidas son playas en Islas o en áreas continentales apartadas, con pendientes leves y sustrato arenoso o canto rodado (Salogni, 2009).

La FEN es solitaria durante la etapa acuática y gregaria durante el período de reproducción y muda en tierra (LeBoeuf y Laws, 1994 en Salogni, 2009). El período de reproducción inicia en noviembre, con la llegada de los machos adultos, seguido de las hembras preñadas de la temporada anterior y termina en marzo con la partida de la última hembra. Entre las hembras, el estro ocurre de manera sincronizada y la temporada reproductiva abarca un período de cuatro meses (LeBoeuf *et al.*, 1972; LeBoeuf y Briggs, 1977; Reiter *et al.*, 1981 en Salogni, 2009). Después de 4-6 días de llegada a tierra, la hembra pare una sola cría (LeBoeuf *et al.*, 1972; LeBoeuf y Laws, 1994 en Salogni, 2009), aunque se han observado casos raros de gemelos (F. Galimberti, com. pers.). Durante la lactancia la cría y la madre permanecen juntos (LeBoeuf *et al.*, 1972; LeBoeuf, 1974), y las crías se alimentan exclusivamente de las reservas corporales de su madre, las cuales dependerán de la proporción de la grasa con respecto a la masa corporal en el momento del parto. En promedio, las madres pierden un 35% de su masa corporal durante la lactancia (Fedak *et al.*, 1996). Ortiz *et al.* (1984) reportan que durante las 4 semanas que dura esta etapa, la hembra transfiere en promedio 137.7 kg de leche a su cría con un valor energético de 6.04×10^5 Kcal, que es 5 veces más alto que los requerimientos metabólicos de la cría. Esto significa una gran inversión materna, ya que debe asegurarse que la cría sea alimentada durante esas semanas y que crezca adecuadamente para sobrevivir.

El destete se lleva a cabo de manera abrupta cuando la madre deja a la cría en la colonia para regresar al mar a los 24-28 días del parto. Generalmente, una cría destetada pesa aproximadamente 130 kg y presenta una gruesa capa de grasa, que le permitirá resistir el período de ayuno que pasará en tierra, el cual terminará con el primer viaje al mar para alimentarse. La duración del ayuno en las crías varía según la fecha del destete, el primer destetado de la temporada reproductiva ayuna en promedio 73.5 ± 7.6 días, mientras que el último de la temporada ayuna en promedio 55.6 ± 13.2 días (Reiter *et al.*, 1978).

La foca elefante del norte tiene una organización social en la cual se forman grandes agrupaciones denominadas harenes y presenta un sistema de apareamiento poligínico (LeBoeuf *et al.*, 1974; Riedman, 1990). Un harén se forma por dos o más hembras (García-Aguilar, 2004) y se han observado harenes de hasta 450 hembras (Islas San Benito). Dentro del harén las hembras tienen un espacio de separación entre ellas de 1 a 2 m, lo cual provoca una mayor agresividad entre ellas; un parámetro importante en relación a la agresividad de las hembras y la mortalidad de las crías es la densidad de las hembras en el harén, que varía de acuerdo al área disponible en la playa.

Los machos establecen jerarquías; normalmente hay un macho principal denominado alfa o dueño del harén, que se posiciona entre las hembras. Cuando un harén es grande, puede haber uno o más machos beta tolerados por el macho alfa dentro del grupo de hembras, pero son subordinados al macho superior posicionándose en zonas periféricas al harén (LeBoeuf y Laws, 1994 en Salogni, 2009). Los machos que no logran posicionarse dentro del harén se mueven alrededor de él en busca de una oportunidad para copular (LeBoeuf, 1974). Existe una gran variabilidad en el éxito reproductivo de los machos, y en general son pocos los machos responsables de la mayoría de las cópulas.

Entre las dos especies de foca elefante, se ha observado que en la del sur se presenta una mayor desigualdad en la distribución en el éxito reproductivo, mientras que en la del norte un número mayor de machos tienen mayor acceso a las hembras y a copular (Hoelzel *et al.*, 1999; Galimberti *et al.*, 2002; Fabiani *et al.*, 2004). Los machos que se desplazan dentro del harén y compiten por las hembras pueden tener un impacto negativo sobre la supervivencia de las crías, donde incidentalmente las atropellan (LeBoeuf *et al.*, 1972) y provocan un porcentaje importante en la separación entre madre y cría (44%; Reiter *et al.*, 1981 en Salogni, 2009).

La mayoría de las hembras cuidan de su cría hasta el destete, alimentándola de manera exclusiva, pero muchas otras no tienen éxito en el cuidado de sus crías, especialmente aquellas que tienen entre 3 y 5 años de edad (Reiter *et al.*, 1981 en Salogni, 2009; Riedman y LeBoeuf, 1982). El reconocimiento madre-cría está basado en una combinación de señales acústicas, visuales y olfatorias, mismo que inicia inmediatamente después del nacimiento. En particular, la hembra emite vocalizaciones en dirección a la

cría, denominadas llamados, y además la huele y la toca con la nariz, pero nunca la lame (Bartholomew y Collias, 1962; LeBoeuf *et al.*, 1972; Riedman y LeBoeuf, 1982).

La sobrevivencia de la cría depende de la capacidad de la madre de distinguirla entre otras crías para alimentarla de modo exclusivo, ya que una hembra de elefante marino no puede alimentar eficientemente a más de una cría (LeBoeuf *et al.*, 1972). También la madre debe estar cerca de su cría para defenderla de otras hembras y además evitar que sea arrastrada por la marea (LeBoeuf *et al.*, 1972; Reiter *et al.*, 1981 en Salogni, 2009). A causa de factores sociales como el disturbio causado por los machos, la agresión de las hembras, y el distanciamiento voluntario de la cría, así como factores ambientales como las condiciones atmosféricas y de marea, pueden provocar que una madre pueda ser separada temporalmente o de manera definitiva de su cría.

II. Antecedentes sobre estudios acústicos

Para que una señal acústica sea útil para el reconocimiento entre madres y crías, sus vocalizaciones deben ser individuales, lo cual requiere una estereotipia de las señales acústicas, es decir, presentar una baja variabilidad dentro del individuo y una alta variabilidad entre individuos (Charrier *et al.*, 2003; Terry *et al.*, 2005). Esta individualidad en las señales acústicas se ha observado en una gama amplia de especies y al parecer es causada por una serie de factores genéticos, ambientales y evolutivos (McGregor, 1993; Suthers, 1994 citados en Terry *et al.*, 2005).

En términos de la individualidad vocal, existen dos términos que son importantes de definir: discriminación e identificación. La discriminación requiere que los individuos sean lo suficientemente diferentes para ser separados de entre otros individuos. En cambio, la identificación requiere que las características vocales del individuo permanezcan constantes durante periodos de tiempo para ser asociadas con ese individuo (Peake *et al.*, 1998; McGregor *et al.*, 2000 citados en Terry *et al.*, 2005).

El análisis de estas características vocales puede ser complicado debido a las estructuras complejas que pueden presentar como resultado del sistema vocal de los organismos y el contexto dentro del cual se realizan (Terry *et al.*, 2005). El gran repertorio vocal que presentan los animales y el contexto en el que son emitidas las señales acústicas pueden tener importantes efectos en la estructura del sonido, complicando su análisis para su uso en la identificación.

En los pinnípedos el reconocimiento vocal madre-cría ha sido estudiado extensamente en otáridos y el reconocimiento mutuo parece ser característico de esta familia (Insley *et al.*, 2003). En la tabla II se presenta un resumen de algunos estudios realizados en especies de pinnípedos sobre la vocalización individualizada y el reconocimiento. Como resultado de la presión selectiva que enfrentan los otáridos durante la reproducción, es probable que se requiera de una participación activa en el reconocimiento vocal tanto de la madre como de la cría (Collins *et al.*, 2006). Se ha observado para algunas especies de otáridos que las parejas madre-cría son capaces de reconocerse entre ellas basándose en la estereotipia de sus vocalizaciones (Trillmich, 1981; Insley, 1992; Insley, 2000; Charrier *et al.*, 2002; Charrier *et al.*, 2003; Tripovich, 2008), y

que el grado de estereotipia se puede ver reflejado en algunas características acústicas en los dominios de frecuencia, tiempo e intensidad (Fernández-Juricic, 1999; Charrier *et al.*, 2003).

Phillips (2003) demostró que las parejas madre-cría del lobo fino sudamericano (*Arctocephalus australis*) usan las señales acústicas para reconocerse a largas distancias, y que además las hembras usan otras estrategias para asegurar la reunión con la cría (ej. moverse dentro de la colonia, inspeccionar a las crías al acercarse a ellas). Concluyó que las parejas madre-cría están haciendo uso de varios tipos de señales para lograr su reconocimiento.

Algunas especies de focas, al igual que los otáridos, forman agregaciones grandes durante su reproducción en tierra (Riedman, 1990) y puede haber separaciones temporales de las madres y crías durante la lactancia (LeBoeuf *et al.*, 1972; LeBoeuf y Briggs, 1977; Sato *et al.*, 2002); por tanto, se espera que las señales acústicas jueguen un rol importante en el proceso de reconocimiento y reencuentro entre las parejas madre-cría (Collins *et al.*, 2006).

Estudios realizados en especies de fócidos han revelado la presencia de una individualidad de sus vocalizaciones (McCulloch *et al.*, 1999; van Opzeeland y van Parijs, 2004; Collins *et al.*, 2006). Algunos experimentos donde se reproducen grabaciones revelaron que las hembras de foca gris no respondieron más a sus crías que a otras crías, por tanto es probable que en esta especie la individualidad de sus vocalizaciones no esté asociada directamente con el sistema de reconocimiento (McCulloch *et al.*, 1999). Otros experimentos del mismo tipo realizados con la foca elefante del norte demostraron que las hembras pueden distinguir las vocalizaciones de sus crías (Petrinovich, 1974).

Innsley (1992) comparó la variación estructural de las primeras vocalizaciones usadas entre las parejas madre-cría de dos especies de pinnípedos (foca elefante del norte y lobo fino del norte) que difieren en sus comportamientos reproductivos. Encontró que las vocalizaciones usadas entre las madres y crías del lobo fino son más estereotipadas que las de la foca elefante. Estas vocalizaciones tuvieron menos variación en sus características acústicas dentro de los individuos y más variación entre los individuos. Sus resultados indicaron que la presión selectiva para desarrollar un reconocimiento individual existe en

ambas especies pero es mayor en el lobo fino, lo cual se puede deber a sus estrategias de reproducción y cuidado materno.

Tabla II. Resumen de los estudios realizados sobre parejas madre-cria de algunas especies de pinnípedos para evaluar la individualidad de sus vocalizaciones y el reconocimiento individual (experimentos con playback). Tabla modificada de Insley *et al.*, (2003).

	Especie	Nombre común	Individuo	Autores
Vocalización individualizada	<i>Arctocephalus australis</i>	Lobo fino sudamericano	Madre y cria	Phillips y Stirling, 2000
	<i>Arctocephalus forsteri</i>	Lobo fino de Nueva Zelanda	Madre y cria	Stirling, 1970; 1971; Stirling y Warneke, 1971; Page <i>et al.</i> , 2002
	<i>Arctocephalus galapagoensis</i>	Lobo fino de Galápagos	Madre y cria	Trillmich, 1981
	<i>Arctocephalus gazella</i>	Lobo fino antártico	Madre y cria	Stirling y Warneke, 1971; Page <i>et al.</i> , 2002
	<i>Arctocephalus pusillus</i>	Lobo fino australiano	Madre y cria	Stirling y Warneke, 1971; Tripovich <i>et al.</i> , 2006
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Lobo fino subantártico	Madre y cria	Roux y Jouventin, 1987; Charrier <i>et al.</i> , 2003; Page <i>et al.</i> , 2002; Charrier <i>et al.</i> , 2002
	<i>Callorhinus ursinus</i>	Lobo fino del norte	Madre y cria	Lisitsina, 1973; Takemura <i>et al.</i> , 1983; Insley, 1992
	<i>Eumatopias jubatus</i>	Lobo marino de Steller	Madre	Campbell <i>et al.</i> , 2002
	<i>Halichoerus grypus</i>	Foca gris	Cria	Caudron <i>et al.</i> , 1998; McCulloch <i>et al.</i> , 1999
	<i>Leptonychotes weddellii</i>	Foca de Wedell	Cria	Collins <i>et al.</i> , 2006
	<i>Mitrounga angustirostris</i>	Foca elefante del norte	Madre y cria	Insley, 1992
	<i>Monachus schauinslandi</i>	Foca monje	Cria	Job <i>et al.</i> , 1995
	<i>Odobenus rosmarus</i>	Morsa	Cria	Kibal'chich y Lisitsina, 1979; Miller, 1985; Kastelein <i>et al.</i> , 1995
	<i>Otaria byronia</i>	Lobo marino sudamericano	Madre y cria	Fernández-Juricic <i>et al.</i> , 1999
	<i>Phoca groenlandica</i>	Foca groenlandica	Cria	van Opzeeland y van Parijs, 2004
	<i>Phoca vitulina</i>	Foca de puerto	Cria	Renouf, 1984; Perry y Renouf, 1988
	<i>Zalophus californianus</i>	Lobo marino de California	Cria	Schusterman <i>et al.</i> , 1992
<i>Zalophus wollebeaki</i>	Lobo marino de Galápagos	Madre y cria	Trillmich, 1981	
Reconocimiento individual	<i>Arctocephalus australis</i>	Lobo fino subantártico	Mutuo madre-cria	Roux y Jouventin, 1987; Charrier <i>et al.</i> , 2001, 2002; Mathevon <i>et al.</i> , 2004
	<i>Arctocephalus galapagoensis</i>	Lobo fino de Galápagos	Cria hacia la madre	Trillmich, 1981
	<i>Callorhinus ursinus</i>	Lobo fino del norte	Mutuo madre-cria	Insley, 2000, 2001
	<i>Halichoerus grypus</i>	Foca gris	Madre hacia la cria	McCulloch y Boness, 2000
	<i>Mitrounga angustirostris</i>	Foca elefante del norte	Madre hacia la cria	Petrinovich, 1974
	<i>Phoca vitulina</i>	Foca de puerto	Madre hacia la cria	Renouf, 1985
	<i>Zalophus californianus</i>	Lobo marino de California	Cria hacia la madre	Hanggi, 1992
	<i>Zalophus wollebeaki</i>	Lobo marino de Galápagos	Cria hacia la madre	Trillmich, 1981

III. Justificación

En los mamíferos marinos, así como en la mayoría de los mamíferos terrestres, el cuidado de la cría está a cargo de la hembra (Tibbetts y Dale, 2007). La inversión materna es una clave determinante de la aptitud reproductiva, ya que las crías no son capaces de sobrevivir sin el alimento y el cuidado que les proveen sus madres (Sebe *et al.*, 2008). En el caso particular de las especies que forman grandes grupos durante su reproducción, además de que paren a sus crías en sincronía, el proceso de reconocimiento es de suma importancia. Esto es debido a que en ocasiones las parejas madre-cría llegan a ser separadas dentro de la colonia, por lo que deben ser capaces de reconocerse (Trillmich, 1981; Charrier *et al.*, 2002; Phillips, 2003).

Las separaciones pueden darse a causa de factores sociales como el disturbio causado por los machos, la agresión de las hembras, y el distanciamiento voluntario de la cría, así como factores ambientales como las condiciones atmosféricas y de marea. Esto es un evento negativo, que reduce la probabilidad de supervivencia de la cría ya que no recibirá su alimento y estará expuesta a la agresión de otros individuos (Bartholomew y Collias, 1962; LeBoeuf *et al.*, 1972; Riedman y LeBoeuf 1982).

La separación de las parejas madre-cría puede ser temporal o permanente. Cuando esto último ocurre pueden suceder tres cosas principalmente: [1] la cría es adoptada por otra hembra, [2] la cría se alimentará de varias hembras (amamantamiento oportunista), en estos casos es probable que la cría llegue al destete, sin embargo, muy probablemente las reservas que tendrá no serán las necesarias para sobrevivir el primer año, [3] la cría muere antes del final de la temporada reproductiva.

Por esto es que la selección natural favorece un buen sistema de reconocimiento entre madres y crías. Sin embargo, en la foca elefante del norte de las Islas San Benito se ha observado que ocurren separaciones de las parejas madre-cría, de las cuales pocas logran reunirse. Salogni (2009) reportó que la tasa de mortalidad en esta especie en las Islas San Benito (SB) es de 26.3% (para cuatro años de estudio), la cual es variable entre islas, más que entre años. La Isla SB Este presentó la tasa más alta con un 38%, seguida de la Isla SB Centro con un 28% y por último la Isla SB Oeste con un 17%. Ésta es una tasa de mortalidad alta en comparación con lo que se reporta en general para los pinnípedos, donde

es de entre 10% y 20%. La principal causa de mortalidad que se encontró fue por el síndrome de lesiones e inanición, el cual comprende una serie de eventos ligados que inician con la separación de la cría de su madre, seguido de la falta de alimento y el riesgo de lesiones por otras hembras o machos adultos (Salogni, 2009).

La supervivencia de una cría abandonada depende de la leche y de la protección que pueda recibir eventualmente de una hembra adoptiva (Riedman y LeBoeuf, 1982). La adopción de una cría no emparentada es un comportamiento relativamente común, especialmente en hembras jóvenes que han perdido a sus crías y en harenes de grandes dimensiones (Riedman y LeBoeuf, 1982).

Es necesario evaluar si el índice mayor de separación en las parejas madre-cría en las Islas San Benito en comparación con otros pinnípedos se debe a que la falta de un patrón de reconocimiento fuerte es consistente con la falta de una presión selectiva a favor de un alto nivel de reconocimiento individual. Para elucidar si hay evidencia de reconocimiento individual entre madre-cría en esta especie, se analizó si sus vocalizaciones son únicas (estereotipadas) y si varían entre los individuos.

IV. Hipótesis

Los sonidos de cada madre y cada cría tienen una estructura acústica constante, pero diferentes entre las distintas madres y crías; estos sonidos potencialmente pueden usarse para el reconocimiento individual.

La individualidad está relacionada con algunas características específicas del sonido.

Algunas hembras o crías emiten sonidos con mayor individualidad que otras.

V. Objetivos

V.1 Objetivo General

Evaluar si la individualidad y variabilidad de las vocalizaciones entre las madres y crías de foca elefante del norte pueden potencialmente permitir el reconocimiento entre ellas.

V.2 Objetivos específicos

1. Describir la estructura acústica de las vocalizaciones de las madres y crías de la foca elefante del norte.
2. Evaluar la repetibilidad y el potencial individual de codificación de las vocalizaciones de madres y crías, y evaluar su posible contribución al reconocimiento entre ambas.

VI. Metodología

VI.1 Área de estudio

El sitio donde se llevó a cabo el presente estudio fue en la Isla San Benito del Oeste, en la región central de la península de Baja California, Baja California ($28^{\circ}18'N$, $115^{\circ}34'W$; Figura 2). La isla forma parte de un grupo de tres islas que en su totalidad cubren 6.4 km^2 (Wolf *et al.*, 2005). Reciben su nombre de acuerdo a su posición longitudinal: San Benito del Este (SBE), San Benito del Medio (SBM) y San Benito del Oeste (SBO) (García-Aguilar, 2004). El área de la Isla SBO es de alrededor de 3.46 km^2 , su largo es de 2.85 km con ancho de 2.40 km, la altitud máxima es de 216 msnm (Carrasco, 1978 en García-Aguilar, 2004). El clima de las islas es árido con una precipitación anual promedio de 65.1 a 121.3 mm. El 95% de la precipitación ocurre durante el otoño e invierno, principalmente durante los meses de diciembre, enero y febrero (Junirak y Philbrick, 1997 en García-Aguilar, 2004).

Se eligió la Isla SBO para esta investigación debido a que cuenta con las características idóneas para la recolección de datos. La morfología de sus playas brinda mayor protección del viento y del ruido del oleaje, con lo cual se pueden obtener buenas grabaciones. Además, es factible acercarse a los animales a corta distancia sin perturbarlos.

El estudio se llevó a cabo entre 2006-2007. En las tres islas, el total de hembras contadas durante los días pico de reproducción (máximo número de hembras reproductoras) fue de 2,323, de lo que se estima una población total de 3,035 hembras². En el área de estudio (Isla SBO) se observó en el día de mayor abundancia de hembras (22/01/2007) una población 899, con lo cual se estima un total de 1,141 hembras (37.59 % del total en las tres Islas). Se contaron 14 harenes (más otros 5 fuera del área de estudio), y el tamaño de los harenes en el día pico presentó entre 8 y 116 hembras, con un promedio de 46.9 hembras por harén (Filippo Galimberti, com. pers.).

² Método de Galimberti y Sanvito (2001).

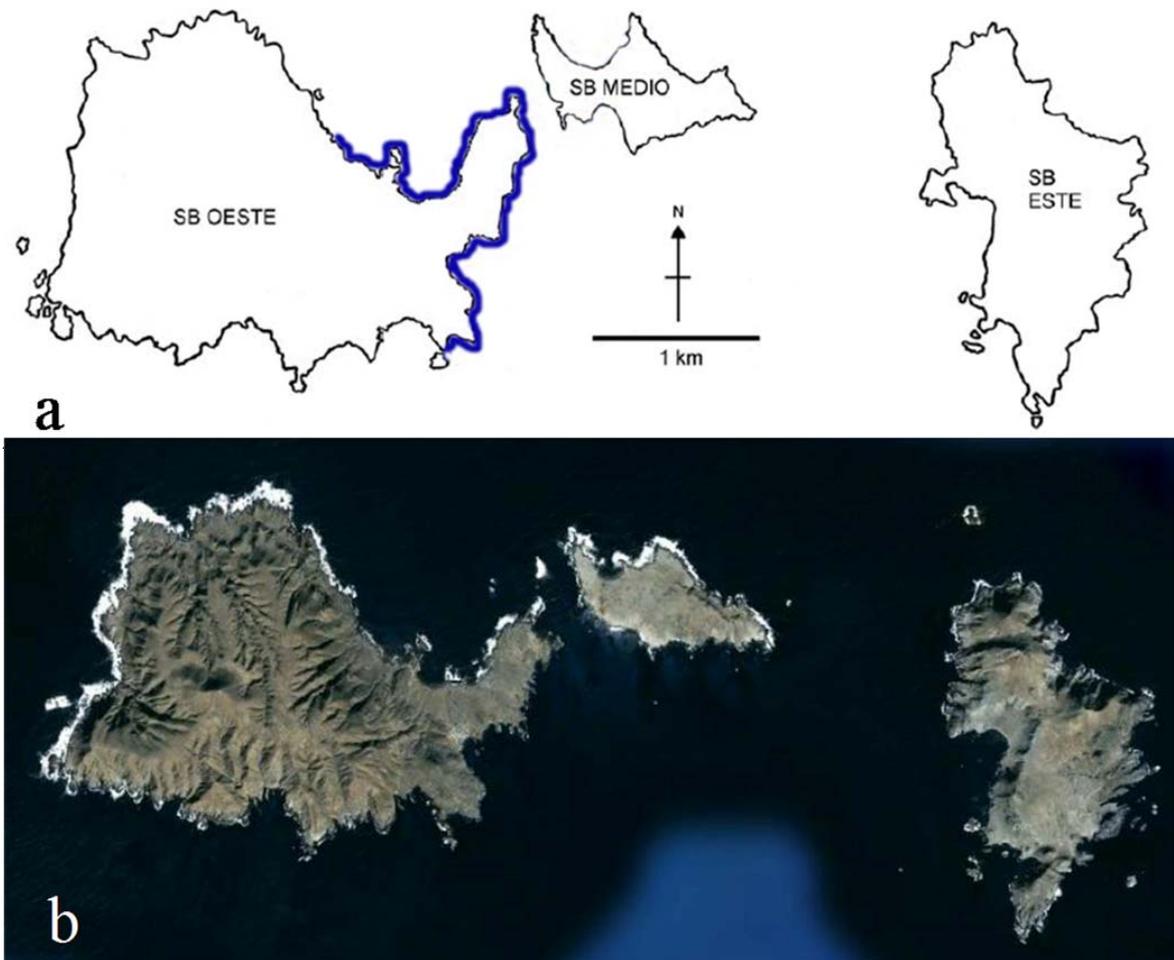


Figura 2. Mapa de las Islas San Benito: San Benito del Oeste, San Benito del Medio, y San Benito del Este. a) Imagen tomada de Salogni, 2009 (modificada del autor). En azul se marca el área de estudio. b) Imagen de satélite tomada el día 25/05/2009 con el programa Google Earth.

Se estimó una productividad bruta de 1,027 crías (número de crías que nacieron ese año, tomando en cuenta el total de hembras y la fertilidad de 0.9 según García-Aguilar, 2004), de las cuales 854 sobrevivieron al destete (85.15%), representando una mortalidad de 16.85%. Esta es la mortalidad más baja de las tres islas, representando un tercio de la SBM y casi la mitad de SBE (Filippo Galimberti, com. pers.).

VI.2 Trabajo de campo

La recolección de datos se realizó durante la temporada reproductiva (diciembre 2006-abril 2007) en la Isla SBO, desde principios de diciembre hasta finales de febrero. El trabajo de campo comprendía diferentes actividades, como marcaje y censo de los organismos, observación de patrones de comportamiento, y grabaciones de las vocalizaciones de hembras y crías.

Antes de las grabaciones, se marcaron los organismos para facilitar su identificación al momento de grabarlos. Para marcar, se usó decolorante para cabello (Figura 3). Para ello, se debe de acercar lo más que se pueda a los animales y con un aplicador escribir un nombre (corto de preferencia, 3-5 letras, ej. ZAMI) en hembras, y un número y letra en las crías (letra asignada al observador). El nombre del animal debía estar a los costados, parte dorsal, ventral y posterior (arriba de la cola). No siempre se podía marcar en todos los lugares del cuerpo debido a la posición del animal al momento del marcaje. Esta técnica facilita en gran medida la identificación, porque permite leer fácilmente los nombres de los organismos a distancia, sin embargo, este método sólo es útil en la temporada de estudio, ya que posteriormente los organismos mudan el pelaje.

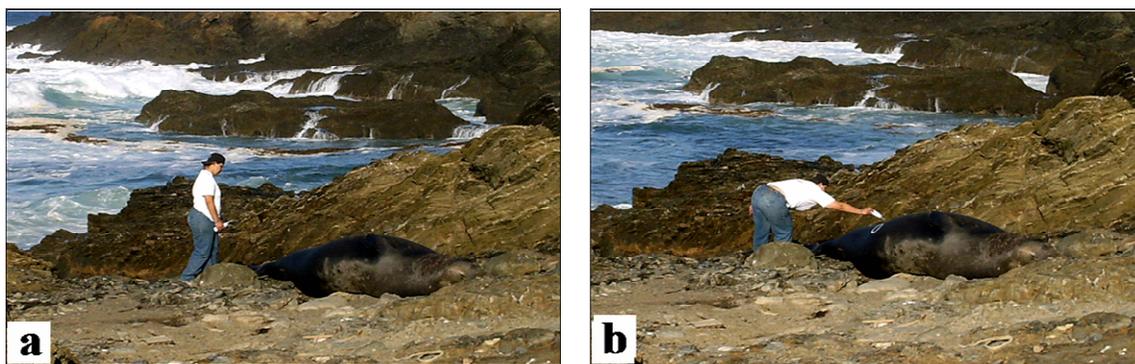


Figura 3. Técnica de marcaje con decolorante para cabello. a) Aproximación al organismo. b) Aplicación del tinte para escribir el nombre del organismo (Foto tomada por Guadalupe Gómez durante temporada de estudio).

Otra técnica usada para marcar individuos fue la colocación de marcas plásticas (Jumbo Rototags, Dalton Supplies, <http://www.dalton.co.uk/>), las cuales se colocaron en las aletas posteriores en la membrana interdigital con ayuda de una pinza (Figura 4). A

diferencia de la técnica anterior, estas marcas pueden durar colocadas toda la vida del organismo, incluso se observaron organismos marcados en temporadas anteriores. Al inicio de la temporada, se procuró marcar la mayor cantidad posible de organismos para así facilitar la identificación cuando se iniciara con las grabaciones.

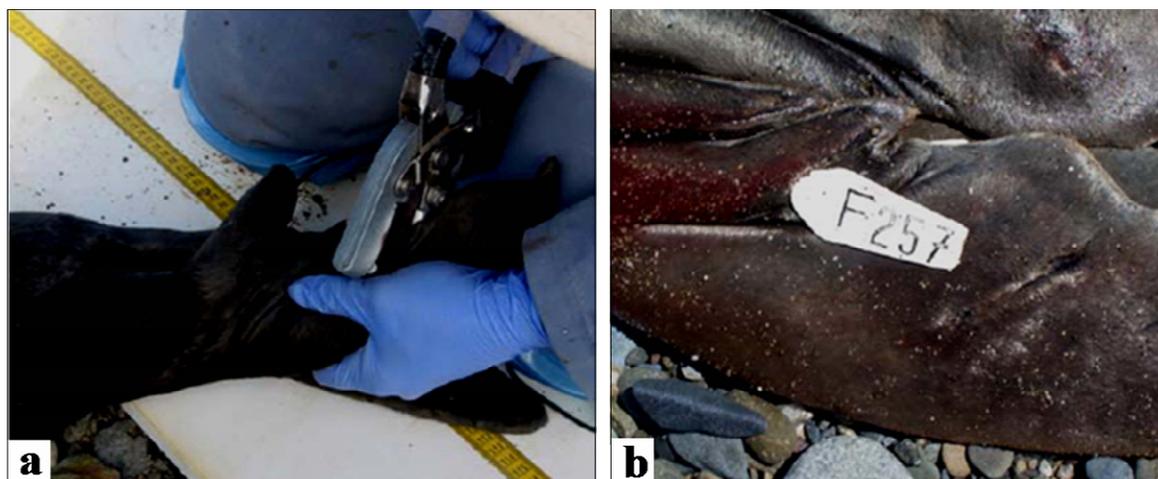


Figura 4. Técnica de marcaje con marcas plásticas. a) Aplicación de la marca plástica con ayuda de una pinza en una cría. b) Marca plástica colocada inter-digitalmente en la aleta posterior (Fotos tomadas de Salogni, 2009)

Cuando una hembra marcada paría a su cría se procuró marcar al recién nacido para poder asignar correctamente la cría a esa hembra. En ocasiones, esto no fue posible debido a que no era fácil el acceso a la cría por su ubicación en el harén o porque nacían en horas fuera del esfuerzo de trabajo (por la noche). Sin embargo, se trató de marcarlas lo antes posible para asegurar su identificación.

Se grabaron vocalizaciones de hembras y crías con una grabadora digital PMD660 (Marantz; <http://www.d-mpro.com/>) y un micrófono dinámico MD 441 (Sennheiser; www.sennheiser.com) con una frecuencia de respuesta de 30-20,000 Hz. Las grabaciones se llevaron a cabo desde el 24 de diciembre 2006 hasta el 10 de febrero 2007. Las grabaciones se realizaron diariamente durante todas las horas de luz (entre las 6:00 ó 6:30 hs. y las 17:30 hs. aproximadamente). Se revisaron las tablas de mareas para cada día, con la finalidad de evitar el ruido del oleaje. Las primeras grabaciones se realizaron en harenas que contaran con la presencia de crías y en playas con las características idóneas para las

grabaciones. Conforme avanzaba la temporada, los harenes aumentaban su tamaño, lo cual dificultaba realizar buenas³ grabaciones, debido al ruido producido por otras focas. Para evitar esta situación se buscaron playas donde hubiera harenes pequeños (aproximadamente <50 hembras) para disminuir la cantidad de el ruido.

La metodología empleada para realizar las grabaciones se describe en los siguientes pasos:

- Se eligió un sitio en la playa para cubrirse del viento y del ruido del oleaje y que estuviera suficientemente cerca de los animales para grabarlos sin perturbarlos, ni correr el riesgo de ser atacado por alguno.
- Se localizó a las parejas hembra-cría que se querían grabar. De preferencia, se eligió a aquellas en las cuales estuvieran marcadas las dos o al menos una de ellas; si alguna de éstas no estaba marcada se procuró marcarla para volverla a grabar posteriormente.
- Hubo que esperar a que comenzaran a vocalizar las parejas elegidas, esto llevó desde minutos a horas, ya que regularmente todos vocalizan al mismo tiempo y el objetivo fue grabar vocalizaciones de una sola hembra y/o cría.
- Al terminar de grabar una secuencia de vocalizaciones, y después de asegurarse de haber identificado correctamente a los organismos, se grabó una nota diciendo el nombre de la hembra y/o cría.
- Simultáneamente a las grabaciones, se registraron los módulos de comportamiento⁴ que presentaban las parejas madre-cría, los cuales fueron registrados en una computadora de mano portátil iPAQ serie hx (HP, <http://welcome.hp.com/country/us/en/prodserv/handheld.html>).

Las computadoras contaban con un programa (HanDBase version 3.5; DDH Software, <http://www.ddhsoftware.com/>) en el cual se registraron las características de la playa, nombres de las parejas madre-cría, características ambientales, información de los instrumentos de grabación, y también contaba con un espacio para notas *Ad libitum*⁵.

³ La calidad de la grabación fue revisada en campo, se clasificó en buena, mala o regular.

⁴ Eventos en los que se puede dividir el comportamiento para facilitar su registro.

⁵ *Ad libitum*: observación del comportamiento anotada por el observador de manera oportunista sin seguir una metodología de muestreo por ejemplo, qué animales observar, qué comportamientos, cuánto tiempo observar (Altman, 1974).

VI.3 Análisis acústico

VI.3.1 Selección de grabaciones

Se obtuvieron 313 grabaciones que conformaban un total de 33 horas de grabaciones de 194 hembras y 62 crías bien identificadas. El promedio de las grabaciones fue de 6 minutos 20 segundos,. Se revisaron 113 grabaciones sumando un total de 17 horas aproximadamente, de las cuales se eligieron las que tuvieran sonidos de parejas madre-cría identificadas por sus marcas. La mayoría de las grabaciones incluían ruido ambiental, así que se eligieron las vocalizaciones que se distinguían bien y que fueran únicas dentro de la grabación. Únicas se refiere a que sólo se haya grabado la vocalización de un solo animal o de la pareja madre-cría previamente identificada. Para esto se utilizó el programa Audition 2.0 (Adobe, Inc., 2005 <http://www.adobe.com/products/audition/>).

Una vez que se identificaba al animal o a la pareja en la grabación se cortaban los fragmentos donde se podían apreciar las vocalizaciones. A estos cortes se les llamó “corte largo”, ya que en éste se podían encontrar varias vocalizaciones de un mismo animal o las vocalizaciones de una pareja madre-cría. Se obtuvieron un total de 704 cortes largos, en los cuales se pudo identificar a 25 parejas madre-cría, 2 crías solas y 1 hembra sola. Posteriormente, se realizó un segundo corte a partir del corte largo, de donde se obtuvieron los “cortes finos”, en los cuales sólo se encontraba un “llamado” (del inglés “call”) de un solo animal. El llamado es la unidad de medición y se definió como la señal emitida por un animal en una sola exhalación de aire. Cabe mencionar que el llamado puede estar formado por una o más partes separadas por espacios de silencio o ruido en esa sola exhalación (Figura 5).

Se procuró obtener tres llamados para cada hembra y cada cría, sin embargo, no siempre fue posible. Este número mínimo de llamados se obtuvo de 23 hembras, mientras que una hembra tuvo dos llamados y dos hembras un llamado. Para las crías, se registraon llamdos de 23 crías con 3 llamados, mientras que;una cría tuvo dos llamados y tres crías un llamado. Al final se obtuvieron 73 llamados para hembras y 74 llamados para las crías.

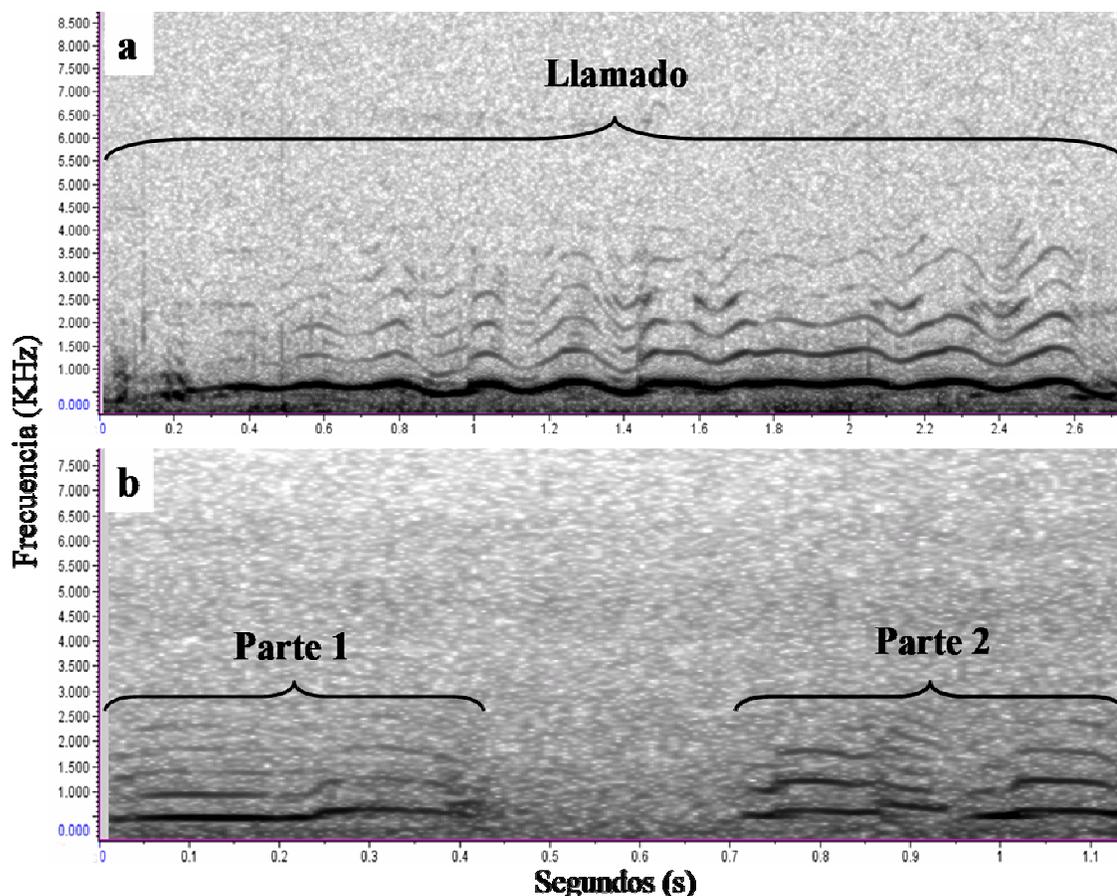


Figura 5. Espectrogramas de los llamados de dos hembras: a) representación de un llamado formado por una parte, b) representación de un llamado formado por dos partes.

VI.3.2 Mediciones de variables acústicas

Se realizaron mediciones de variables acústicas cualitativas y cuantitativas (con relación al tiempo, frecuencia e intensidad) a partir de la generación de espectrogramas, formas de onda y espectros de potencia. Para esto se utilizó el programa Raven Pro versión 1.4 para Windows (Macaulay Library, Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, New York). Para el análisis espectrográfico se usaron parámetros de banda ancha (ventana Hann, tamaño 256 puntos (pts) y filtro de banda ancha 3dB de 270 H, traslape del 75% con resolución en cuadrícula de tiempo de 64 pts y resolución en cuadrícula de frecuencia de 46.9 Hz (DFT = 1024 pts) y de banda estricta (ventana Hann, tamaño 1024 pts y filtro de banda ancha 3dB de 67.4 Hz, y traslape del 75% con resolución en cuadrícula de tiempo de 256 pts; y resolución en cuadrícula de frecuencia de 11.7 Hz (DFT = 4096 pts).

Las variables se midieron en tres niveles: partes, llamados e individuo. En las mediciones en nivel de partes, se excluyeron espacios de silencio o ruido que pudieran estar incluidos en el llamado (esto para el caso de los llamados formados por más de una parte, para los de una parte la medición fue como la del llamado). En nivel llamado, las mediciones incluyen espacios de silencio o ruido, midiéndose desde el inicio de la primera parte hasta el fin de la última (esto es para los llamados formados por más de una parte, los de una parte simplemente se miden desde el inicio hasta el fin de la señal). Por último, el nivel individuo se calculó como el promedio de las mediciones a nivel llamado.

Las variables cualitativas son aquellas características que visualmente pueden identificarse tanto en la forma de la onda como en el espectrograma. Para su medición, se identificaron la presencia de estas características en el llamado y en cada una de las partes del llamado (0 = ausencia, 1 = presencia); con excepción de una de las variables, ya que es categórica (forma del espectrograma).

Se midieron siete variables cualitativas:

- *Tonal*: medida sobre el espectrograma. Presencia de armónicas, regularmente representadas por repetidas bandas oscuras horizontales, separadas entre ellas a la misma distancia (frecuencia). La primera es la frecuencia fundamental, la segunda es el doble de la primera, la tercera es el triple de la primera y así sucesivamente (Figura 6).
- *Formante*: medida en el espectrograma y el espectro de intensidad. Frecuencia enfatizada por el tracto vocal. La vibración de las cuerdas vocales produce ondas sonoras periódicas o *cuasi* periódicas, en las que hay armónicas cuya intensidad baja gradualmente desde la primera hasta la última; éstas son filtradas por el tracto vocal y algunas frecuencias son reforzadas y otras atenuadas. Las frecuencias fuertemente reforzadas (bandas más oscuras) son precisamente las formantes (Figura 6).

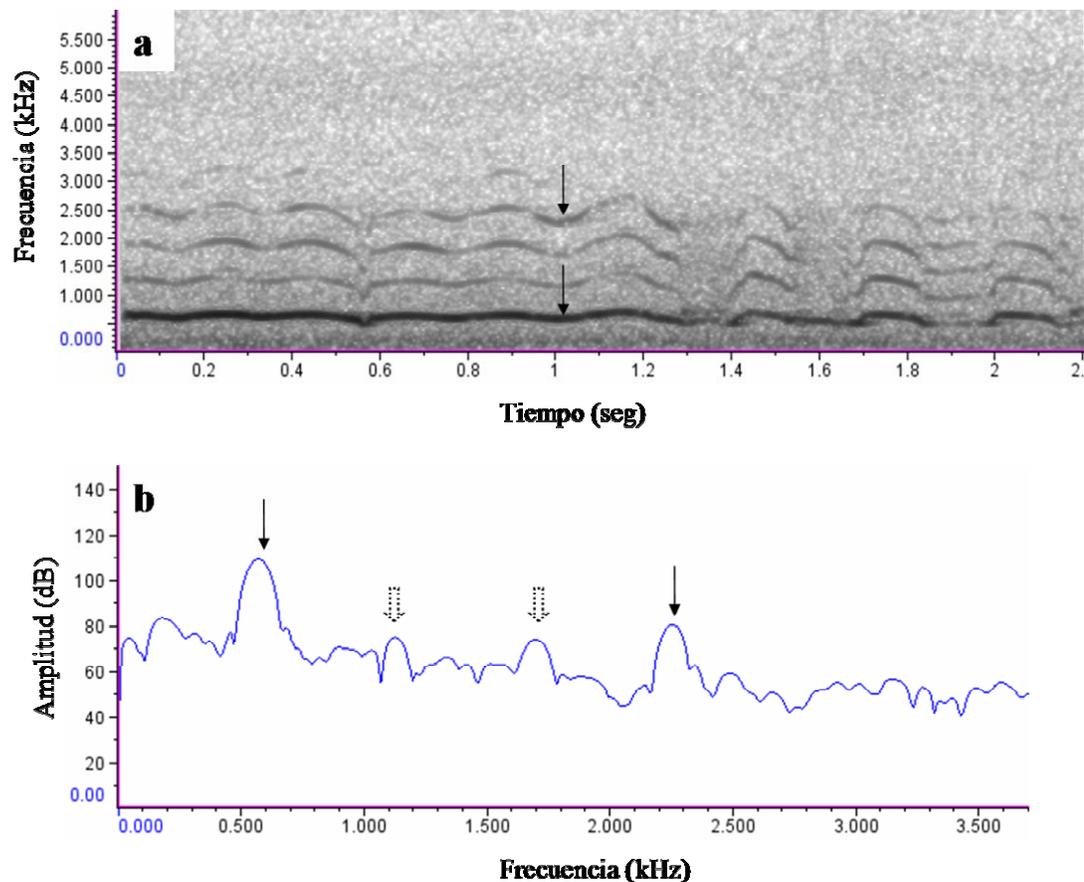


Figura 6. Representación de un llamado: a) espectrograma donde se puede apreciar la estructura tonal y al mismo tiempo se observan las formantes (indicadas por flechas), que son las bandas más oscuras; b) espectro de intensidad donde las formantes se aprecian por ser los picos más altos; las flechas punteadas señalan las otras armónicas.

- *Pulsante*: medida en la forma de onda y en el espectrograma. En el espectrograma se aprecia como la presencia de conjuntos de pequeñas bandas verticales de corta duración, mientras que en la forma de la onda se aprecia como la presencia de pulsos (Figs. 7 y 8).
- *Batimiento*: medida sobre el espectrograma. El batimiento es un fenómeno acústico que se genera al presentarse interferencia entre entre dos ondas sinusoidales con frecuencias ligeramente distintas, generando una variación periódica en la amplitud y frecuencia de la onda debido a la interferencia. El resultado de esta interferencia es una onda sinusoidal cuya amplitud sube y baja casi hasta cero de manera periódica (la frecuencia de la onda y el cómo sube y baja depende de las dos

frecuencia que la generan). En los llamados de FEN es fácil apreciar este fenómeno, en particular en los casos en que el llamado empieza como tonal y en cierto punto pierde esta característica y se transforma en batimiento (Figura 9).

- *Forma del espectrograma:* De manera arbitraria, se le asignaron nombres a las diferentes formas que se podían apreciar en las armónicas, formantes o los conjuntos de pulsos. Las formas que se pudieron diferenciar fueron: ondulada, diagonal, lineal, escalonada, convexa y zig-zag (Figura 10).

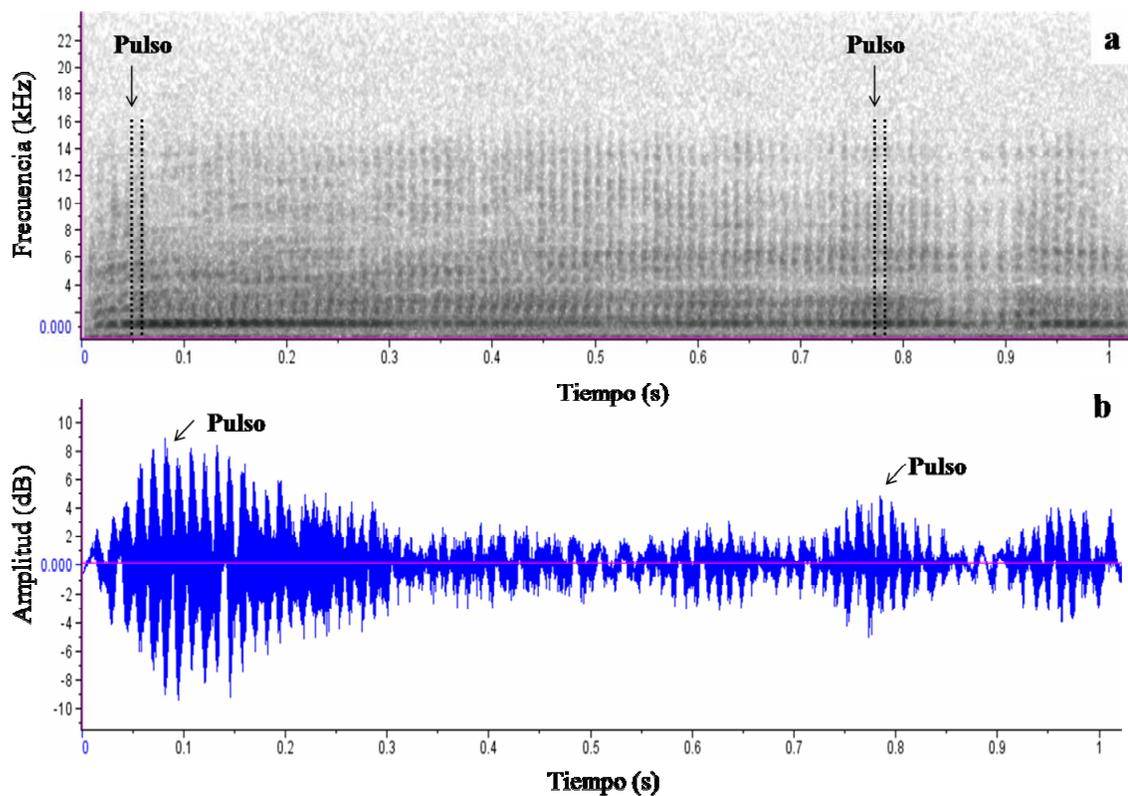


Figura 7. Representación de un llamado de una cría: a) espectrograma donde se aprecian los pulsos b) forma de onda donde se aprecian los pulsos.

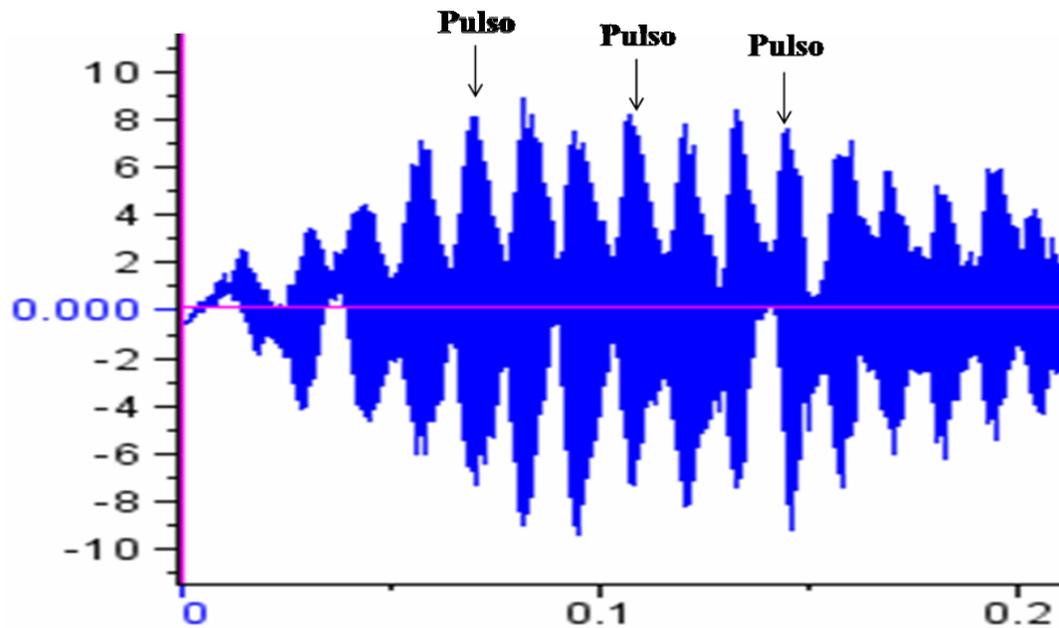


Figura 8. Acercamiento de la forma de onda donde aprecian mejor los pulsos.

- *Modulación en frecuencia:* medida en el espectrograma y en espectro de intensidad. Esta variable se aprecia viendo las formas del espectrograma. Cuando el espectro es lineal, indica que no hay modulación en frecuencia. El espectro de intensidad se puede apreciar al posicionar el cursor sobre la forma de la onda en un punto específico de la señal. Esto genera un espectro en el cual se observa un pico de intensidad, y al mover el cursor a otro punto a lo largo de la señal se genera otro espectro con un pico de intensidad, si este pico se desplaza en el eje de frecuencia indica que hay un cambio en la frecuencia y por lo tanto presenta modulación en la frecuencia (Figura 11).

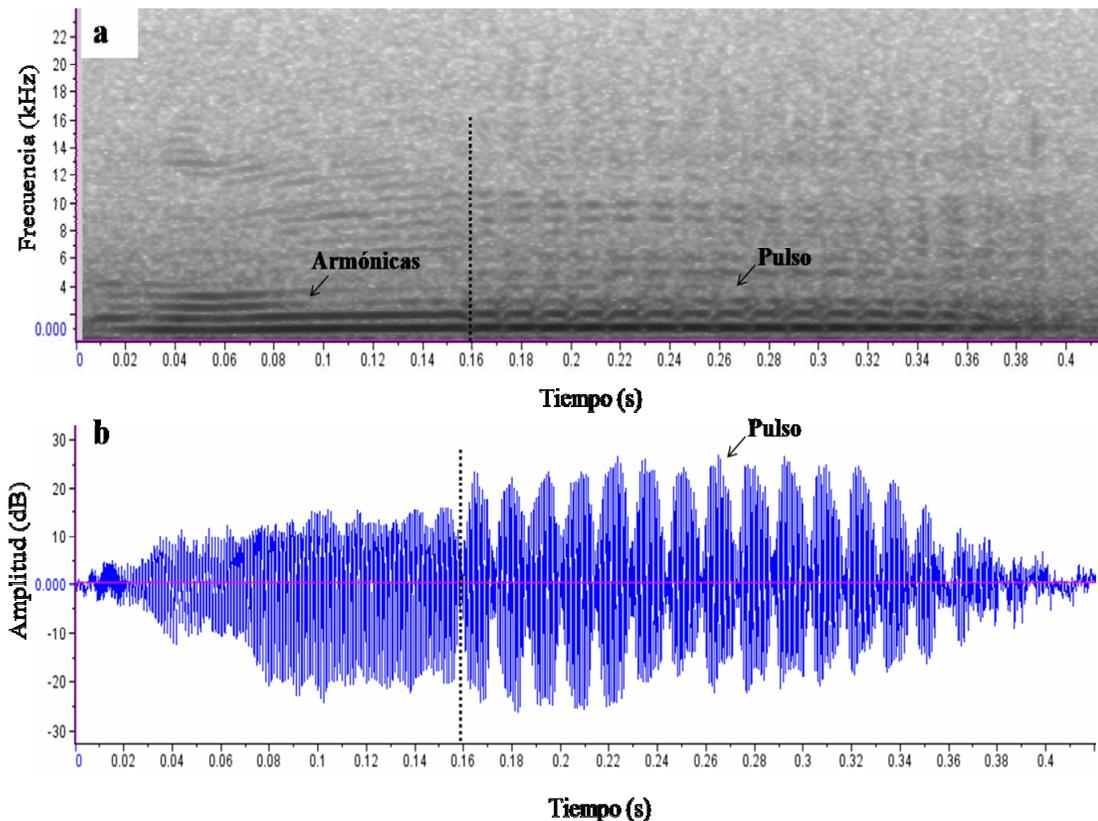


Figura 9. Representación de un llamado en el cual se puede apreciar el batimiento: a) representación en un espectrograma donde comienza siendo tonal y después cambia a una estructura pulsante, b) representación en una forma de onda donde se puede apreciar cómo cambia la forma a pulsos.

- *Modulación en amplitud:* medida en la forma de onda y el espectro de frecuencia e intensidad. Esta variable se observa en la forma de onda claramente cuando hay picos de mayor o menor intensidad mientras que en el espectro de intensidad, se puede apreciar al posicionar el cursor en un punto específico de la señal (Figura 11); esto generará un espectro en el cual se observa un pico de intensidad. Al mover el cursor a otro punto a lo largo de la señal se genera otro espectro con un pico de intensidad, si este pico se desplaza en el eje de amplitud entonces hay un cambio en la amplitud, se dice que presenta modulación en la amplitud.

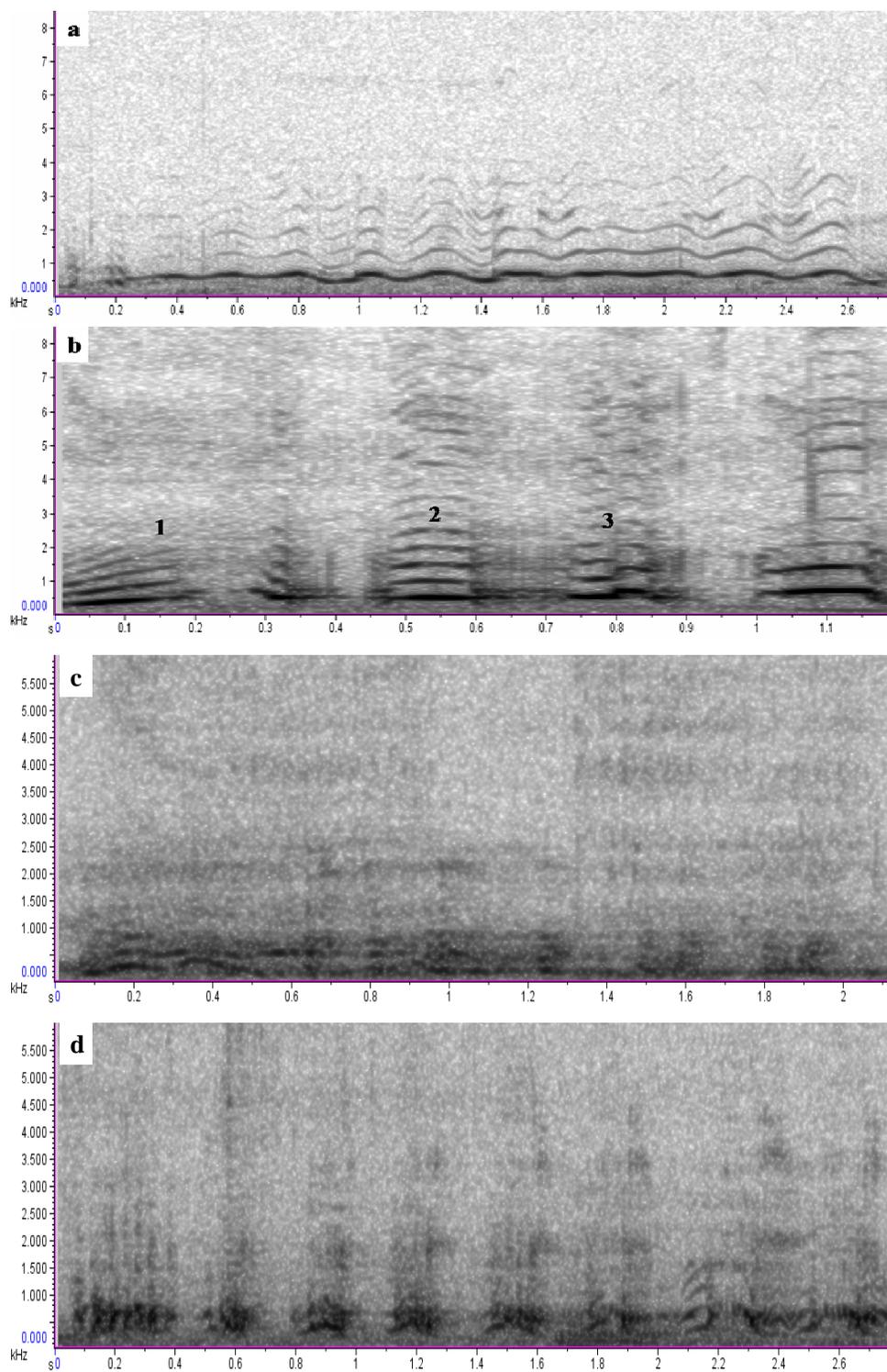


Figura 10. Espectrogramas de distintos llamados donde se pueden apreciar las diferentes formas que se encontraron. a) ondulada; (b) 1: diagonal, 2: lineal, 3: escalonada; c) convexa; d) zig-zag.

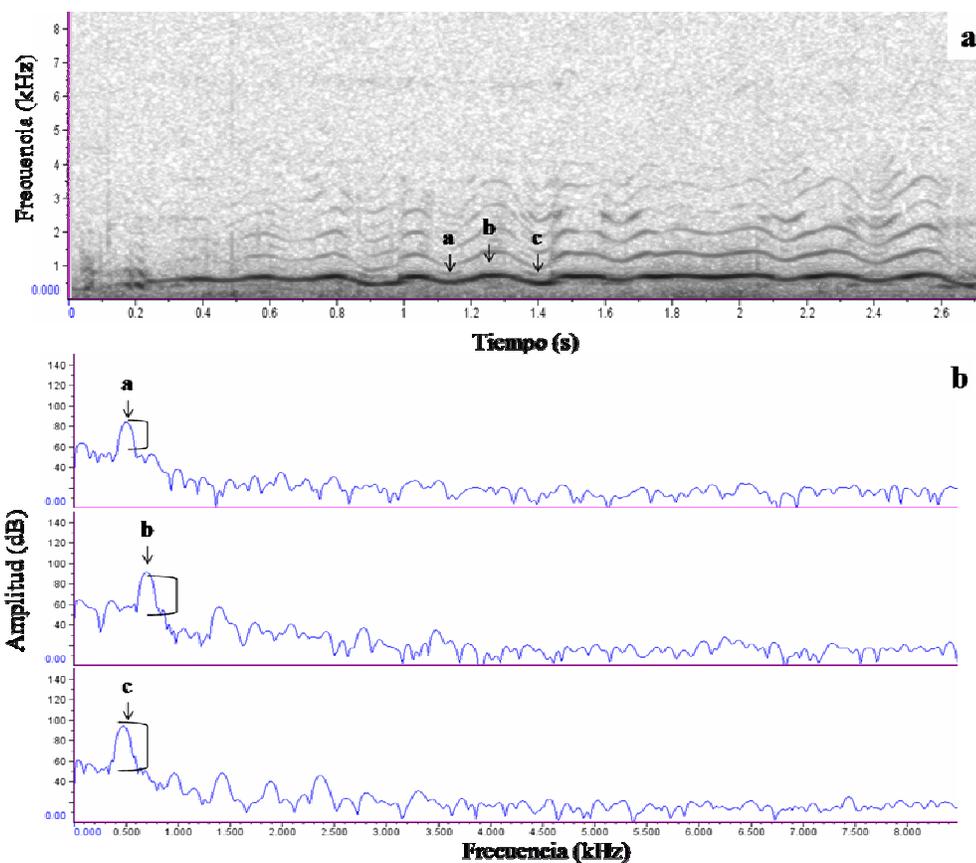


Figura 11. Representación de un llamado donde se puede apreciar la modulación en frecuencia y amplitud. a) En el espectrograma se puede ver que hay una modulación en la frecuencia para la armónica señalada (flechas), porque la forma de la armónica no es lineal. b) En el espectro de intensidad la modulación en frecuencia se observa en el desplazamiento a la derecha de los picos. Al mismo tiempo se puede ver que para la misma armónica presenta modulación en su amplitud al apreciarse cómo el pico es bajo al principio y después es más alto (líneas). En el espectro los tres picos son en tres diferentes puntos de la señal.

Las variables tonal y pulsante son excluyentes. Es decir, si un sonido es tonal no puede ser pulsante y viceversa. Sin embargo, hubo llamados en los cuales se apreciaban las dos características. En estos casos, se categorizó como tonal o pulsante la presencia de la característica que ocupara más del 50% de la señal en la parte o llamado. Por otro lado, estas variables sí pueden estar presentes de manera simultánea a las otras características medidas (ej. un sonido puede ser tonal, tener modulación en frecuencia y modulación en amplitud). Se hizo una categorización (Tabla III) a partir de las dos variables excluyentes (tonal y pulsante) de las posibles combinaciones con las variables formante y batimiento.

Tabla III. Combinaciones de las variables de estructura del espectrograma. Se muestran los nombres completos y las abreviaturas usadas en el texto.

	Combinaciones	Abreviaturas
Tonal	Tonal	T
	Tonal-Formante	T-F
	Tonal-Batimiento	T-B
	Tonal-Formante-Batimiento	T-F-B
Pulsante	Pulsante	P
	Pulsante-Formante	P-F
	Pulsante-Batimiento	P-B
	Pulsante-Formante-Batimiento	P-F-B
Otro	Formante	F
	Formante-Batimiento	F-B

Para la medición de las variables cuantitativas, se tomó como base el protocolo de Insley (1992). Se midieron dieciocho variables, cuyas unidades se muestran en paréntesis:

- *Número de partes por llamado*: número de partes en las que se puede dividir un llamado. Depende de los espacios de silencio o ruido que se encuentran entre cada una de ellas (Figuras 5 y 12).
- *Duración (s)*: duración del llamado o de la parte en segundos. Diferencia entre el inicio y final del llamado o de la parte (Figura 12).
- *Proporción de la duración de la señal con respecto a sus componentes*: es el cociente entre la suma de la duración total de todas las partes que conforman un llamado y la duración total del llamado (Figura 12). El valor para esta variable es de 0 a 1. Un valor de 1 indica que todo el llamado está siendo ocupado por la señal y que no hay espacios de silencio (llamados formados por una parte) mientras que el 0 indica que no hay señal.
- *Tiempo de máxima amplitud (s)*: medida en la forma de onda. Tiempo en el llamado cuando ocurre la máxima amplitud.

- *Tiempo de máxima potencia (s)*: variable medida en el espectrograma. Tiempo en el llamado o la parte al que ocurre la máxima potencia en una sola banda de frecuencia.
- *Diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y de máxima potencia (s)*: Se calculó para evaluar si las dos variables anteriores (tiempo de máxima amplitud y tiempo de máxima potencia) ocurren simultáneamente o espaciadas en el tiempo. Indica que tan distantes ocurren en el llamado/parte estos dos tiempos.
- *Tiempo relativo de máxima amplitud*: cociente entre el tiempo de máxima amplitud y la duración del llamado o de la parte, el cual representa la posición relativa en la cual ocurre el tiempo de máxima amplitud dentro del llamado o de cada parte. Como se trata de una razón, los valores en los que se puede encontrar van de 0 a 1. Por ejemplo, un valor de 0.4 indica que el tiempo de máxima amplitud se encuentra al 40% de la duración del llamado o de la parte.
- *Tiempo relativo de máxima potencia*: cociente entre el tiempo de máxima potencia y la duración del llamado o de la parte. Representa la posición relativa en la cual ocurre el tiempo de máxima potencia dentro del llamado o de cada parte. Como se trata de una razón, los valores en los que se puede encontrar van de 0 a 1. Por ejemplo, un valor de 0.56 significa que el tiempo de máxima potencia se encuentra al 56% de la duración del llamado o de la parte.
- *Frecuencia con máxima potencia (Hz)*: medida en el espectrograma. Frecuencia en la que se encuentra la máxima potencia.
- *Modulación total de la frecuencia (Hz)*: medida en el espectrograma. Es la diferencia, medida en Hz, entre la frecuencia más alta y la más baja de la armónica más baja visible en el llamado o para cada una de las partes (Figura 13).
- *Frecuencia mínima y máxima (Hz)*: medida en el espectrograma. Frecuencia más baja y más alta del llamado y de cada una de las partes donde hay suficiente señal para poder distinguirla claramente del ruido. (Figura 13)

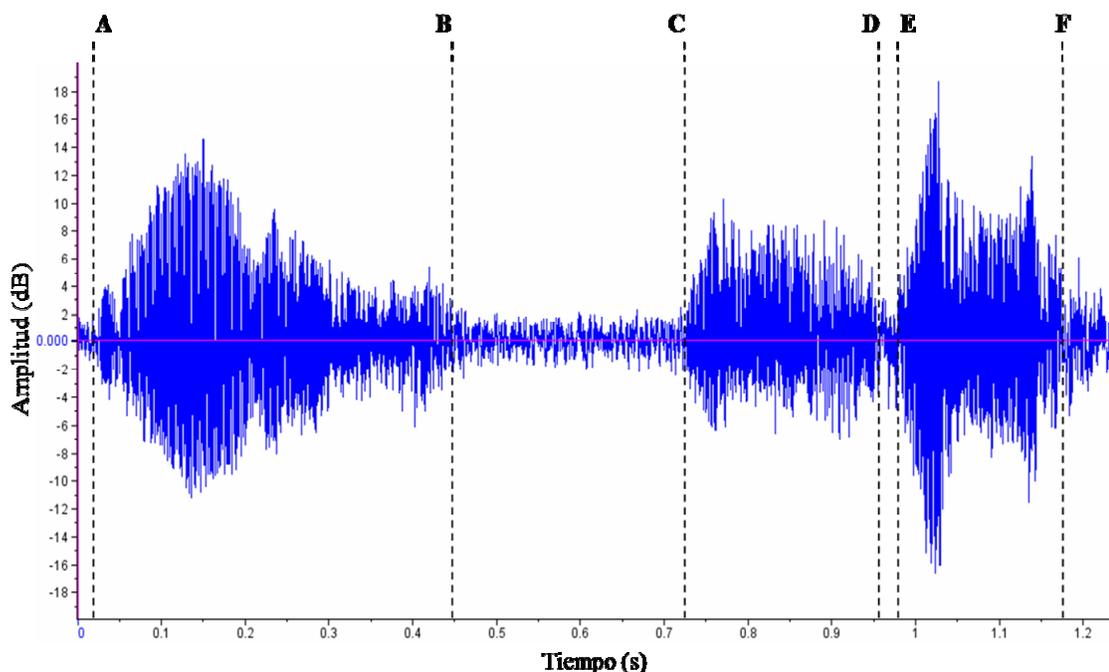


Figura 12. Representación de un llamado en la forma de onda. El llamado está conformado por tres partes. La duración del llamado es A-F, mientras que las duraciones de cada una de las partes son A-B, C-D, E-F. Otra variable que puede verse representada aquí es la proporción del llamado que está presente en la señal: $[(A-B) + (C-D) + (E-F)] / (A-F)$.

- *Frecuencia dominante (Hz)*: medida en el espectro de intensidad. Frecuencia del pico con máxima amplitud (Figura 14).
- *Primer Cuartil (Hz)*: medida en el espectrograma. Frecuencia que divide la selección en dos intervalos de frecuencia que contienen el 25% y el 75% de la energía del llamado o de cada una de las partes.
- *Tercer Cuartil (Hz)*: medida en el espectrograma. Frecuencia que divide la selección en dos intervalos de frecuencia que contienen el 75% y 25% de la energía del llamado o de cada una de las partes.
- *Rango Inter cuartil (Hz)*: medida en el espectrograma. Diferencia entre el primer y el tercer cuartil. La medición de los cuartiles y del rango intercuartil representa la distribución de la energía acústica en el llamado y en cada una de las partes.
- *Energía relativa*: cociente entre la energía de la parte y la energía del llamado que la contiene. Esto representa la proporción de la energía que se encuentra en las partes con respecto a la que se encuentra en todo el llamado. El valor de esta

variable va de 0 a 1. Por ejemplo, un valor de 0.8 significa que el 80% de la energía está contenida en las partes con respecto al llamado.

- *Potencia máxima relativa*: cociente entre la potencia máxima de la parte y la potencia máxima del llamado que la contiene. Esto representa la proporción de la potencia máxima en que se encuentra en cada una de las partes con respecto a la que se encuentra en el llamado. El valor de esta variable va de 0 a 1. Por ejemplo, un valor de 0.7 significa que el 70% de la potencia máxima está contenida en esa parte con respecto al llamado.

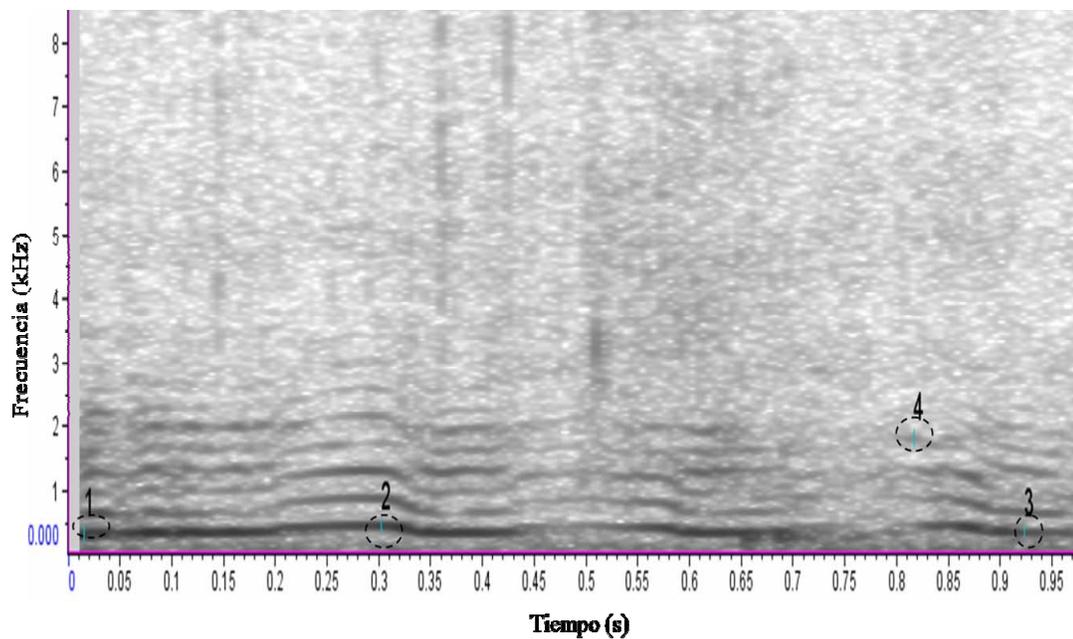


Figura 13. La variable cuantitativa “modulación total de la frecuencia” es la diferencia del punto más bajo y más alto sobre una armónica representados por los números 1 y 2, mientras que los números 3-4 representan la forma de medir las frecuencias mínima y máxima.

Las variables *modulación en frecuencia*, *frecuencia mínima* y *frecuencia máxima* fueron medidas manualmente con ayuda del cursor sobre el espectrograma, a diferencia de las demás variables, las cuales fueron medidas de forma automática haciendo la selección en el programa o por cálculos de las razones según la variable. Las variables *energía relativa* y *potencia máxima relativa* son medidas de intensidad relativa debido a que los

sonidos fueron grabados a diferentes distancias y no fueron calibrados, por este motivo no se tienen las medidas absolutas, sólo relativas en las partes con respecto al llamado.

Para su análisis las variables se agruparon en cuatro tipos (Tabla IV): estructura, donde se incluyen las cualitativas; tiempo, frecuencia e intensidad (variables cuantitativas).

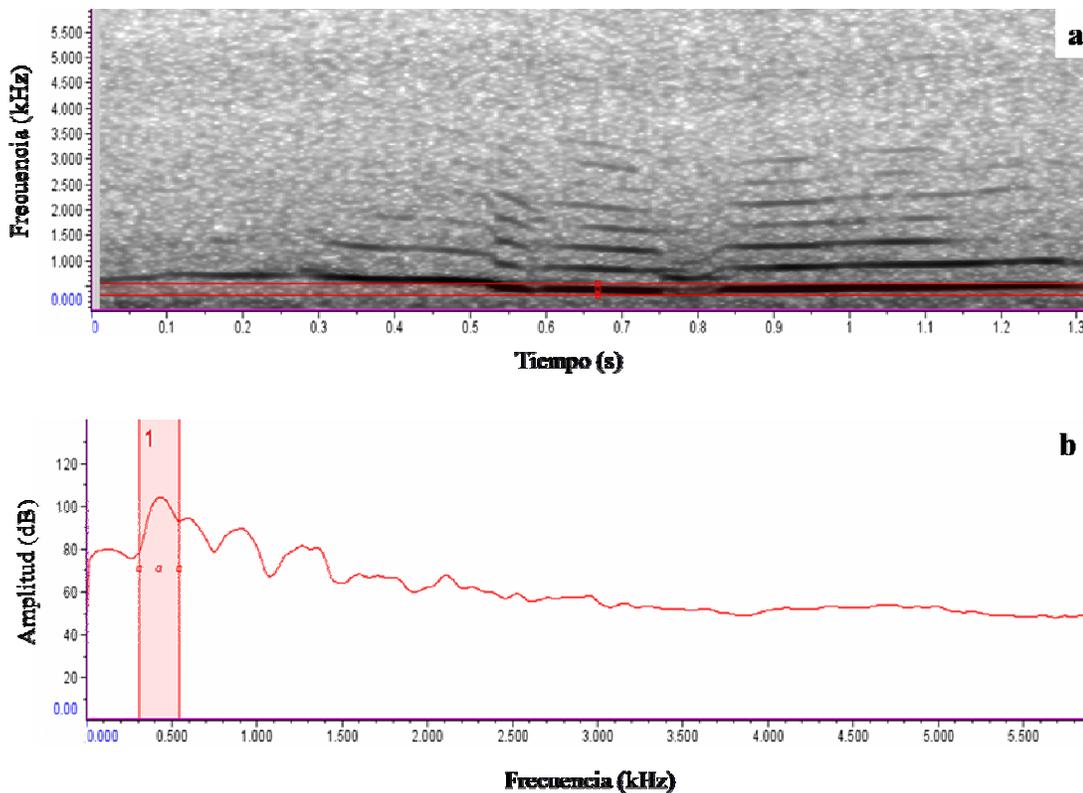


Figura 14. Representación de un llamado donde se aprecia la frecuencia dominante: a) espectrograma donde se aprecia seleccionada la frecuencia donde ocurre la máxima intensidad, b) representación del espectro de potencia donde se ve la máxima potencia.

Tabla IV. Nomenclatura de las variables medidas. Se muestran los nombres completos y las abreviaturas clasificadas por tipo de variable.

	Nombre de la variable	Abreviatura
Estructura	Tonal	Tonal
	Pulsante	Puls
	Formante	Formante
	Batimiento	Bati
	Modulación en frecuencia	Mod_F
	Modulación en amplitud	Mod_Am
	Modulación en amplitud por banda de frecuencia	Mod_Am_F
	Forma del espectrograma	Forma
	Número de partes	N_Part
Tiempo	Duración (s)	Dur
	Suma de la duracion de las partes (s)	S_Dur_Part
	Tiempo de máxima amplitud (s)	T_Mx_Am
	Tiempo de máxima potencia en banda estricta (s)	T_Mx_Pt_E
	Diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia en banda estricta (s)	D_TMx_Am-Pt_E
	Diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia en banda ancha (s)	D_TMx_Am-Pt_A
	Tiempo relativo de máxima amplitud	TR_Mx_Am
	Tiempo relativo de máxima potencia en banda estricta	TR_Mx_Pt_E
	Tiempo relativo de máxima potencia en banda ancha	TR_Mx_Pt_A
	Proporción de la duracion de la señal con respecto a sus componentes en banda estricta	Prop_Dur_Señal_E
Proporción de la duracion de la señal con respecto a sus componentes en banda ancha	Prop_Dur_Señal_A	
Frecuencia	Frecuencia con maxima potencia en banda estricta (Hz)	F_Mx_Pt_E
	Frecuencia con maxima potencia en banda ancha (Hz)	F_Mx_Pt_A
	Frecuencia dominante en banda estricta (Hz)	FD_E
	Frecuencia dominante en banda ancha (Hz)	FD_A
	Modulacion en frecuencia en banda estricta (Hz)	MF_E
	Modulacion en frecuencia en banda ancha (Hz)	MF_A
	Frecuencia mínima en banda estricta (Hz)	F_Mn_E
	Frecuencia mínima en banda ancha (Hz)	F_Mn_A
	Frecuencia máxima en banda estricta (Hz)	F_Mx_E
	Frecuencia máxima en banda ancha (Hz)	F_Mx_A
	Primer cuartil en banda estricta (Hz)	Cuartil_1_E
	Primer cuartil en banda ancha (Hz)	Cuartil_1_A
	Tercer cuartil en banda estricta (Hz)	Cuartil_3_E
	Tercer cuartil en banda ancha (Hz)	Cuartil_3_A
	Rango intercuartil en banda estricta (Hz)	RIC_E
Rango intercuartil en banda ancha (Hz)	RIC_A	
Intensidad	Potencia máxima relativa en banda estricta*	Pt_MxR_E
	Potencia máxima relativa en banda ancha*	Pt_MxR_A
	Energía Relativa en banda estricta*	ER_E
	Energía Relativa en banda ancha*	ER_A

* Variables medidas sólo a nivel de partes.

VI.4 Análisis estadístico

VI.4.1 Estadística descriptiva

Se describió la tendencia central y dispersión de las variables temporales y de frecuencia en los tres niveles (parte, llamado, individuo) para observar la distribución. Para probar normalidad se usó el estadístico de Shapiro-Wilks, y en el caso de que un grupo de valores no fueran normales se evaluó de manera gráfica mediante el análisis visual de histogramas y gráficas de caja y por medio del índice de asimetría (skewness, “g”). De ser normales, los valores se describieron por medio de la media \pm desviación estándar; de lo contrario, se usó la mediana y la desviación absoluta de la mediana (DAM⁶). Para las variables cualitativas se usaron frecuencias y porcentajes.

Para evaluar si habían correlaciones entre variables se calculó el coeficiente de correlación r de Pearson en nivel individuo. Las variables fueron analizadas en tres grupos por separado: estructura, tiempo y frecuencia. Para las variables cualitativas (estructura), se codificó la presencia-ausencia de una estructura particular como una variable binaria (1 y 0, respectivamente). En el caso de la variable *forma del espectrograma* se clasificó como simple (0) y compleja (1) para poder incluirla en el análisis. Se describieron las correlaciones que presentaron valores de $r \geq 0.50$.

Con el fin de saber si las variables presentaron una estructura en las correlaciones se realizó un análisis de componentes principales (ACP) sin rotación, usando la matriz de covarianzas, ya que cada grupo de variables presentaba las mismas unidades. Para cuantificar el nivel de variabilidad se calcularon los coeficientes de variación en las distintas variables de tiempo y frecuencia en nivel individuo tanto para hembras como para crías.

VI.4.2 Individualidad

Dos medidas de individualidad fueron calculadas, la repetibilidad (R) y el potencial para la codificación individual (PIC, por sus siglas en inglés). La repetibilidad es la razón de la varianza en llamados entre individuos sobre el total de la varianza (entre individuos + dentro de individuos). Los valores de repetibilidad van de 0 (toda la variabilidad se

⁶ Mediana de las diferencias absolutas entre cada dato y la mediana total por variable.

encuentra en nivel individuo) a 1 (no hay variabilidad individual, por lo cual la variabilidad total proviene de las diferencias entre los individuos). Se calculó R a partir de los componentes de la varianza. Estos componentes de la varianza fueron calculados de los cuadrados medios (CM) en el análisis de varianza (Lessels y Boag, 1987) usando la ecuación:

$$R = s^2_A / (s^2 + s^2_A) \quad (1)$$

Donde:

$s^2 = CM_D$ componente de la varianza dentro de individuos

$s^2_A = (CM_E - CM_D) / n_o$; componente de la varianza entre individuos; donde n_o es el coeficiente relacionado al tamaño de muestra de los individuos, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$n_o = [1/(a-1)] * [\sum n_i - (\sum n_i^2 / \sum n_i)] \quad (2)$$

Donde:

a = número de individuos

n_i = tamaño de muestra de cada individuo

Debido a las características de distribución de las variables medidas, la aproximación paramétrica para calcular los límites de confianza de R y probar la hipótesis nula $R=0$ no fue aplicable. Por consiguiente, se calcularon los intervalos de confianza (95%) para R usando remuestreos (bootstrap) con 500 réplicas, y se probó la hipótesis nula de $R=0$ para cada variable usando una estimación Monte Carlo de la probabilidad (Manly, 1997). Esta prueba se realizó para evaluar la significancia de las partes de cada llamado y en los llamados entre individuos.

La segunda medida de individualidad, el PIC, se calculó usando los coeficientes de variación en nivel individuo para cada una de las variables de acuerdo a la siguiente ecuación (Charrier y Harcourt, 2006):

$$PIC = CV_b / CV_i \quad (3)$$

Donde:

CV_b = coeficientes de variación entre individuos

CV_i = promedio de los coeficientes de variación dentro de individuos

Se calcularon los coeficientes de variación de acuerdo con la ecuación para muestras pequeñas de Sokal y Braumann (1980):

$$CV = [100(SD/media)*(1 + (1/4n))] \quad (4)$$

Donde:

SD = desviación estándar

n = tamaño de la población

Cuando se obtienen valores mayores a 1 del PIC, la variación entre individuos es mayor a la variación dentro de individuos, y entre mayor sea el valor de PIC la variabilidad dentro de los individuos es menor (Charrier y Harcourt, 2006).

Para comparar las mediciones acústicas entre los grupos (madres y crías) se usaron pruebas estadísticas basadas en rangos (aproximación no paramétrica). Esto se hizo con el fin de poder manejar variables nominales, ordinales e intervalos y así evitar los supuestos de la información y distribución de los residuales de la estadística paramétrica (ver revisión en Potvin y Roff, 1993). En particular: 1) la distribución de muchas de las variables no eran normales debido a la falta de simetría y sus grandes sesgos hacia la derecha; 2) la presencia de valores extremos fue frecuente, lo cual requirió una metodología robusta a este tipo de valores.

Se realizaron pruebas con estimación de probabilidad de Monte Carlo (Manly, 1997) utilizando siempre 10000 réplicas. Esta técnica tiene requiere de menos supuestos que las pruebas paramétricas y ofrece una mejor interpretación comparada con aproximaciones asintóticas (Adams y Anthony, 1996).

Para comparar dos muestras independientes se usó la prueba no paramétrica de Mann-Witney estandarizada (Z), mientras que para comparar tres o más muestras independientes se usó la prueba Kruskal-Wallis (H). Para comparar muestras pareadas se usó la prueba Wilcoxon (T).

Las pruebas no paramétricas fueron calculadas con el programa StatXAct version 4 (Cytel Corporation, www.cytel.com). El programa usado para el cálculo de la estadística descriptiva y para el análisis de repetibilidad fue el STATA versión 10 (STATA <http://www.stata.com/stata10/>).

VII. Resultados

VII.1 Descripción de la estructura acústica

VII.1.1 Variables de estructura

Las partes de los llamados de las hembras presentaron una estructura mayormente tonal (63% de 276 partes), y dentro de ésta la exclusivamente tonal fue la que se encontró con más frecuencia (36%), seguida por tonal-formante con batimiento (28%) (Tabla V). Por otro lado, las partes de los llamados de las crías presentaron una estructura principalmente pulsante (61% de 115 partes), y dentro de esta estructura la combinación más representativa que se encontró fue la pulsante, donde se pudieron ver los formantes y el batimiento (79%) (Tabla II).

Tabla V. Porcentajes de las combinaciones de las variables de estructura del espectrograma para hembras en nivel partes y llamados. P=pulsante, T=Tonal, F=Formante, B=Batimiento. En partes n=número de partes; en llamados n=número de llamados.

Partes	Variable	Combinaciones
Hembras (n=276)	Tonal (n=174, 63%)	T (n=62, 36%)
		T-F (n=39, 22%)
		T-B (n=24, 14%)
		T-F-B (n=49, 28%)
	Pulsante (n=30, 11%)	P (n=1, 3%)
		P-F (n=4, 13%)
P-B (n=10, 33%)		
P-F-B (n=15, 50%)		
Otro (n=72, 26%)	F (n=32, 44%)	
	F-B (n=40, 56%)	
Llamados	Variable	Combinaciones
Hembras (n=73)	Tonal (n=58, 79%)	T (n=6, 10%)
		T-F (n=18, 31%)
		T-B (n=5, 9%)
		T-F-B (n=29, 50%)
	Pulsante (n=10, 14%)	P (n=1, 10%)
		P-F (n=1, 10%)
P-B (n=2, 20%)		
Otro (n=5, 7%)	P-F-B (n=6, 60%)	
	F-B (n=5, 100%)	

En cuanto a los llamados de las hembras, presentaron una estructura mayormente tonal (79% de 73 llamados); dentro de esta estructura se presentó con mayor frecuencia la combinación tonal-formante-batimiento (50% del total de llamados) y tonal-formante (31% del total) (Tabla V). A su vez, los llamados de las crías presentaron una estructura mayormente pulsante (50% de 74 llamados). Dentro de esta estructura se presentó con mayor frecuencia la combinación pulsante-formante-batimiento (76% del total de llamados); cabe mencionar que ningún llamado presentó una estructura exclusivamente pulsante (Tabla VI).

Tabla VI. Porcentajes de las combinaciones de las variables de estructura del espectrograma para crías en nivel partes y llamados. P=pulsante, T=Tonal, F=Formante, B=Batimiento. En partes n=número de partes totales de los llamados; en llamados n=número de llamados totales de los individuos.

Partes	Variable	Combinaciones
Crías (n=115)	Tonal (n=36, 31%)	T (n=3, 8%)
		T-F (n=3, 8%)
		T-B (n=3, 8%)
		T-F-B (n=27, 75%)
	Pulsante (n=70, 61%)	P (n=1, 1%)
P-F (n=5, 7%)		
P-B (n=9, 13%)		
P-F-B (n=55, 79%)		
Otro (n=9, 8%)	F (n=4, 44%)	
		F-B (n=5, 56%)
Llamados	Variable	Combinaciones
Crías (n=74)	Tonal (n=31, 42%)	T (n=3, 10%)
		T-F (n=3, 10%)
		T-B (n=2, 6%)
		T-F-B (n=23, 74%)
	Pulsante (n=37, 50%)	P (n=0)
P-F (n=2, 5%)		
P-B (n=7, 19%)		
P-F-B (n=28, 76%)		
Otro (n=6, 8%)	F (n=3, 50%)	
		F-B (n=3, 50%)

En nivel de individuos, las hembras presentaron una estructura tonal (85% de 26 hembras), mientras que en las crías la mayoría fue pulsante (48% del total), seguido por estructura tonal (41% del total). Las proporciones de la presencia de estructura pulsante y tonal en las crías fueron semejantes, mientras que para las hembras fueron diferentes, ya que fueron en su mayoría tonales (Figura 15).

En la mayoría de las partes de los llamados de las hembras también se observó la presencia de modulación en amplitud (98%), mientras que la modulación en frecuencia sólo se observó en el 21% de los casos. A diferencia de las hembras, la modulación en amplitud estuvo en las partes estuvo presente en el de las partes de los llamados de las crías, por lo cual no se tomó en cuenta para análisis posteriores. La modulación en frecuencia para las crías fue del 12% (Tabla 1 en Anexo).

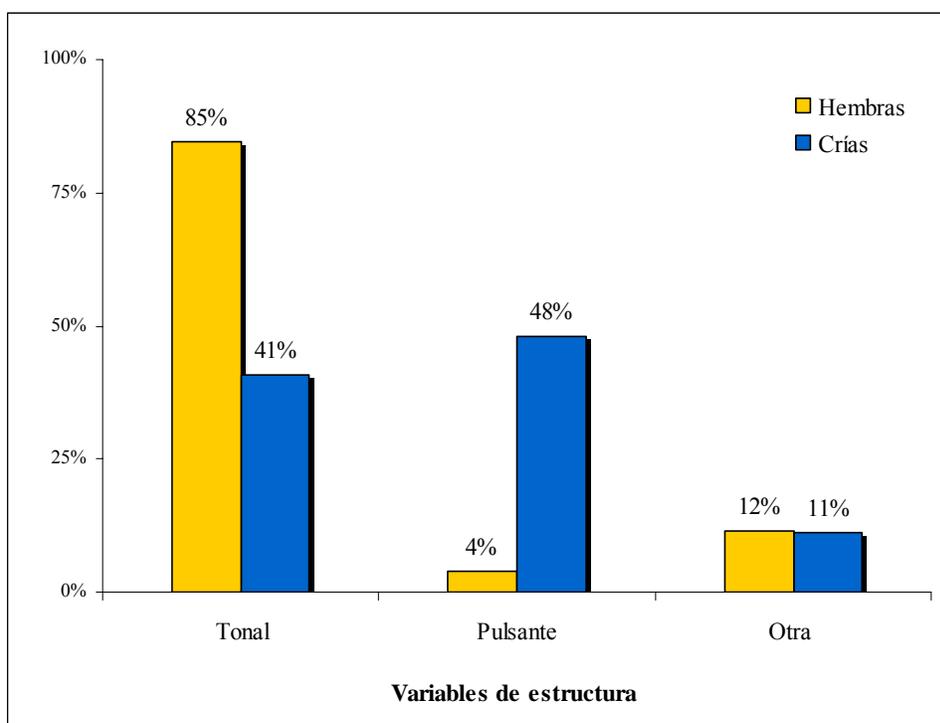


Figura 15. Porcentajes de las variables de estructura del espectrograma para hembras y crías en nivel individuo. Cada par de barras indica los porcentajes de las presencias de cada variable, siendo las de color mostaza para hembras y las azules para crías.

La modulación en amplitud estuvo presente en 97% de los llamados de las hembras, y la modulación en frecuencia en el 32% de los llamados, mientras que en los llamados de las crías la de modulación en frecuencia fue baja (16%) y se observó modulación en amplitud en el 100% de las observaciones, por lo cuál no se incluyeron estas variables en análisis posteriores. Tanto en hembras como en crías, en nivel individuo la modulación en amplitud ocurrió en el 100% de los casos, aunque ambos grupos presentaron una baja presencia de modulación en frecuencia (hembras 23%, crías 15%; Tabla VII).

La forma del espectrograma que generalmente caracterizó a las hembras (77% del total) y a las crías (85% del total) es la lineal (Figura 16), lo cual está relacionado con la baja presencia de modulación en frecuencia.

Tabla VII. Porcentajes de las variables de estructura en relación a la modulación de la señal para hembras (n=26) y crías (n=27) a nivel individuo. Los nombres de las variables se encuentran en la tabla IV en metodología.

Variable	Hembras	Crías
Mod_F	23%	15%
Mod_Am_F	100%	100%
Mod_Am_G	88%	100%

El número de partes en los llamados de las hembras se presentó en un rango entre 1-17, con un promedio de 3.78 ± 3.42 partes. El 27% de los llamados constaba de una parte y 19% de dos (Tabla 3 en Anexo 1). A diferencia de las hembras, el número de partes en las crías fue menor (Mann-Whitney: $U=5.78$, $n_{\text{hembras}}=73$, $n_{\text{crías}}=74$, $p=0.00$), con un rango entre 1-7 y un promedio de 1.51 ± 0.81 partes. Para las crías, el 72% de los llamados estaban formados por una parte y 15% por dos (Tabla 3 en Anexo).

El número de partes de los llamados de las hembras en nivel individuo tuvo un rango de 1 a 10 partes con un promedio de 3.65 ± 2.39 partes (Tabla VIII). En las crías, el rango fue significativamente menor (de 1 a 4 partes; Mann-Whitney: $U=4.43$, $n_{\text{hembras}}=26$, $n_{\text{crías}}=27$, $p=0.00$) con un promedio de 1.51 ± 0.81 partes (Tabla VIII).

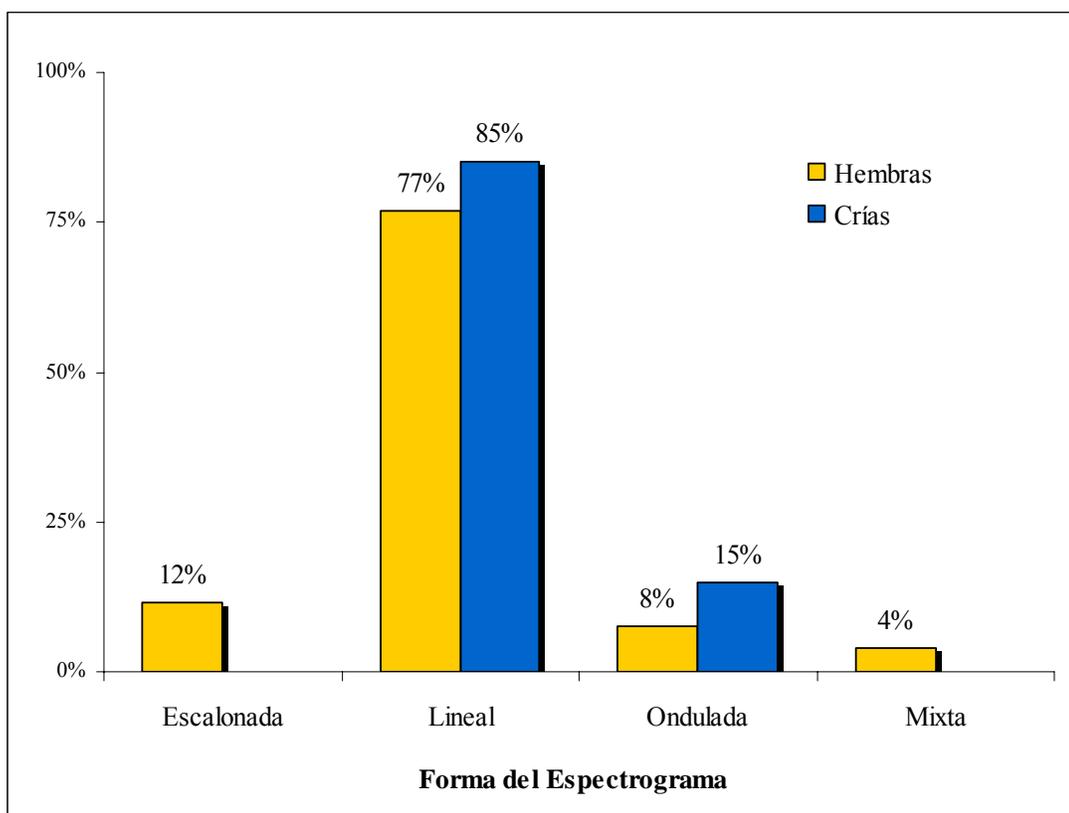


Figura 16. Porcentajes de las formas del espectrograma para hembras y crías a nivel individuo.

VII.1.2 Variables temporales

En las hembras, la duración de las partes presentó una distribución asimétrica ($g^7=3.35$), con una mediana de 0.18 s ($DAM^8 = 0.06$), agrupando el 83% de los valores entre 0.04-0.5 s (Tabla 4 en Anexo). De manera similar, en las crías el 82% de los valores se agrupó entre 0.05 y 0.6 s, con una mediana de 0.31 s ($DAM=0.16$). Esto indica que la duración de las partes en los llamados de las crías son ligera pero significativamente más largas que los de las hembras (Mann-Whitney: $Z=-4.68$, $n_{\text{hembras}}=276$, $n_{\text{crías}}=115$, $p=0.00$).

La duración de los llamados de las hembras en nivel individuo (mediana=1.43s, $DAM=0.52$; Tabla VIII, Figura 17) y en nivel llamado (mediana=1.19s, $DAM=0.51$; Tabla 6 en Anexo) fueron semejantes y presentaron distribución normal. Mientras para las crías el promedio de la duración de los llamados fue 0.65 ± 0.38 s, con un mínimo de 0.10 s y un

⁷ Índice de asimetría (g).

⁸ DAM: Desviación absoluta de la mediana.

máximo de 1.62 s (Tabla VIII, Figura 18), en nivel llamado la distribución presentó un sesgo. El 84% ($n=74$) de los datos se agrupó entre 0.10-1.0s, con una mediana de 0.55 s (DAM=0.21, Tabla 7 en Anexo). Esto indica que las hembras emiten llamados significativamente más largos (>1 s) que las crías (Mann-Whitney: $U=4.79$, $n_{\text{hembras}}=26$, $n_{\text{crías}}=27$, $p=0.00$)

La suma de la duración de las partes (Tabla VIII, Figura 17) para los niveles de individuo (mediana=1.08s, DAM=0.31) y llamado (mediana=0.97s, DAM=0.38; Tabla 6 en Anexo) en las hembras fueron similares y exhibieron distribuciones normal. En contraste, en las crías esta suma en nivel individuo tuvo una mediana de 0.51s, DAM=0.17 (Tabla VIII, Figura 18) y en nivel llamado una mediana de 0.51s (DAM=0.19, Tabla 7 en Anexo). Esto indica que, a pesar de que las partes de los llamados de las hembras son más cortas que las crías, éstas tienen un mayor número de partes y que en promedio los llamados sean más largos.

El tiempo de máxima amplitud en las partes de los llamados de las hembras presentó una mediana de 0.08 s (DAM=0.04) y un rango de 0.01-1.76 s (Tabla 4 en Anexo), mientras que en las crías se encontró a 0.10 s (DAM=0.07) y un rango de 0.01-0.56 s (Tabla 5 en Anexo). Las diferencias en las medianas implica que la máxima amplitud en las partes de los llamados entre hembras y crías ocurren a tiempos distintos (Mann-Whitney_{std}: $Z=-2.39$, $n_{\text{hembras}}=276$, $n_{\text{crías}}=115$, $p=0.02$). De acuerdo con el cálculo del tiempo relativo de máxima amplitud (mediana=0.46, DAM=0.15), se observó que el máximo en la amplitud de las partes del llamado ocurre alrededor del 46% con respecto a la duración del llamado en las hembras y al 39% de la duración en las crías (mediana=0.39, DAM=0.19) (Tabla 4 y 5 en Anexo).

Tabla VIII. Estadística descriptiva para las variables de tiempo y estructura medidas en las hembras y crías, las mediciones fueron calculadas a nivel de individuo. Los valores más altos del coeficiente de variación aparecen resaltados. Los nombres de las abreviaturas para las variables se pueden ver en la tabla IV en metodología.

	Tipo	Variable	N	Media	Desv Est	CV	Mediana	DAM	Asimetría	Mínimo	Máximo
Hembras	Estructura	N_Partes	26	3.65	2.39	0.66	2.83	1.33	1.08	1.00	10.00
	Tiempo	Dur	26	1.44	0.59	0.41	1.43	0.52	-0.03	0.47	2.36
		S_Dur_Partes	26	1.15	0.48	0.42	1.08	0.31	0.65	0.39	2.36
		T_Mx_Am	26	0.64	0.42	0.66	0.56	0.30	0.95	0.14	1.73
		T_Mx_Pt_E	26	0.69	0.44	0.64	0.57	0.33	0.76	0.13	1.71
		T_Mx_Pt_A	26	0.73	0.48	0.65	0.59	0.38	0.57	0.13	1.71
		D_TMx_Am-Pt_E	26	0.14	0.29	2.00	0.01	0.00	2.93	0.00	1.28
		D_TMx_Am-Pt_A	26	0.14	0.32	2.24	0.01	0.01	2.73	0.00	1.26
		TR_Mx_Am	26	0.46	0.18	0.39	0.47	0.13	0.13	0.16	0.83
		TR_Mx_Pt_E	26	0.47	0.16	0.35	0.47	0.08	-0.01	0.17	0.82
		TR_Mx_Pt_A	26	0.48	0.18	0.38	0.48	0.12	0.01	0.17	0.83
		Prop_Dur_Señal_E	26	0.83	0.13	0.15	0.85	0.10	-0.50	0.56	1.00
		Prop_Dur_Señal_A	26	0.83	0.13	0.15	0.85	0.10	-0.50	0.56	1.00
Crías	Estructura	N_Partes	27	1.51	0.81	0.54	1.00	0.00	1.92	1.00	4.00
	Tiempo	Dur	27	0.65	0.38	0.58	0.57	0.18	1.17	0.10	1.62
		S_Dur_Partes	27	0.58	0.30	0.51	0.51	0.17	0.67	0.10	1.23
		T_Mx_Am	27	0.19	0.11	0.56	0.18	0.07	0.44	0.01	0.44
		T_Mx_Pt_E	27	0.18	0.11	0.60	0.18	0.08	0.56	0.01	0.42
		T_Mx_Pt_A	27	0.20	0.10	0.53	0.19	0.06	0.49	0.02	0.42
		D_TMx_Am-Pt_E	27	0.04	0.04	1.02	0.03	0.02	1.63	0.00	0.17
		D_TMx_Am-Pt_A	27	0.05	0.06	1.34	0.02	0.02	3.34	0.00	0.32
		TR_Mx_Am	27	0.37	0.17	0.46	0.35	0.13	-0.20	0.01	0.64
		TR_Mx_Pt_E	27	0.33	0.16	0.48	0.32	0.11	0.06	0.01	0.65
		TR_Mx_Pt_A	27	0.36	0.14	0.38	0.35	0.12	0.01	0.13	0.60
		Prop_Dur_Señal_E	27	0.94	0.08	0.09	1.00	0.00	-1.62	0.69	1.00
		Prop_Dur_Señal_A	27	0.95	0.08	0.08	1.00	0.00	-1.94	0.69	1.00

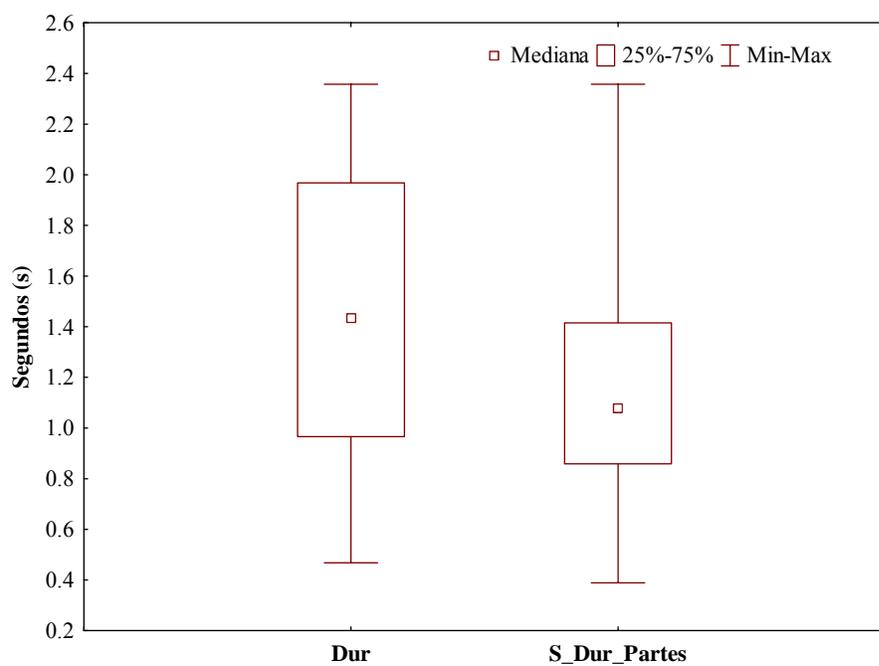


Figura 17. Gráfica de caja para variables temporales en las hembras en nivel individuo. Cada caja representa la distribución de los valores de cada variable en cuartiles.

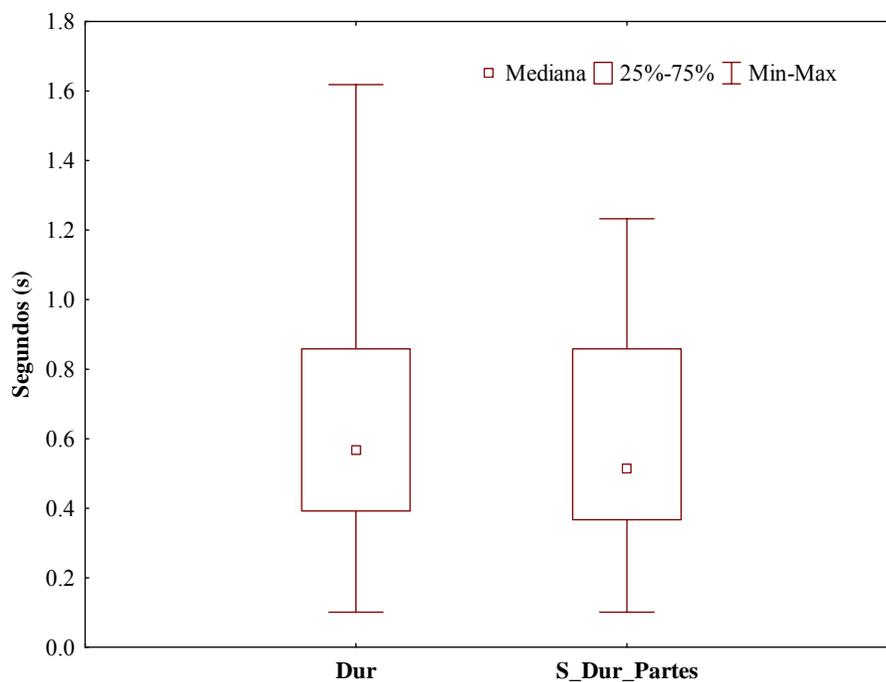


Figura 18. Gráfica de caja para variables temporales en las crías a nivel individuo, cada caja representa la distribución de los valores de cada variable en cuartiles.

En los llamados de las hembras, el tiempo de máxima amplitud, se observó que ocurre aproximadamente a la mitad del llamado (mediana=0.50, DAM=0.31, rango=0.02-2.58s) (Tabla 6 en Anexo), al igual que lo calculado para las partes. De acuerdo al tiempo relativo de máxima amplitud se observó que el tiempo donde ocurre la máxima amplitud se encuentra alrededor del 46% con respecto a la duración del llamado.

En general, en nivel individuo, el tiempo de máxima amplitud tuvo una mediana de 0.56 s (DAM=0.30) dentro de un rango de 0.14-1.73 s (Tabla VIII, Figura 19). El tiempo relativo de máxima amplitud fue de alrededor del 46% (Figura 21) de la duración de los llamados de las hembras. En las crías, el tiempo de máxima amplitud tuvo con una mediana de 0.18s (DAM=0.07) y un rango entre 0.01-0.44 s. En términos relativos, la máxima amplitud se ubico al 37% de la duración del llamado (Tabla VIII, Figura 20 y 22). En los niveles de llamados e individuos los valores fueron semejantes y tuvieron distribuciones normales.

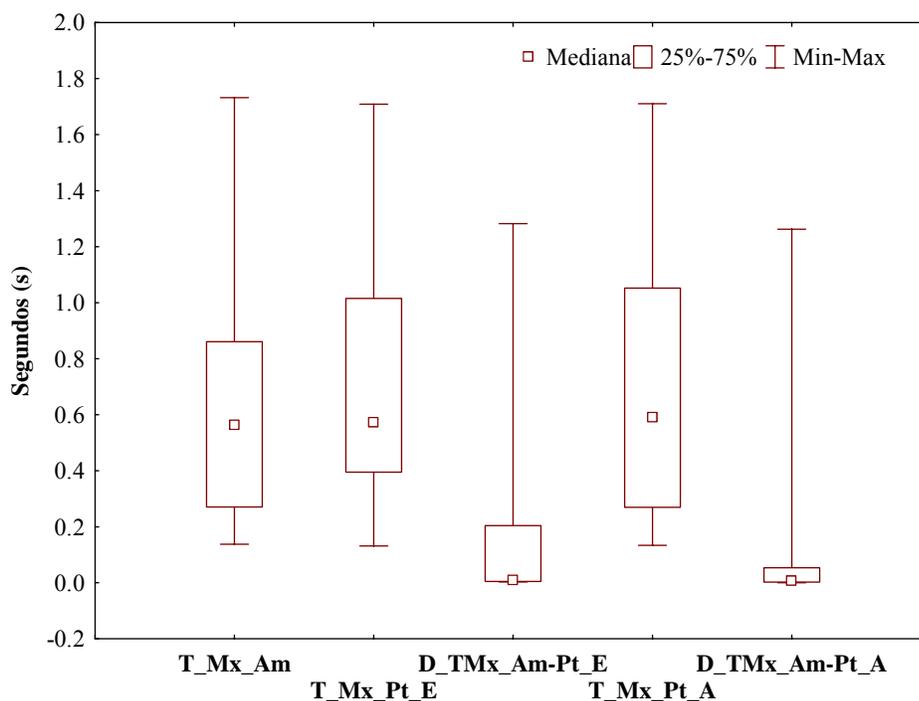


Figura 19. Gráfica de caja para variables temporales en hembras a nivel individuo. Las variables T_MX_PT y D_TMx_AM_Pt se encuentran para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

En hembras y crías el tiempo de máxima potencia en las partes presentaron medianas de 0.08 s (DAM=0.04) y 0.09s (DAM=0.06, Anexo), respectivamente, lo cual indica que tanto en hembras como en crías la máxima potencia ocurre casi al mismo tiempo (Mann-Whitney_{std}: $Z=-1.90$, $n_{\text{hembras}}=276$, $n_{\text{crías}}=115$, $p=0.06$). En términos del tiempo relativo, se encontró que en las hembras el tiempo de máxima potencia se encuentra alrededor del 46% de la parte y en las crías en el 43%, lo que indica que ocurren aproximadamente a la mitad de la parte de un llamado.

Considerando los llamados de todas las hembras, el tiempo de máxima potencia se observó que ocurría alrededor del 48% de la duración del llamado, presentando una mediana de 0.50 s (DAM=0.33, Anexo) y un rango de 0.01-3.92 s. En nivel individuo, el tiempo máxima potencia presentó una mediana de 0.57 s, DAM=0.33 (Tabla VIII, Figura 19 y 21), lo cual corresponde al 47% de la duración del llamado considerando el tiempo relativo. En las crías, la máxima potencia presentó una mediana de 0.18 s (DAM=0.08), y a diferencia de las hembras, se presentó alrededor del 36% del la duración del llamado (Tabla VIII, Figura 20 y 22).

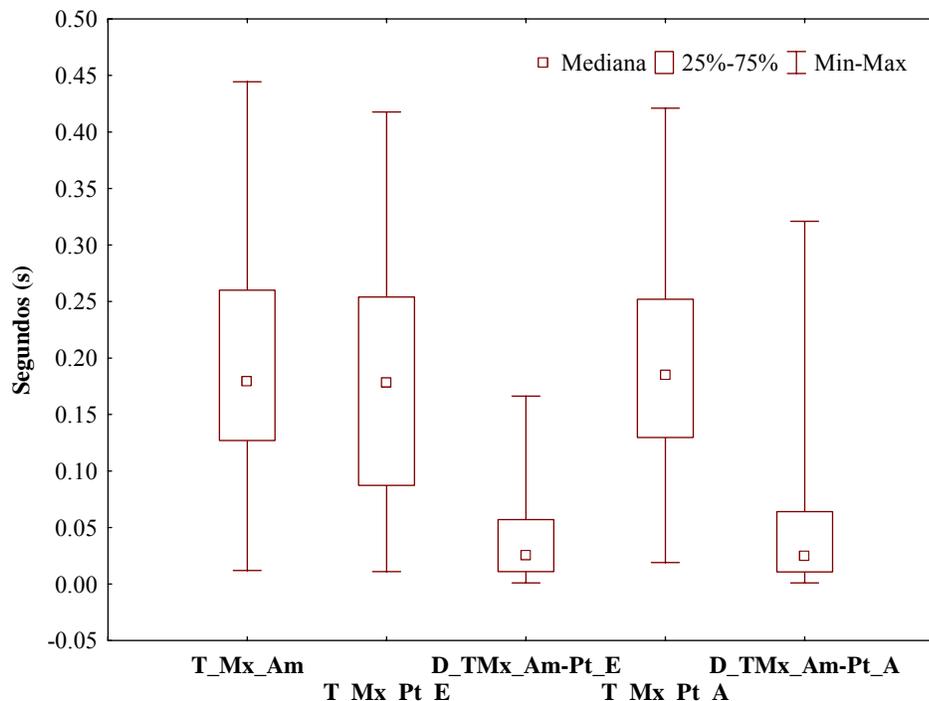


Figura 20. Gráfica de caja para variables temporales en crías a nivel individuo. Las variables T_Mx_Pt y D_TMx_AM_Pt se encuentran para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

La diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia en los tres niveles (partes, llamados e individuos), tanto en las hembras como en las crías, fueron cercanas a cero (Tablas VIII, Figuras 19 y 20, Anexo). Es decir, el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia ocurrieron al mismo tiempo.

En las hembras la mediana de la proporción de la duración de la señal con respecto a sus componentes fue 0.85 (DAM=0.10); más del 80% del llamado está ocupado por señal. A diferencia de las hembras, más del 94% del llamado de las crías fue ocupado por señal (Figuras 21 y 22). Estos porcentajes relativamente altos pueden ser resultado de que el 27% de los llamados obtenidos para hembras y 72% de los llamados obtenidos para crías consistían de sólo una parte, lo cual corresponde a una proporción de la duración de la señal del 100%.

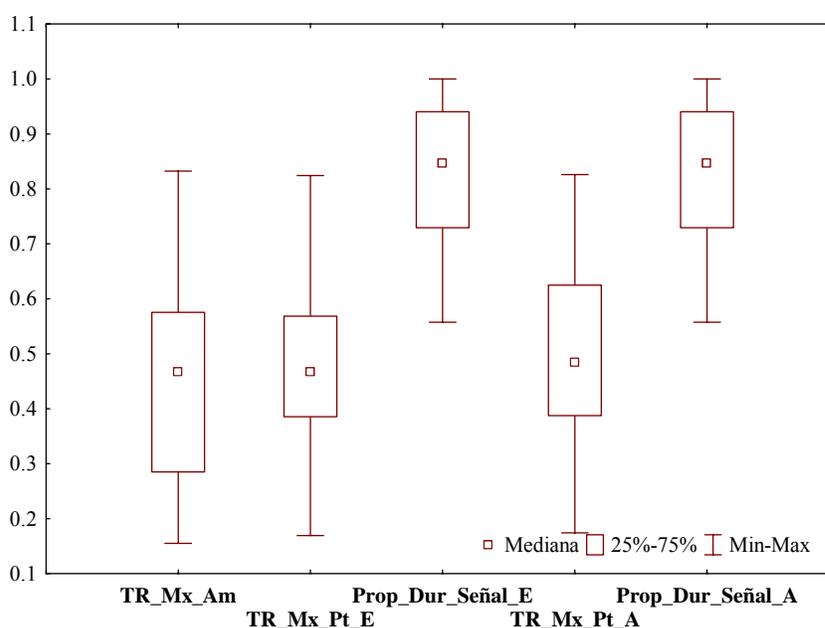


Figura 21. Gráfica de caja para variables temporales en hembras en nivel individuo. Estas variables son adimensionales debido a que representan tiempos relativos a la duración total de un llamado o parte de un llamado. Las variables TR_Mx_Pt y Prop_Dur_Señal se presentan para los dos parámetros, banda estrecha y ancha (E, A).

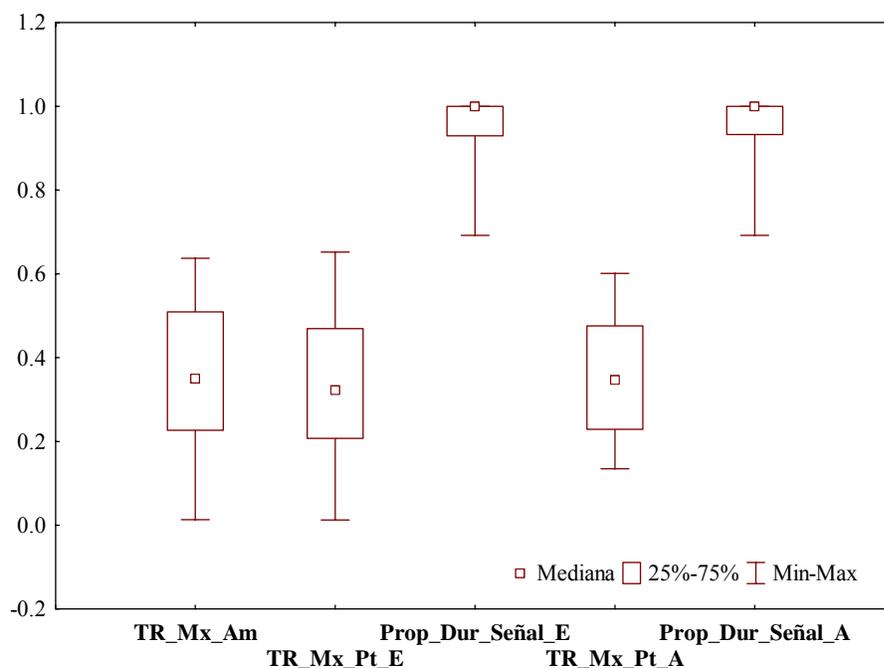


Figura 22. Gráfica de caja para variables temporales en crías en nivel individuo. Estas variables son adimensionales debido a que representan tiempos relativos a la duración total de un llamado o partes de un llamado. Las variables TR_Mx_Pt y Prop_Dur_Señal se presentan para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

VII.1.3 Variables de frecuencia

La frecuencia de máxima potencia para las partes de los llamados de las hembras presentó una mediana de 481 Hz (DAM=94) y un rango de 12 Hz a 914 Hz, mientras que en las crías tuvo con mediana de 1008 Hz (DAM=117) y un rango de 12 Hz a 2250 Hz (Tabla 5 en Anexo). Por lo tanto, en las hembras la máxima potencia ocurre a frecuencias significativamente más bajas que en las crías (Mann-Whitney_{std}: $Z=-13.58$, $n_{\text{hembras}}=276$, $n_{\text{crías}}=115$, $p=0.00$).

En las crías e nivel individuo, la frecuencia a la cual se encontró la máxima potencia tuvo una mediana de 969 Hz, DAM=78 (Tabla IX, Figura 24), mientras que en las hembras la mediana fue 465 Hz (DAM=72) con un rango entre 42.97-765.67 Hz (Tabla IX, Figura 23). Es decir, en las crías la frecuencia de máxima potencia ocurre a frecuencias significativamente más altas que en las hembras (Mann-Whitney_{std}: $Z=-5.91$, $n_{\text{hembras}}=26$, $n_{\text{crías}}=27$, $p=0.00$).

La frecuencia dominante en las partes de las hembras fue de 492 Hz (DAM=82) con un mínimo de 222.7 Hz y máximo 914.10 Hz, mientras que en las crías fue de 1020 Hz (DAM=106) con un rango de 375-2250 Hz (Tabla 4 en Anexo).

En nivel individuo en las hembras, el rango de la frecuencia dominante fue más reducido (467.5-863.3 Hz, Tabla IX, Figura 23), con una mediana de 574 Hz (DAM=45) y en las crías de 973 Hz (DAM=55), y un rango de 511 Hz a 1613.27 Hz (Tabla IX, Figura 24). La frecuencia dominante es ligeramente más alta que la frecuencia con máxima potencia en ambos grupos.

Tabla IX. Estadística descriptiva para las variables de frecuencia medidas en las hembras y crías en nivel de individuo. Los valores remarcados son valores altos del coeficiente de variación (CV). Los nombres de las abreviaturas para las variables se pueden ver en la tabla IV en metodología.

	Tipo	Variable	N	Media	Desv Est	CV	Mediana	DAM	Asimetría	Mínimo	Máximo
Hembras	Frecuencia	F_Mx_Pt_E	26	466.88	139.45	0.30	464.83	72.27	-0.65	42.97	765.67
		F_Mx_Pt_A	26	451.63	143.75	0.32	468.77	62.50	-0.44	46.90	765.63
		FD_E	26	589.38	104.56	0.18	574.47	44.98	1.30	467.50	863.13
		FD_A	26	587.62	94.67	0.16	573.77	57.28	0.92	467.50	807.83
		MF_E	26	203.20	85.03	0.42	181.65	52.72	1.25	70.30	480.43
		MF_A	26	199.53	109.00	0.55	195.33	54.70	0.90	0.00	515.67
		F_Mn_E	26	330.67	84.46	0.26	324.20	35.12	0.87	183.60	546.87
		F_Mn_A	26	332.62	92.29	0.28	320.30	39.07	0.73	187.50	546.87
		F_Mx_E	26	3279.30	1988.40	0.61	2472.67	521.50	1.85	1578.13	9550.80
		F_Mx_A	26	3355.18	2120.99	0.63	2453.13	507.78	1.74	1593.73	9562.50
		Cuartil_1_E	26	406.18	125.76	0.31	390.63	41.03	-0.05	50.80	707.03
		Cuartil_1_A	26	373.04	109.16	0.29	355.46	35.18	0.34	93.80	640.60
		Cuartil_3_E	26	526.06	107.08	0.20	505.87	60.55	1.06	371.10	820.30
		Cuartil_3_A	26	572.11	107.60	0.19	554.68	54.68	1.24	406.27	890.60
		RIC_E	26	119.90	77.44	0.65	93.73	29.27	1.50	39.10	351.57
		RIC_A	26	199.06	45.65	0.23	187.50	31.27	0.69	140.60	312.50
Crías	Frecuencia	F_Mx_Pt_E	27	947.20	216.45	0.23	972.67	62.50	0.73	480.45	1628.90
		F_Mx_Pt_A	27	913.48	291.27	0.32	968.73	78.10	-0.60	46.90	1640.60
		FD_E	27	963.95	185.31	0.19	972.63	54.70	1.00	511.70	1613.27
		FD_A	27	962.54	191.01	0.20	968.73	78.13	1.13	531.27	1625.00
		MF_E	27	269.96	150.67	0.56	226.50	78.03	0.95	82.00	605.47
		MF_A	27	279.80	155.68	0.56	265.63	93.77	0.86	70.25	656.27
		F_Mn_E	27	662.33	170.06	0.26	671.87	148.43	0.10	398.43	964.87
		F_Mn_A	27	663.20	175.09	0.26	687.50	156.27	0.00	359.37	984.40
		F_Mx_E	27	6783.13	3041.04	0.45	6316.43	1523.40	1.50	2789.10	15312.47
		F_Mx_A	27	6783.28	3042.54	0.45	6312.50	1515.63	1.50	2765.60	15312.53
		Cuartil_1_E	27	774.52	224.91	0.29	832.07	113.23	-1.17	82.00	1113.30
		Cuartil_1_A	27	762.44	206.12	0.27	812.47	109.37	-1.04	140.60	1109.40
		Cuartil_3_E	27	1085.64	205.64	0.19	1058.57	93.73	1.73	761.70	1808.57
		Cuartil_3_A	27	1125.01	199.78	0.18	1109.37	78.17	1.79	843.80	1828.13
		RIC_E	27	311.12	208.13	0.67	277.37	167.97	0.81	58.60	832.00
		RIC_A	27	362.56	180.42	0.50	343.73	125.02	1.00	140.60	843.80

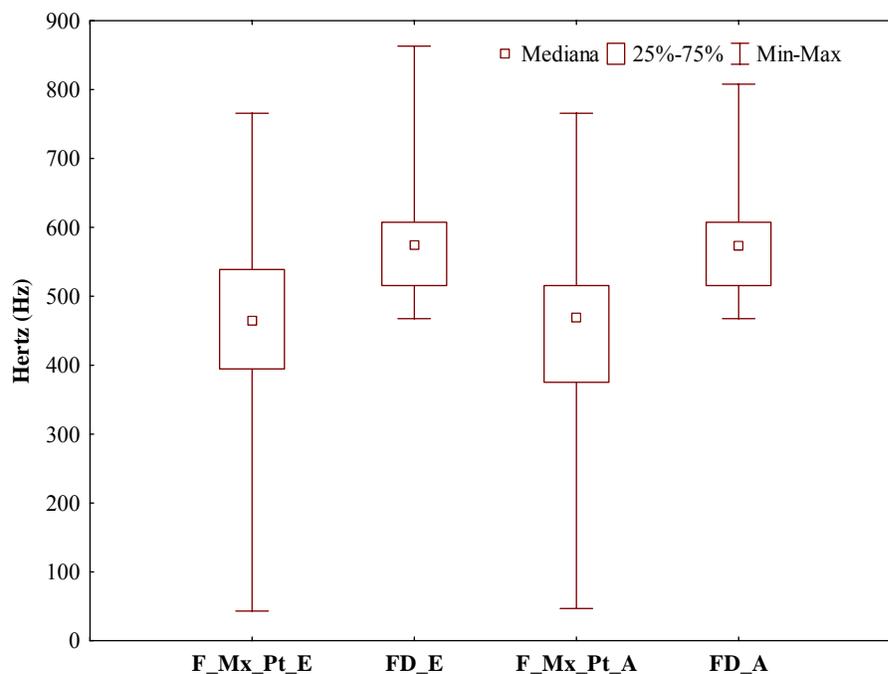


Figura 23. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras en nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

Para las partes de los llamados de las hembras, la modulación total de la frecuencia mostró un sesgo en su distribución ($g=2.38$). El 69% de los datos se agruparon entre 0-100 Hz (máximo=480.43 Hz) y la mediana fue de 70.3 Hz (DAM=35.1). De manera semejante, en las crías la distribución de los valores fue asimétrica ($g=2.02$). Se calculó una mediana de 164.05 Hz (DAM=82.05), agrupando al 52% de los valores dentro de un rango de 0-200 Hz (Tabla 4 en Anexo).

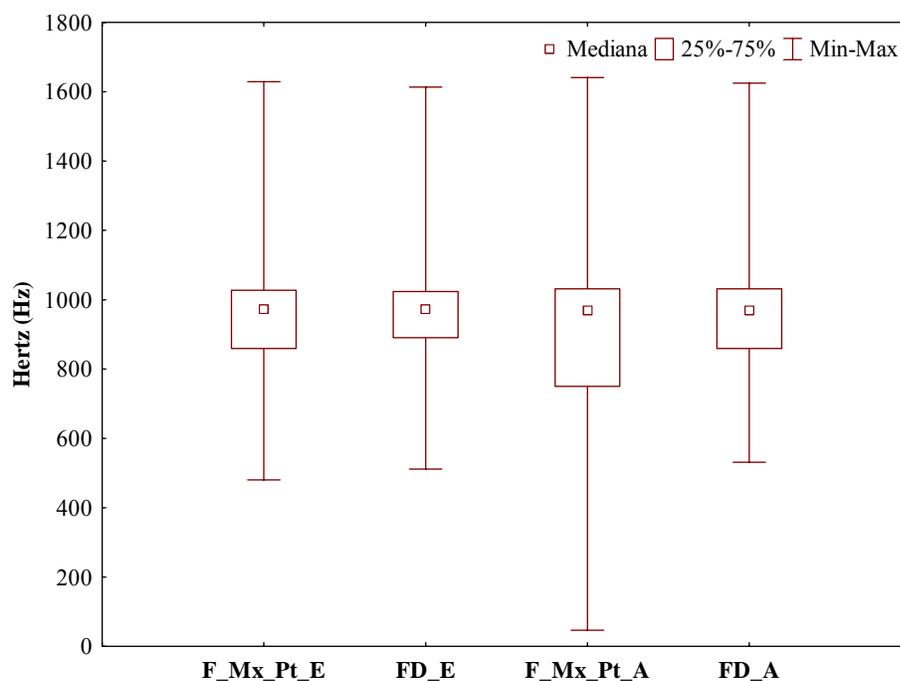


Figura 24. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución de los valores en ambos parámetros es similar.

En nivel individuo en las hembras, la modulación total de la frecuencia presentó una mediana de 182 Hz (DAM=53), con un rango de 70.3-480.43 Hz (Tabla IX, Figura 25). En las crías, la mediana fue de 227 Hz (DAM=78), y se observó una distribución normal de los valores dentro de un rango de 82-605.47 Hz (Tabla IX, Figura 26). Los valores de esta variable en los individuos resultaron mayores que los de las partes (Mann-Whitney_{std}: $Z=-6.36$, $n_{partes}=276$, $n_{individuo}=26$, $p=0.00$ para hembras; $Z=-2.35$, $n_{partes}=104$, $n_{individuo}=27$, $p=0.02$ para crías). Esto podría deberse a que la medición de esta variable se realizó tomando los puntos más bajo y alto de una armónica, independientemente de que pertenecieran a la misma parte o a dos diferentes, En el caso de partes de un llamado, la medición se hizo sobre la armónica por parte.

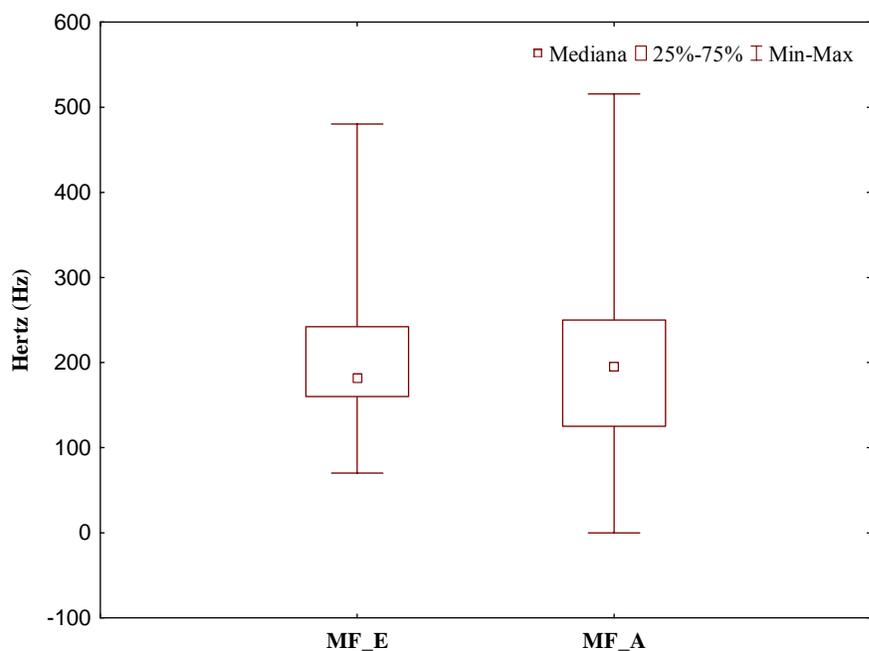


Figura 25. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución de los valores en ambos parámetros es similar.

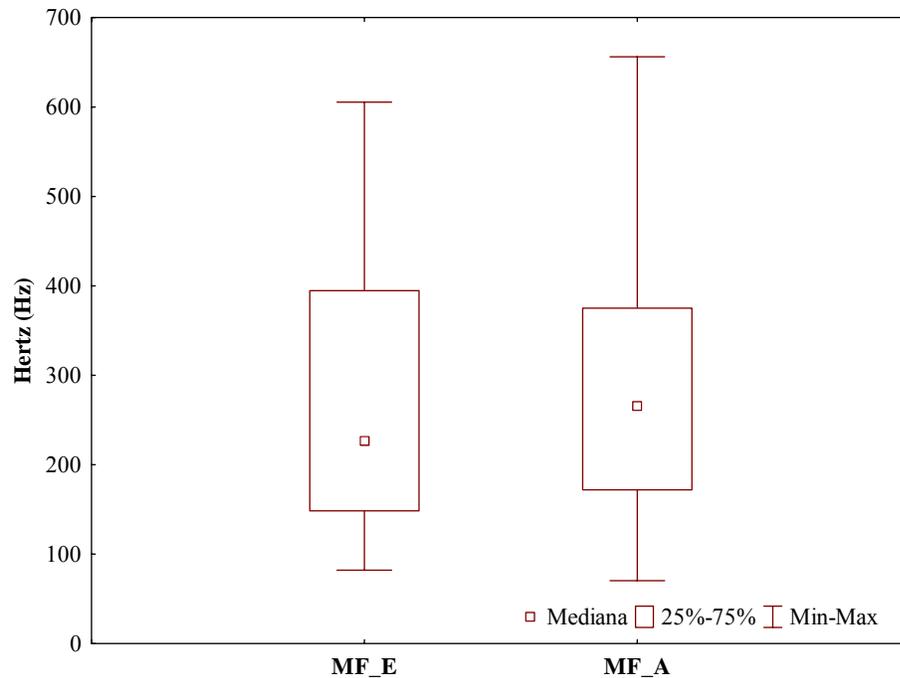


Figura 26. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución de los valores en ambos parámetros es similar.

La frecuencia mínima de las partes de las hembras tuvo una mediana de 410 Hz (DAM=94) distribuida en un rango de 140.6-761.7 Hz, mientras que la frecuencia máxima presentó una distribución asimétrica ($g=2.59$) con mediana de 1734.4 Hz (DAM=791) y rango entre 316.4 Hz y 13347.7 Hz (Tabla 4 en Anexo). En los niveles llamado e individuo, los valores de frecuencia mínima fueron similares, con una mediana de aproximadamente 324 Hz, DAM=35 (Tabla IX, Figura 27) y un rango de 183.6-546.87 Hz. La frecuencia máxima presentó una mediana de 1578.13 Hz (DAM=521.5) y una distribución asimétrica; el 46% de los valores se encontraron entre 2000-3000 Hz (máximo=9550.8 Hz, Figura 29).

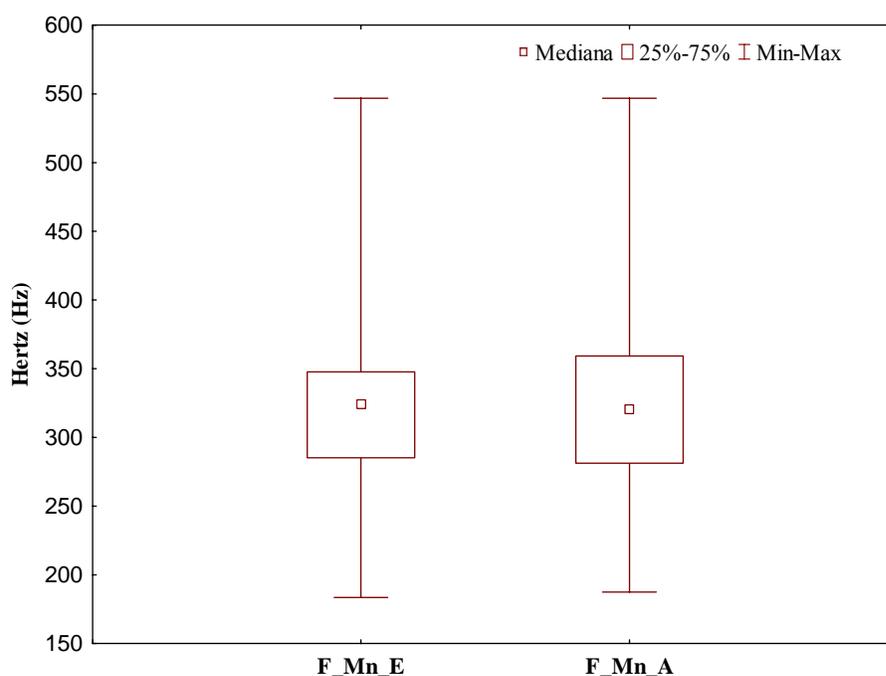


Figura 27. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución de los valores en ambos parámetros es similar

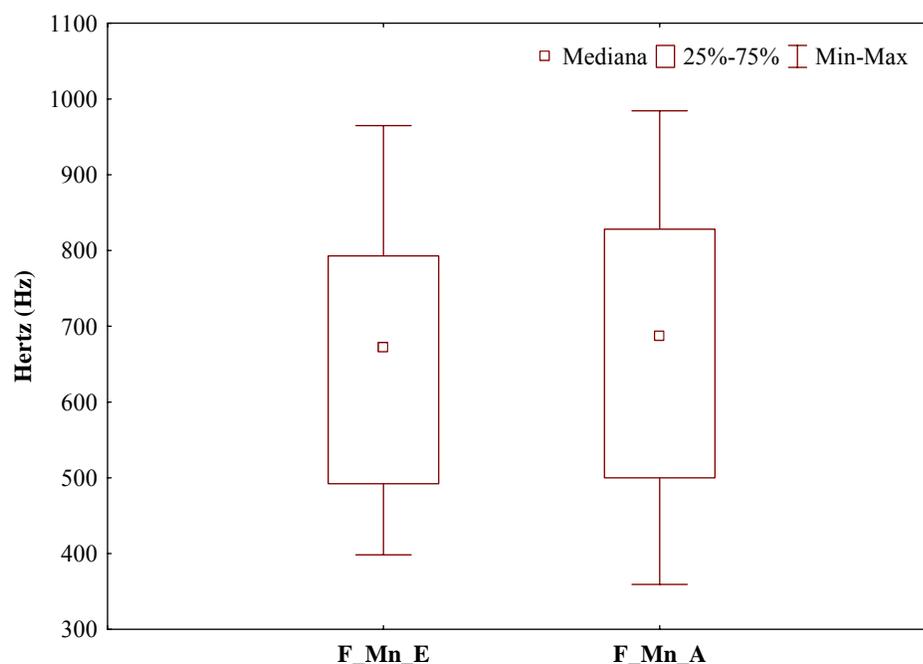


Figura 28. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución de los valores en ambos parámetros es similar.

Por otro lado, en las crías los valores de la frecuencia mínima en los tres niveles fueron similares. Se calculó una mediana de 672 Hz, DAM=148 (Tabla IX, Figura 28) y , un rango de 398.43-964.87 Hz, mientras que la mediana de la frecuencia máxima fue de 6316 Hz (DAM=1523) con un rango de 2789.10-15312.47 Hz (Tabla IX, Figura 30). Por lo tanto, las crías emiten llamados a frecuencias significativamente más altas que las hembras, tanto en frecuencias mínimas (Mann-Whitney_{std}: $Z=-5.86$, $n_{\text{hembras}}=26$, $n_{\text{crías}}=27$, $p=0.00$) como en frecuencias máximas (Mann-Whitney_{std}: $Z=-4.63$, $n_{\text{hembras}}=26$, $n_{\text{crías}}=27$, $p=0.00$).

En las partes de las hembras, la frecuencia del primer cuartil se ubicó alrededor de 434 Hz (DAM=82) dentro de un rango de 23.4-785.20 Hz (Tabla 4 en Anexo). Los parámetros (banda ancha y estricta) presentaron diferencias significativas (Mann-Whitney_{std}: $Z=3.9$, $n_{\text{be}}=n_{\text{ba}}=276$, $p=0.00$). Se tomó el valor de banda estricta para describir las características de la frecuencia, ya que esta banda tiene mejor definición en frecuencia.

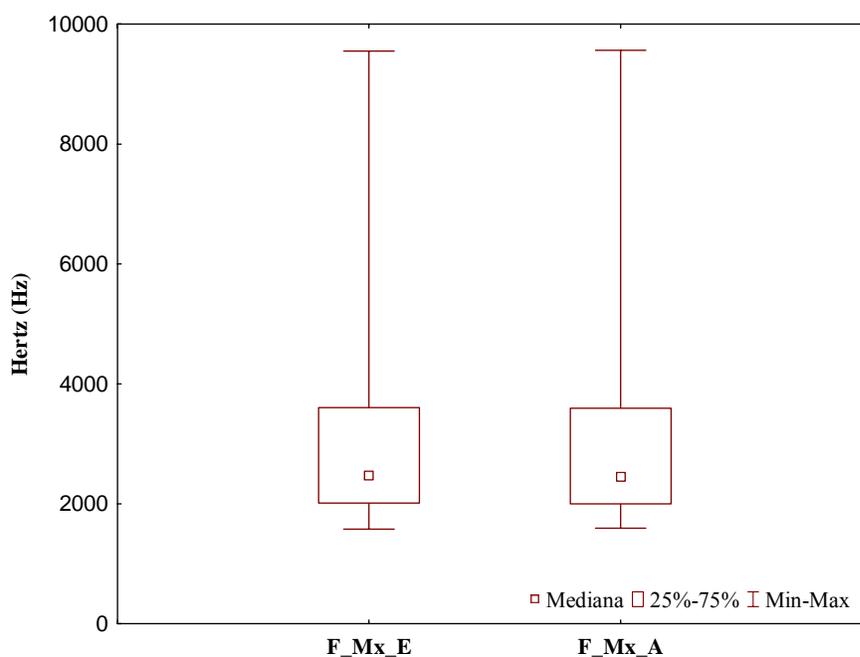


Figura 29. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), donde se puede ver que la distribución es asimétrica en ambos parámetros.

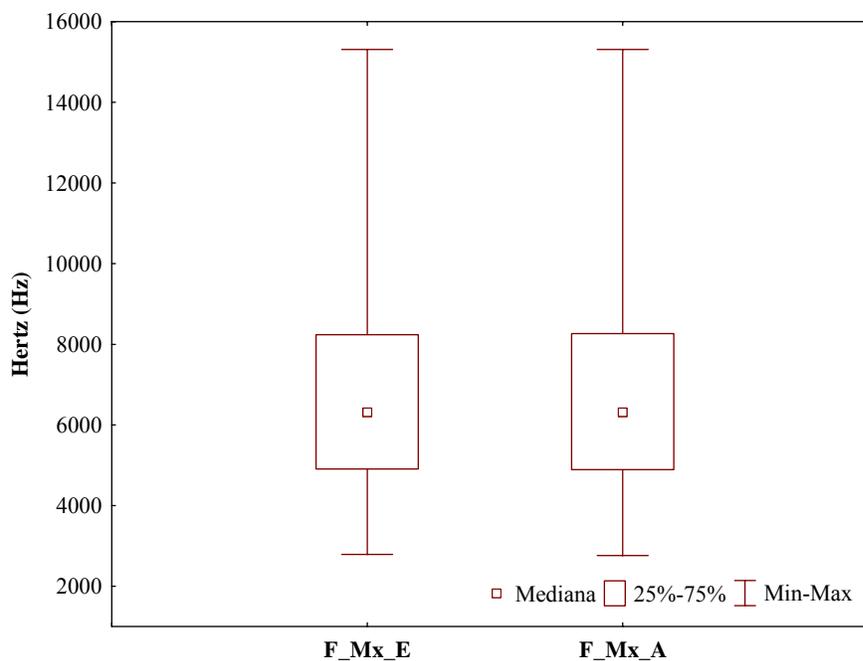


Figura 30. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A), ambos con distribución asimétrica.

En las hembras en nivel individuo, la frecuencia del primer cuartil presentó una mediana de 391 Hz, DAM=41 (Tabla IX, Figura 31) y una distribución normal, mientras que en las crías fue de 832 Hz (DAM=113) con un rango de 82-1113.30 Hz (Tabla IX, Figura 32). La frecuencia del tercer cuartil en la partes de los llamados de las hembras presentó una mediana de 539 Hz, DAM=105 (Tabla 4 en Anexo), y al igual que la frecuencia del primer cuartil para las partes, hubo diferencias significativas entre parámetros de banda ancha y banda estricta (Mann-Whitney_{std}: $Z=-3.97$, $n_{be}=n_{ba}=276$, $p=0.00$).

En los llamados de las hembras también hubo diferencias significativas entre parámetros de banda ancha y banda estricta en la frecuencia del tercer cuartil (Mann-Whitney_{std}: $Z=-2.5$, $n_{be}=n_{ba}=276$, $p=0.01$). La mediana de las frecuencias de los llamados de las hembras fue de 504 Hz (DAM=70) con un mínimo de 328.10 Hz y un máximo de 832 Hz (Tabla 6 en Anexo), mientras que en individuos presentó una mediana de 506 Hz (DAM= 61, Tabla IX, Figura 31).

En las crías la frecuencia del tercer cuartil presentó una mediana de 1059 Hz (DAM=94) con valores distribuidos normalmente y un rango de 761.7 Hz y un máximo de 1808.57 Hz (Tabla IX, Figura 32).

En las partes de los llamados de las hembras, en el rango intercuartil se observó que la energía de la señal se distribuyó en un ancho de banda con mediana de 70.3 Hz (DAM=23.4, Tabla 4 en Anexo), también se observó una diferencia significativa entre parámetros de banda ancha y banda estricta (Mann-Whitney_{std}: $Z=-13.4$, $n_{be}=n_{ba}=26$, $p=0.00$). En las crías, se observó que la energía se distribuye en un ancho de banda con mediana de 223 Hz (DAM=141), y también se observó diferencias entre parámetros de banda ancha y banda estricta (Mann-Whitney_{std}: $Z=-3.08$, $n_{be}=n_{ba}=115$, $p=0.00$).

Para los niveles de individuo y llamado de las hembras, el rango de valores encontrados en el rango intercuartil fueron semejantes, con una mediana de 93.73 Hz (DAM=29.27, Tabla IX, Figura 31). A su vez, en las crías se observó que la energía de los llamados se encuentran distribuidos alrededor de 277 Hz (DAM=168, Tabla IX, Figura 32) de ancho de banda. Esto indicar que la energía de los llamados de las crías tiene una mayor

dispersión que la de las hembras, que presentan un ancho de banda significativamente menor menor (Mann-Whitney_{std}: $Z=-3.85$, $n_{\text{hembras}}=26$, $n_{\text{crías}}=27$, $p=0.00$).

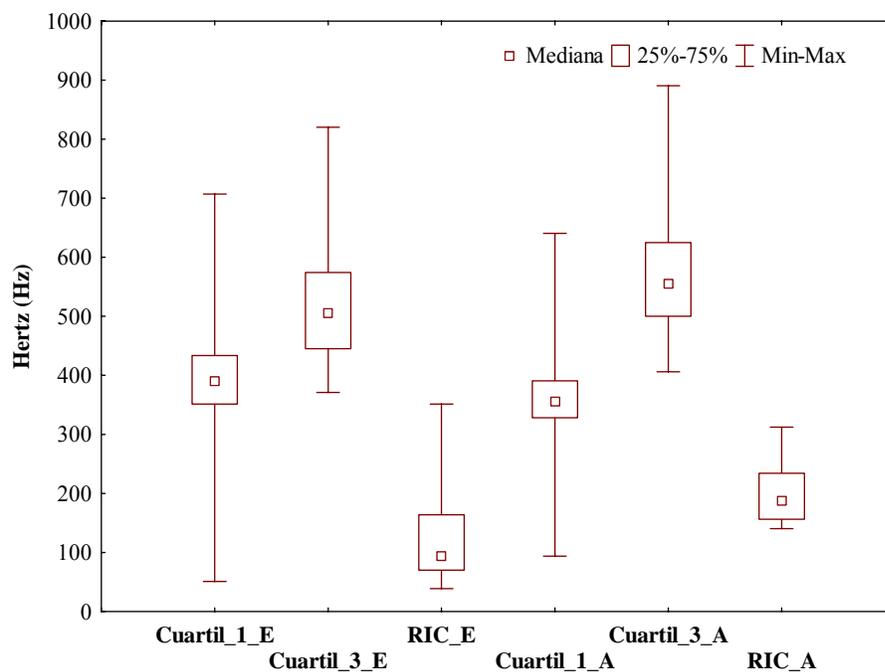


Figura 31. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

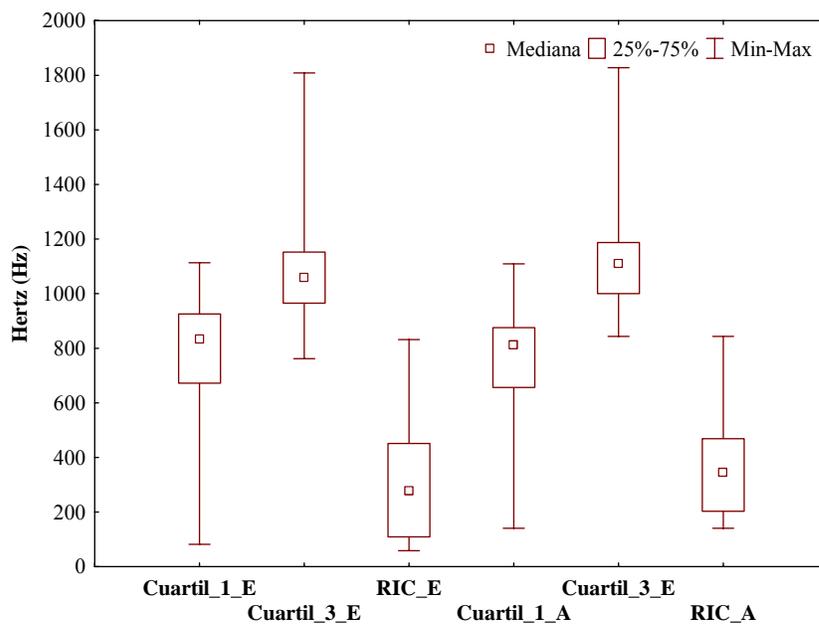


Figura 32. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel individuo. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

VII.1.4 Variables de intensidad

En los llamados de las hembras se encontro que la potencia máxima encontrada en las partes con respecto a la del llamado fue del 94% (0.94 ± 0.06 ; Tabla 4 en Anexo Figura 33), mientras que en las crías contienen alrededor del 97% (0.97 ± 0.05 Tabla 4 en Anexo, Figura 34). De manera similar la cantidad de energía presente en las partes de las hembras en promedio fue 90% (0.90 ± 0.07 , Tabla 5 en Anexo, Figura 33) con respecto al llamado y en las crías el promedio fue de 95% (0.95 ± 0.06 , Tabla 5 en Anexo, Figura 34). Entre hembras y crías, el porcentaje promedio fue similar. Sin embargo, las crías tienden a tener valores mayores que las hembras, lo cual puede deberse al alto porcentaje (72%) de llamados conformados por una parte.

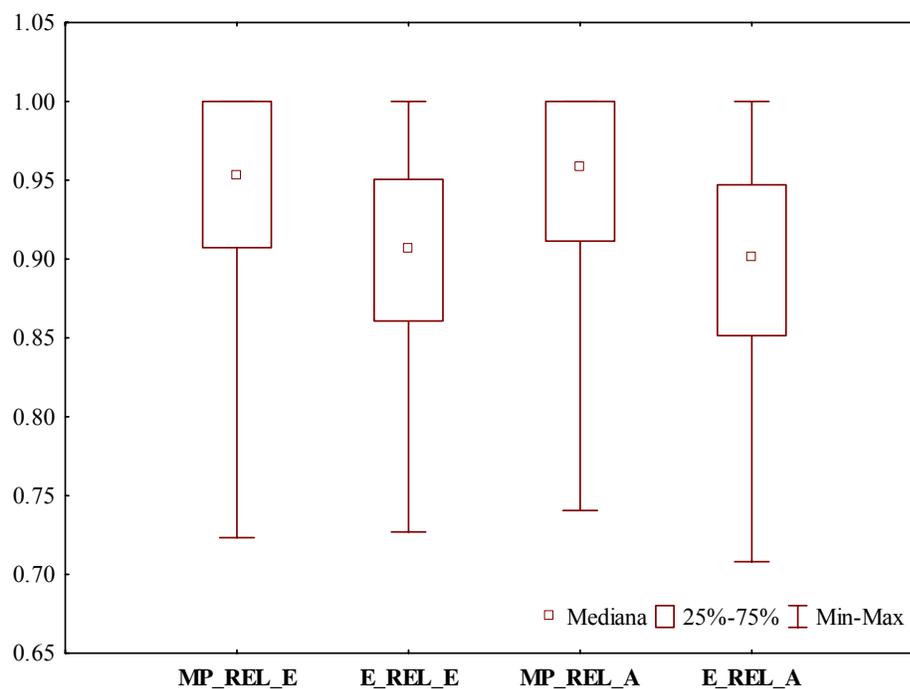


Figura 33. Gráfica de caja para variables de intensidad relativa en las hembras a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

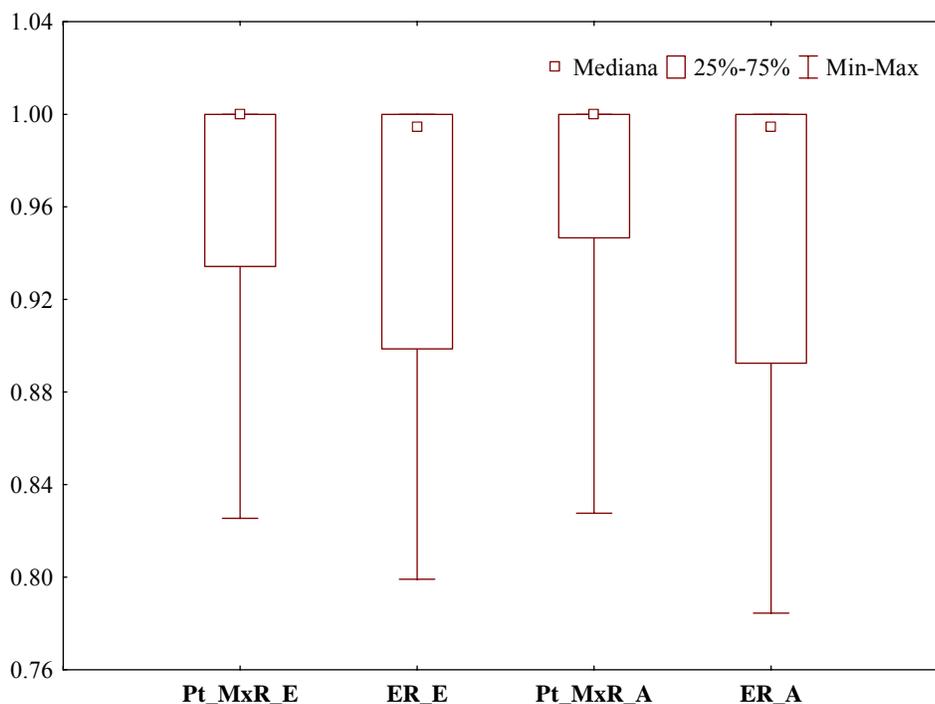


Figura 34. Gráfica de caja para variables de intensidad relativa en las crías a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

VII.2 Estructura de las correlaciones

VII.2.1 Variables de estructura

VII.2.1.1 Hembras

Las 8 variables de estructura medidas para las hembras (excluyendo la modulación en amplitud) presentaron coeficientes de correlación bajos, con un promedio de $r=0.003$. lo cual puede deberse a que hay correlaciones tanto positivas como negativas y al promediarse algunas pueden eliminarse. De un total de 28 correlaciones (Tabla X), 11 (39%) fueron positivas con un promedio de 0.27 ± 0.3 , 17 fueron negativas (61%) con una media de -0.17 ± 0.1 . Sólo la correlación entre la forma del espectrograma y la modulación en frecuencia fue $r=1.0$. Esta correlación puede deberse a que cuando la modulación en frecuencia está ausente (valor=0), la forma del espectrograma que predominará será de la clase simple (lineal). Esta clasificación en la forma del espectrograma se realizó para simplificar las formas del espectrograma en dos clases: simple (0) y compleja (1), y así poder realizar el análisis de correlación.

Tabla X. Matriz de correlaciones entre las variables de estructura para las hembras a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas (en color gris), debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas.

Variable	Bati	Formante	Forma	Mod_Am_F	Mod_F	N_Partes	Puls	Tonal
Bati	0.25	0.07	-0.06	0.03	-0.06	-0.14	-0.02	-0.03
Formante	0.42	0.11	0.03	0.03	0.03	-0.08	0.01	-0.02
Forma	-0.27	0.20	0.19	-0.01	0.19	-0.16	-0.01	0.04
Mod_Am_F	0.18	0.25	-0.09	0.11	-0.01	0.11	0.01	-0.02
Mod_F	-0.27	0.20	1.00	-0.09	0.19	-0.16	-0.01	0.04
N_Partes	-0.12	-0.11	-0.15	0.14	-0.15	5.73	-0.08	-0.10
Puls	-0.23	0.07	-0.11	0.07	-0.11	-0.17	0.04	-0.03
Tonal	-0.15	-0.15	0.23	-0.15	0.23	-0.11	-0.47	0.14

El análisis de componentes principales (ACP) se realizó para conocer la estructura de las variables medidas con base en sus covarianzas⁹. El análisis de componentes principales indicó que el 81% de la varianza estuvo explicada por los primeros cuatro componentes. El primer componente explicó el 29% (Tabla XI). El primer componente reflejó principalmente la forma del espectrograma y la modulación en frecuencia (Figura 35). El segundo componente sólo incluyó la formante y explicó el 21% de la varianza. El tercer componente estuvo representado por las variables pulsante y batimiento con signos negativos explicando el 17.8% de la varianza. Por último, el cuarto componente sólo incluyó las partes del espectrograma y explicó el 13.9% de la varianza.

Tabla XI. Análisis de componentes principales realizado a nivel de individuo para hembras (n=26) y crías (n=27). Se muestra el porcentaje de la varianza explicada por factor y tipo de variable

	Factor	Estructura	Tiempo	Frecuencia
Hembras	1	29.21	49.25	52.47
	2	20.46	19.97	20.12
	3	17.75	16.48	14.88
	4	13.87	8.04	5.26
Crías	1	46.24	37.51	44.51
	2	20.34	31.21	23.39
	3	16.86	12.45	12.82
	4	7.96	7.47	9.72

⁹ Se usan las covarianzas ya que las variables medidas presentan las mismas unidades.

VII.2.1.2 Crías

En las crías se analizó la correlación de 7 variables de estructura (excluyendo modulación en amplitud), las cuales presentaron correlaciones bajas con un promedio de $r=0.024$, aunque fueron mayores a las hembras. De las 21 correlaciones (Tabla XII) obtenidas del conjunto de variables, el 43% ($n=9$) fueron positivas con una media 0.44 ± 0.3 y el 57% ($n=12$) negativas con una media de -0.29 ± 0.2 . En total 6 correlaciones fueron mayores a $r=0.5$ (5 positivas y 1 negativa), a diferencia de las hembras que sólo tuvieron un valor alto de coeficiente de correlación.

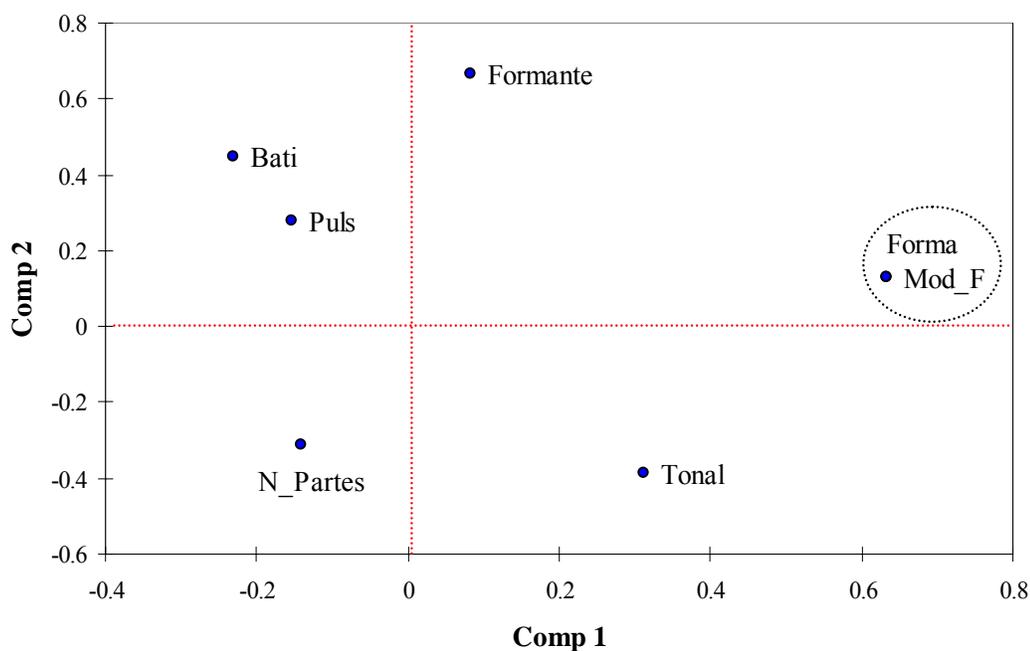


Figura 35. Diagrama de dispersión de las variables de estructura entre el primer y segundo componente en las hembras a nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente.

La modulación en frecuencia y la forma del espectrograma fueron las que presentaron el coeficiente de correlación más alto (1.0), como ocurrió en las hembras (Tabla XII). La estructura tonal del espectrograma estuvo correlacionada con las dos variables anteriores, con coeficientes de $r=0.50$ en ambos casos. Esto, puede deberse a que cuando predomina la presencia de una de las dos formas del espectrograma (simple o

compleja) los llamados serán tonales y la modulación en frecuencia depende de ello, estando presente si la forma es simple y ausente si es compleja. Otras variables que estuvieron correlacionadas fueron formante y batimiento ($r=0.53$), lo cual podría deberse al hecho de que cuando estas características están presentes juntas en el llamado cuando no están en combinación con las otras dos (tonal y pulsante). Número de partes y pulsante presentaron una correlación de $r=0.50$, esto es, a mayor número de partes la estructura pulsante estará mayormente presente. Las variables tonal y pulsante presentaron correlaciones ($r=-0.8$), lo cual es consistente con que son excluyentes una de las otras. Aunque se esperaría que presentaran una correlación perfecta negativa ($r=-1$), esto probablemente no se observa debido a que algunos individuos no presentaron ninguna de las dos características en sus llamados.

Según los resultados del ACP, para las variables de estructura de las crías se obtuvo que los primeros cuatro componentes explican el 91% de la varianza acumulada; el primer componente explicó el 46% (Tabla XI) de la varianza y estuvo representado (Figura 36) por la forma del espectrograma, modulación en frecuencia, pulsante y tonal, lo cual concuerda con el análisis de correlaciones, donde se observó que la forma del espectrograma y la modulación en frecuencia tuvieron una correlación positiva alta, mientras que la variable pulsante y tonal se correlacionaron de manera negativa. En las hembras, estas dos primeras variables también se encontraron en el primer componente, mientras que las últimas dos estuvieron presentes en el tercer componente.

Tabla XII. Matriz de correlación entre las variables de estructura para las crías a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas, debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas.

Variable	Bati	Formante	Forma	Mod_F	N_Partes	Puls	Tonal
Bati	0.13	0.08	-0.02	-0.02	0.08	0.04	-0.01
Formante	0.53	0.18	-0.04	-0.04	0.10	0.03	-0.02
Forma	-0.12	-0.28	0.13	0.13	-0.07	-0.07	0.09
Mod_F	-0.12	-0.28	1.00	0.13	-0.07	-0.07	0.09
N_Partes	0.27	0.30	-0.22	-0.22	0.66	0.21	-0.18
Puls	0.19	0.16	-0.40	-0.40	0.50	0.26	-0.20
Tonal	-0.08	-0.10	0.50	0.50	-0.43	-0.80	0.25

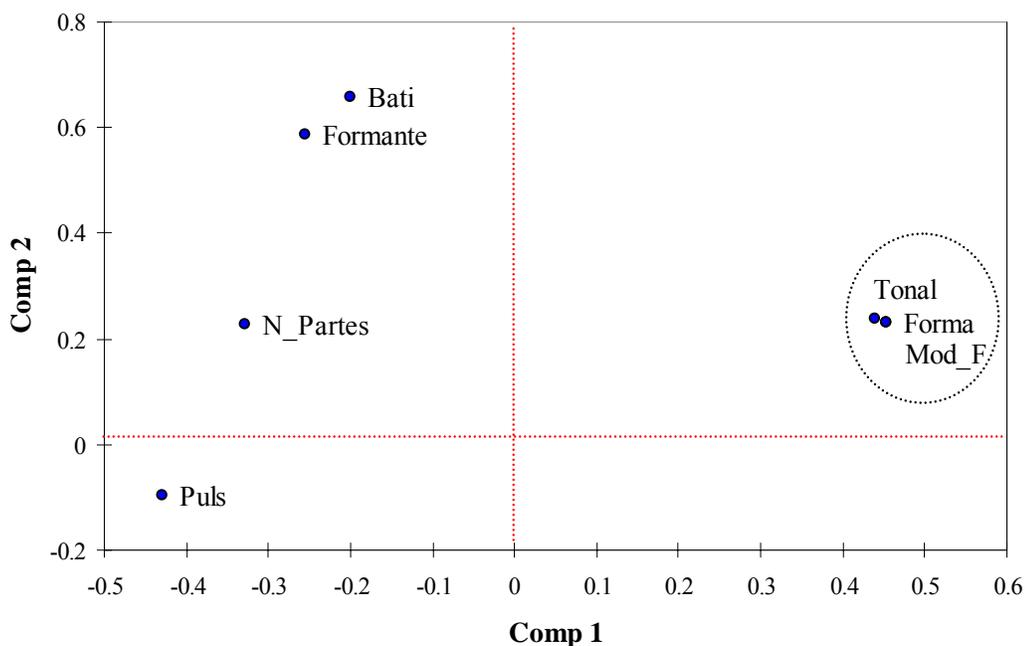


Figura 36. Diagrama de dispersión de las variables de estructura entre el primer y segundo componente en las crías en nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente.

VII.2.2 Variables temporales

VII.2.2.1 Hembras

Para las hembras, las correlaciones entre las 12 variables temporales (Tabla XIII) presentaron un promedio de $r=0.25$. De un total de 66 correlaciones, el 67% ($n=44$) fueron positivas con una media de 0.52 ± 0.27 y 33% ($n=22$) negativas (media $= -0.29 \pm 0.1$). Dentro de las correlaciones positivas, las variables que fueron medidas con los dos parámetros (banda estricta y ancha) mostraron valores de correlación altas entre ellas (ej. el par de variables $T_Mx_Pt_E$ y $T_Mx_Pt_A$, $r=0.89$), por lo cual no se describieron, ya que representan la misma información y son marcadas con asterisco en la tabla XIII. Un total de 11 correlaciones presentaron valores mayores a $r=0.5$, y todas fueron positivas

La duración del llamado presentó una correlación alta con la variable suma de la duración de las partes ($r=0.89$, Tabla XIII). Esto es consistente con que conforme aumenta la duración del llamado, la suma de la duración de las partes se incrementa de manera proporcional. La duración también estuvo correlacionada con los tiempos de máxima

amplitud ($r=0.72$) y con el tiempo de máxima potencia (en ambos parámetros¹⁰, $r=0.81$), lo que podría indicar que al aumentar la duración del llamado, los tiempos en los cuales ocurren estos máximos se desplazan de manera proporcional a la duración.

De manera similar, el tiempo de máxima potencia y tiempo de máxima amplitud estuvieron correlacionadas con la suma de la duración de las partes ($r=0.67$ y $r=0.60$, Tabla XIII). Sin embargo, los valores de estas correlaciones fueron menores a las de duración del llamado con el tiempo de máxima potencia y tiempo de máxima amplitud.

El tiempo de máxima amplitud y máxima potencia estuvieron fuertemente correlacionadas ($r=0.78$; Tabla XIII). Esto indica que al aumentar el tiempo de máxima amplitud aumenta el tiempo de máxima potencia, lo cual implica que el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia ocurren en tiempos semejantes.

El tiempo de máxima amplitud también estuvo correlacionado con el tiempo relativo de máxima amplitud ($r=0.78$, Tabla XIII). Al ser más largo el tiempo de máxima amplitud, la proporción a la que se encuentra ésta con respecto al llamado también

¹⁰ Cuando una variable se correlacionó con otra presente en ambos parámetros, se promediaron los coeficientes de correlación ya que reflejaban la misma variable y los valores de r fueron semejantes

Tabla XIII. Matriz de correlación entre las variables de tiempo para las hembras a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas, debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas. Las correlaciones marcadas con asterisco representan la misma variable con diferente parámetro

	D_TMx_Am-Pt_A	D_TMx_Am-Pt_E	Dur	T_Mx_Pt_A	T_Mx_Pt_E	T_Mx_Am	TR_Mx_Pt_A	TR_Mx_Pt_E	TR_Mx_Am	Prop_Dur_Señal_A	Prop_Dur_Señal_E	S_Dur_Partes
D_TMx_Am-Pt_A	0.10	0.08	0.08	0.08	0.06	-0.004	0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.05
D_TMx_Am-Pt_E	0.93*	0.08	0.05	0.06	0.04	-0.02	0.004	0.003	-0.01	-0.01	-0.01	0.03
Dur	0.44	0.30	0.35	0.23	0.21	0.18	0.04	0.04	0.03	-0.02	-0.02	0.25
T_Mx_Pt_A	0.54	0.40	0.82	0.23	0.19	0.15	0.07	0.05	0.04	-0.03	-0.03	0.15
T_Mx_Pt_E	0.39	0.35	0.80	0.89*	0.20	0.15	0.05	0.06	0.04	-0.02	-0.02	0.14
T_Mx_Am	-0.03	-0.13	0.72	0.77	0.79	0.18	0.05	0.04	0.06	-0.02	-0.02	0.12
TR_Mx_Pt_A	0.22	0.08	0.37	0.75	0.55	0.68	0.03	0.02	0.03	-0.01	-0.01	0.02
TR_Mx_Pt_E	0.11	0.07	0.38	0.61	0.77	0.65	0.64*	0.03	0.02	-0.003	-0.003	0.02
TR_Mx_Am	-0.21	-0.26	0.26	0.49	0.49	0.78	0.81	0.69	0.03	-0.01	-0.01	0.01
Prop_Dur_Señal_A	-0.23	-0.29	-0.32	-0.45	-0.32	-0.34	-0.43	-0.13	-0.32	0.02	0.02	0.01
Prop_Dur_Señal_E	-0.23	-0.29	-0.32	-0.45	-0.32	-0.34	-0.43	-0.13	-0.32	1.00*	0.02	0.01
S_Dur_Partes	0.35	0.20	0.89	0.66	0.67	0.60	0.23	0.29	0.14	0.10	0.10	0.23

aumentará. De igual manera, se observó que el tiempo de máxima potencia presentó una correlación con el tiempo relativo de máxima potencia ($r=0.67$).

El tiempo relativo de máxima amplitud y el tiempo relativo de máxima potencia también estuvieron altamente correlacionados ($r=0.75$, Tabla XIII). También se observó una correlación entre el tiempo relativo de máxima potencia (en sus dos parámetros, $r=0.66$) con el tiempo de máxima amplitud; lo cual pudiera estar relacionado a la alta correlación entre la variable tiempo de máxima amplitud y tiempo de máxima potencia. Aquellas variables que correlacionadas con los tiempos de máxima amplitud y máxima potencia también estuvieron correlacionadas entre sí

Por último, la diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y el tiempo de máxima potencia se correlacionó con la variable tiempo de máxima potencia en el parámetro de banda ancha ($r=0.54$, Tabla XIII), mientras que con el tiempo de máxima amplitud no se encontró correlación (-0.03). Por lo tanto, si el tiempo al que ocurre la máxima potencia aumenta, la diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia aumentara, siempre y cuando que el tiempo de máxima amplitud no aumentara a la misma proporción.

El ACP para las variables de tiempo en las hembras indicó que el 86% de la varianza acumulada estuvo explicada por los primeros tres componentes (Tabla XI). El primer componente explicó el 49% de la varianza e incluyó por las variables duración, tiempo de máxima amplitud, tiempo de máxima potencia (en ambos parámetros) y tiempo relativo de máxima potencia (en ambos parámetros) (Figura 37). Estas variables, de acuerdo al análisis de correlaciones, fueron las que presentaron las correlaciones más altas dentro del conjunto de variables, además estuvieron correlacionadas entre ellas.

El segundo componente explicó el 20% de la varianza y estuvo representado por la variable diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y el tiempo de máxima potencia en sus dos parámetros (banda estricta y banda ancha). El tercer componente explicó el 17% de la varianza, e incluyó la proporción de la duración de la señal en sus dos parámetros.

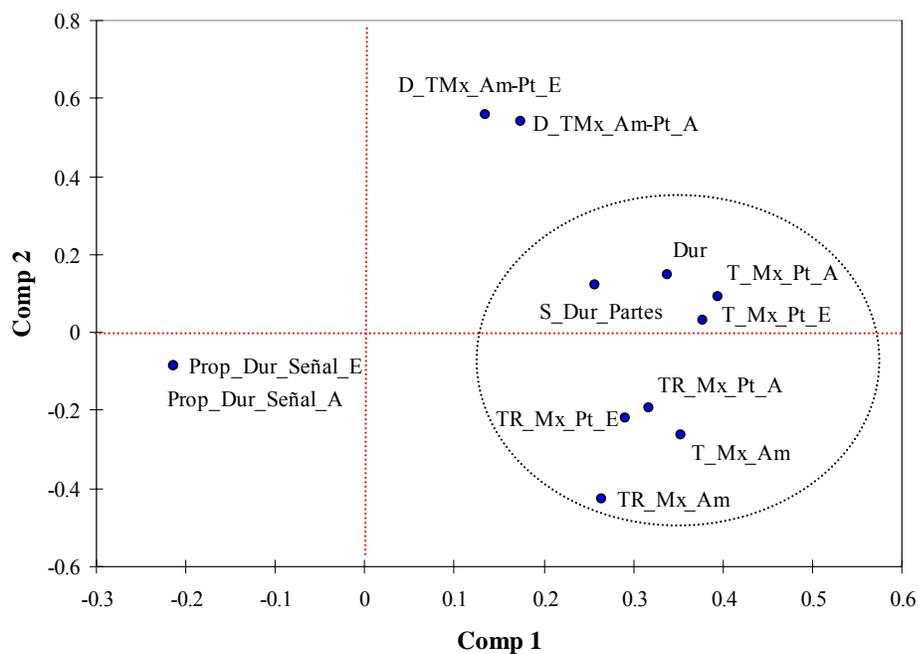


Figura 37. Diagrama de dispersión de las variables de tiempo entre el primer y segundo componente en las hembras a nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente.

VII.2.2.2 Crías

Las correlaciones entre las variables temporales medidas en las crías presentaron una media de $r=0.24$, la cual fue semejante a la encontrada en hembras. De las 66 correlaciones (de 12 variables, Tabla XIV), 48 (73%) fueron positivas, con un promedio de 0.42 ± 0.3 , y 18 (27%) negativas con un promedio de -0.24 ± 0.14 . Como ocurrió en las hembras, hubo variables que representaban la misma información, sólo que en parámetros distintos y presentaron correlaciones mayores a $r=0.80$, lo que podría indicar que los valores de las variables no difieren entre parámetros.

La duración del llamado presentó una correlación alta con la suma de la duración de las partes ($r=0.97$). Esta variable (duración) también estuvo correlacionada con el tiempo de máxima potencia, como ocurrió en las hembras, con un coeficiente de correlación de $r=0.54$ (Tabla XIV).

A diferencia de las hembras, la duración del llamado en las crías presentó una baja correlación con el tiempo de máxima potencia ($r=0.42$). Sin embargo, hubo una correlación

inversa con la proporción de la duración de la señal ($r=-0.60$). Esto se debe a que la proporción de la duración de la señal es función del número de partes. Los llamados compuestos por una parte tendrían una proporción de la señal de 1.0, mientras que los llamados conformados por más de una parte, la proporción es menor a 1.0 ya que se excluye los espacios en silencio o ruido en la señal (Tabla XIV).

El tiempo de máxima potencia en las crías se correlacionó con la suma de la duración de las partes ($r=0.60$, Tabla XIV). En otras palabras al mayor número de partes, tiempo de máxima potencia se desplaza en el tiempo.

Los tiempos de máxima potencia y de máxima amplitud, al igual que en hembras, tuvieron una alta correlación ($r=0.85$). La diferencia entre estos dos tiempos (D_TMx_Am-Pt) estuvo correlacionada con el tiempo de máxima potencia ($r=0.50$) y con el tiempo de máxima amplitud ($r=0.53$). Es decir, si estos dos tiempos se incrementan, su diferencia se desplazara proporcionalmente (Tabla XIV).

Los tiempos de máxima amplitud y máxima potencia estuvieron correlacionados con sus tiempos relativos ($r=0.58$ y $r=0.62$, Tabla XIV). A su vez, la alta correlación entre el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia se vio reflejada a su vez en correlaciones con los tiempos relativos y entre tiempos relativos (ej. T_Mx_Am vs TR_Mx_Pt y TR_Mx_Am vs TR_Mx_Pt).

Según los resultados del ACP para las variables de tiempo en las crías, se observó que el 88% de la varianza acumulada estuvo explicada por los tres primeros componentes. El primer componente explicó el 38% de la varianza (Tabla XI), e incluyó el tiempo de máxima potencia (en ambos parámetros), tiempo de máxima amplitud, tiempo relativo de máxima potencia (en ambos parámetros), tiempo relativo de máxima amplitud y la diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia en el parámetro de banda estricta (Figura 38). Esto concuerda con los resultados de los análisis de correlación, ya que presentaron correlaciones altas.

Tabla XIV. Matriz de correlación entre las variables de tiempo para las crías a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas, debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas. Las correlaciones marcadas con asterisco representan la misma variable con diferente parámetro

D_TMx_Am-Pt_A	0.004	0.00	0.01	0.003	-0.001	-0.001	0.001	-0.002	0.00	0.00	0.00	0.006
D_TMx_Am-Pt_E	0.19	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.003	0.00	0.00	0.00	0.002
Dur	0.23	0.09	0.14	0.02	0.02	0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	0.11
T_Mx_Pt_A	0.39	0.35	0.54	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.001	0.02
T_Mx_Pt_E	-0.08	0.51	0.42	0.79*	0.01	0.01	0.01	0.01	0.001	0.001	-0.001	0.01
T_Mx_Am	-0.10	0.53	0.42	0.75	0.94	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	-0.002	0.01
TR_Mx_Pt_A	0.11	0.22	-0.27	0.50	0.48	0.42	0.02	0.02	0.003	0.003	0.003	-0.01
TR_Mx_Pt_E	-0.20	0.40	-0.26	0.32	0.65	0.58	0.81*	0.03	0.01	0.01	0.01	-0.01
TR_Mx_Am	-0.22	0.43	-0.34	0.19	0.52	0.58	0.74	0.92	0.01	0.01	0.01	-0.02
Prop_Dur_Señal_A	0.04	0.05	-0.43	-0.01	0.06	0.01	0.29	0.39	0.35	0.01	0.01	-0.01
Prop_Dur_Señal_E	0.07	0.07	-0.60	-0.17	-0.11	-0.17	0.29	0.37	0.34	0.93*	0.01	-0.01
S_Dur_Part es	0.31	0.14	0.97	0.60	0.46	0.44	-0.21	-0.20	-0.31	-0.28	-0.43	0.09

El segundo componente explicó el 31% de la varianza (Tabla XI), e incluyó la duración del llamado y suma de la duración de las partes. Ambas variables se relacionaron de forma negativa con la proporción de la duración de la señal, lo cual también se observó en los resultados del análisis de correlaciones (Tabla XIV). Por último, el tercer componente explicó el 12 % de la varianza, y sólo incluyó la diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia en el parámetro de banda ancha.

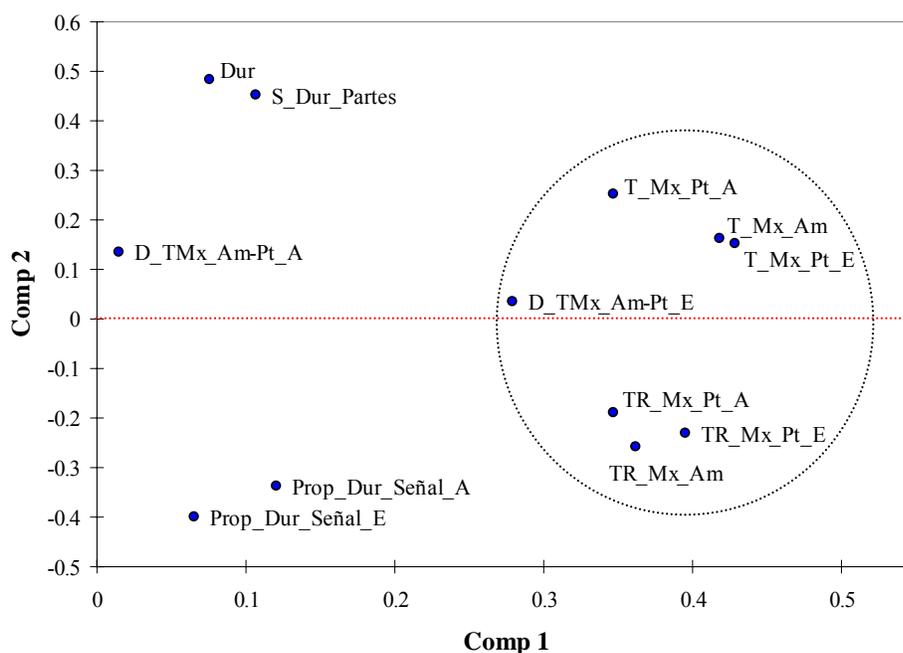


Figura 38. Diagrama de dispersión de las variables de tiempo entre el primer y segundo componente en las crías a nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente.

VII.2.3 Variables de Frecuencia

VII.2.3.1 Hembras

Las correlaciones entre las variables de frecuencia presentaron un promedio de $r=0.39$. De un total de 120 correlaciones (16 variables), el 79% ($n=95$) fueron positivas con un promedio de 0.53 ± 0.3 y el 21% ($n=25$) negativas, con una media de -0.17 ± 0.1 . El 38% ($n=45$) de las variables tuvieron correlaciones mayores a $r=0.5$. Todas las variables de frecuencia fueron medidas con los dos parámetros de banda ancha y banda estricta.

Tabla XV. Matriz de correlación entre las variables de frecuencia para las hembras a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas, debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas. Las correlaciones marcadas con asterisco representan la misma variable con diferente parámetro

	FD_A	FD_E	MF_A	F_Mk_A	F_Mk_E	F_Mn_A	F_Mn_E	MF_E	RIC_A	RIC_E	F_Mk_Pt_A	F_Mk_Pt_E	Cuartil_1_A	Cuartil_1_E	Cuartil_3_A	Cuartil_3_E
FD_A	8963.19	9492.8	6027.2	44353.4	46132.0	5166.9	4506.7	5255.7	767.5	166.6	9721.1	10248.6	8394.1	8997.5	9160.3	9164.1
FD_E	0.96*	10933.38	5585.7	39486.6	43333.5	5918.8	5323.0	4989.8	1272.2	696.5	11215.7	11620.4	9312.9	9949.7	10583.8	10646.4
MF_A	0.58	0.49	11880.14	101359.5	100286.2	-1175.1	-708.8	8785.9	1352.6	2646.7	2767.1	4190.0	3323.3	2980.5	4674.1	5626.3
F_Mk_A	0.22	0.18	0.44	4498598.4	4146248.7	-26081.3	-41451.6	90464.3	-4284.1	-23869.5	68425.6	62257.9	44136.4	60108.7	39843.0	36250.1
F_Mk_E	0.25	0.21	0.46	0.98*	3953726.6	-24519.9	-33760.4	87577.8	-1933.5	-20492.4	67532.2	63294.9	42933.2	58937.7	40990.9	38455.4
F_Mn_A	0.59	0.61	-0.12	-0.13	-0.13	8517.06	7216.4	-4.2	-371.6	-1944.9	7294.2	6472.9	6348.9	7246.5	5977.0	5302.3
F_Mn_E	0.56	0.60	-0.08	-0.23	-0.20	0.93*	7134.30	-166	-114.0	-1056.7	5003.0	5107.2	5155.6	5620.6	5041.5	4584.1
MF_E	0.65	0.56	0.95*	0.50	0.52	0.00	-0.02	7229.61	1064.4	1746.2	3466.7	3963.5	3322.7	3273.7	4385.6	5019.7
RIC_A	0.18	0.27	0.27	-0.04	-0.02	-0.09	-0.03	0.27	2083.69	3154.8	-1170.5	-799.4	-1210.7	-1879.3	872.2	1275.5
RIC_E	0.02	0.09	0.31	-0.15	-0.13	-0.27	-0.16	0.27	0.89*	5996.52	-4031.1	-3050.2	-3331.5	-5174.0	-378.0	822.1
F_Mx_Pt_A	0.71	0.75	0.18	0.22	0.24	0.55	0.41	0.28	-0.18	-0.36	20862.86	18565.3	14497.6	16715.3	13326.1	12685.7
F_Mx_Pt_E	0.78	0.80	0.28	0.21	0.23	0.50	0.43	0.33	-0.13	-0.28	0.93*	19446.33	14251.9	15928.8	13452.0	12879.2
Cuartil_1_A	0.81	0.82	0.28	0.19	0.20	0.63	0.56	0.36	-0.24	-0.42	0.92	0.94	11916.87	13544.7	10705.9	10013.6
Cuartil_1_E	0.76	0.76	0.22	0.23	0.24	0.62	0.53	0.31	-0.33	-0.53	0.93	0.91	0.99*	15816.80	11665.2	10643.5
Cuartil_3_A	0.90	0.94	0.40	0.18	0.19	0.60	0.56	0.48	0.18	-0.05	0.86	0.90	0.91	0.86	11576.92	11287.7
Cuartil_3_E	0.90	0.95	0.48	0.16	0.18	0.54	0.51	0.55	0.26	0.10	0.82	0.86	0.86	0.79	0.98*	11463.97

La frecuencia de máxima potencia estuvo correlacionada con la frecuencia dominante ($r=0.76$, Tabla XV). Esta variable también estuvo correlacionada con el primer cuartil ($r=0.92$) y con el tercer cuartil ($r=0.86$). Por otro lado, la frecuencia de máxima potencia estuvo asociada con la frecuencia mínima ($r=0.53$). Por lo tanto, si la frecuencia de máxima potencia tiene valores altos, los valores de la frecuencia mínima suelen ser más altos pero en menor grado que los cuartiles.

La frecuencia dominante presentó valores mayores a las demás variables. Los valores altos de frecuencia dominante estuvieron asociados a valores altos en el tercer cuartil ($r=0.92$) y primer cuartil ($r=0.79$). De igual manera pero en menor medida, esto se observó para los valores de la frecuencia mínima ($r=0.59$).

La frecuencia del primer y tercer cuartil estuvieron correlacionadas ($r=0.86$). El rango intercuartil estuvo negativamente correlacionado con el primer cuartil ($r=-0.53$); valores mayores del primer cuartil se asociaron con un rango intercuartil bajo. Así mismo, la frecuencia mínima presentó una correlación media con el primer cuartil ($r=0.58$) y el tercer cuartil ($r=0.55$), valores altos de frecuencia mínima estuvieron asociados con valores altos en los cuartiles.

Los llamados que presentaron valores altos de modulación total de frecuencia estuvieron asociados a valores altos de la frecuencia dominante ($r=0.60$), de igual manera hubo una asociación con valores alto de la frecuencia máxima ($r=0.55$) y el tercer cuartil ($r=0.51$). Al aumentar los valores de la frecuencia dominante, la frecuencia máxima y el tercer cuartil, los llamados presentaron una mayor modulación de la frecuencia.

Como resultado del ACP, se observó que el 87% de la varianza acumulada estuvo explicada por los primeros tres componentes (Tabla XI). El primer componente explicó el 52% de la varianza, e incluyó la frecuencia dominante, frecuencia de máxima potencia, primer cuartil y tercer cuartil (todas en ambos parámetros, Figura 39). Estas variables fueron las que presentaron mayores correlaciones entre sí. El segundo componente explicó el 20% de la varianza e incluyó la vmodulación total de la frecuencia (para ambos parámetros, banda ancha y banda estricta). El tercer componente explicó el 15% de la varianza e incluyó el rango intercuartil y la máxima frecuencia, con la cual hubo una relación negativa (Tabla XI, Figura 39).

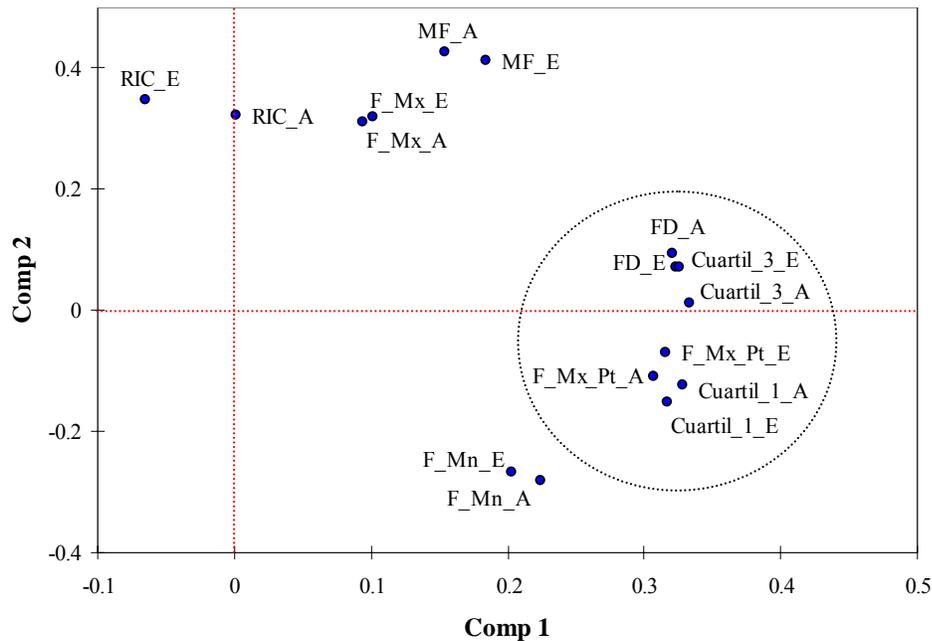


Figura 39. Diagrama de dispersión de las variables de tiempo entre el primer y segundo componente en las hembras a nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente.

VII.2.3.2 Crías

Las correlaciones entre las variables de frecuencia presentaron un promedio de $r=0.33$. De un total de 120 correlaciones (Tabla XVI) el 82% ($n=98$) fueron positivas con un promedio de 0.46 ± 0.3 y el 18% ($n=22$) negativas con un promedio de -0.22 ± 0.2 . Un total de 26 variables (22%) tuvieron coeficientes de correlación mayores a $r=0.50$, y 2% ($n=2$) fueron negativas. Al igual que en el caso de las hembras, todas las variables de frecuencia fueron medidas en los dos parámetros, banda ancha y banda estricta.

La frecuencia de máxima potencia estuvo asociada con los dos cuartiles; a valores altos de la frecuencia de máxima potencia se observaron valores altos del primer cuartil ($r=0.77$). De igual manera, a valores altos del tercer cuartil se presentan valores altos de la frecuencia de máxima potencia ($r=0.77$).

La frecuencia dominante estuvo relacionada principalmente con valores altos del tercer cuartil ($r=0.80$), así también con el primer cuartil pero en menor medida ($r=0.58$).

Tabla XVI. Matriz de correlación entre las variables de frecuencia para las crías a nivel individuo. En la diagonal se encuentran las varianzas, debajo de ésta se encuentran los coeficientes de correlación r de Pearson y sobre la diagonal las covarianzas. Las correlaciones mayores a $r=0.5$ se presentan resaltadas. Las correlaciones marcadas con asterisco representan la misma variable con diferente parámetro.

	FD_A	FD_E	MF_A	F_Mk_A	F_Mk_E	F_Mn_A	F_Mn_E	MF_E	RIC_A	RIC_E	F_Mk_Pt_A	F_Mk_Pt_E	Cuartil_1_A	Cuartil_1_E	Cuartil_3_A	Cuartil_3_E
FD_A	36485.7	32908.9	15023.5	119936.4	120588.2	10731.8	11089.5	14567.7	8435.1	9049.2	33200.7	33491.8	23229.3	22974.3	31662.2	32022.0
FD_E	0.93*	34339.2	12951.6	140797.3	141766.2	11049.9	11545.4	12021.7	5549.3	6174.6	30921.7	31514.0	23545.9	23374.1	29093.2	29546.3
MF_A	0.51	0.45	24237.6	-31537.6	-30489.6	-9000.0	-7522.0	22813.6	7029.7	6901.5	12421.1	13096.2	2781.8	2806.8	9808.5	9707.4
F_Mk_A	0.21	0.25	-0.07	9257025.2	9252128.3	137852.3	141350.1	-27987.2	-16338.6	-32036.4	358874.0	241575.0	275724.7	298983.7	259378.7	266916.6
F_Mk_E	0.21	0.25	-0.06	1.00*	9247925.4	136136.8	139848.7	-26943.2	-16523.5	-32150.9	357887.3	241137.8	275342.2	298595.2	258811.2	266413.6
F_Mn_A	0.32	0.34	-0.33	0.26	0.26	0.98*	29310.2	-8094.5	-7695.6	-9186.0	8489.1	10610.0	16433.8	17181.1	8739.9	7993.8
F_Mn_E	0.34	0.37	-0.28	0.27	0.27	0.98*	28920.8	-7221.4	-6850.2	-8024.9	8206.5	10078.9	15926.7	16471.7	9077.7	8445.3
MF_E	0.51	0.43	0.97*	-0.06	-0.06	-0.31	-0.28	22701.5	7487.7	7390.6	10662.9	12740.8	1482.8	1455.9	8967.5	8846.2
RIC_A	0.25	0.17	0.25	-0.03	-0.03	-0.24	-0.22	0.28	0.99*	37173.3	-7392.7	1718.0	-17559.9	-21622.2	14987.9	15533.1
RIC_E	0.23	0.16	0.21	-0.05	-0.05	-0.25	-0.23	0.24	0.99*	43317.1	-9130.8	1900.1	-20716.0	-25805.0	16454.4	17514.4
F_Mx_Pt_A	0.60	0.57	0.27	0.41	0.40	0.17	0.17	0.24	-0.14	-0.15	84838.2	53274.6	48976.9	52534.9	41583.7	43399.7
F_Mx_Pt_E	0.81	0.79	0.39	0.37	0.37	0.28	0.27	0.39	0.04	0.04	0.85*	46852.7	33466.9	34476.5	35182.9	36373.6
Cuartil_1_A	0.59	0.62	0.09	0.44	0.44	0.46	0.45	0.05	-0.47	-0.48	0.82	0.75	42484.6	46086.6	24925.4	25366.9
Cuartil_1_E	0.54	0.56	0.08	0.44	0.44	0.44	0.43	0.04	-0.53	-0.55	0.80	0.71	0.99*	50585.0	24465.4	24775.9
Cuartil_3_A	0.83	0.79	0.32	0.43	0.43	0.25	0.27	0.30	0.42	0.40	0.72	0.81	0.61	0.54	0.99*	39911.6
Cuartil_3_E	0.82	0.78	0.30	0.43	0.43	0.22	0.24	0.29	0.42	0.41	0.73	0.82	0.60	0.54	1.00*	42288.6

Esta variable también estuvo correlacionada con la frecuencia de máxima potencia ($r=0.69$); valores altos de la frecuencia dominante generalmente coincidieron con valores proporcionalmente altos de la frecuencia de máxima potencia. Esto puede deberse a que como la frecuencia dominante siempre se encontró por arriba de la frecuencia de máxima potencia, al incrementar hay un incremento proporcional en la otra. Los valores de esta variable fueron mayores que los valores de las variables con las que estuvo asociada; se encontró una relación ($r=0.51$) con la máxima frecuencia (Tabla XVI).

Al igual que en las hembras, el primer cuartil y el tercer cuartil estuvieron correlacionados ($r=0.57$), mientras que el primer cuartil presentó una correlación negativa con el rango intercuartil ($r=-0.53$).

Según los resultados del ACP sobre las variables de frecuencia, los primeros tres componentes explicaron el 81% de la varianza acumulada (Tabla XI). El primer componente explicó el 45% de la varianza, el cual incluyó, al igual que en las hembras, la frecuencia dominante, frecuencia de máxima potencia, primer cuartil y tercer cuartil (todas en ambos parámetros, Figura 40). Esto coincide con los resultados del análisis de correlaciones. El segundo componente explicó 23% de la varianza, y a diferencia del caso de las hembras, estuvo representado por el rango intercuartil en ambos parámetros. El tercer componente explicó el 13% de la varianza, y no se detectó una asociación fuerte con ninguna variable.

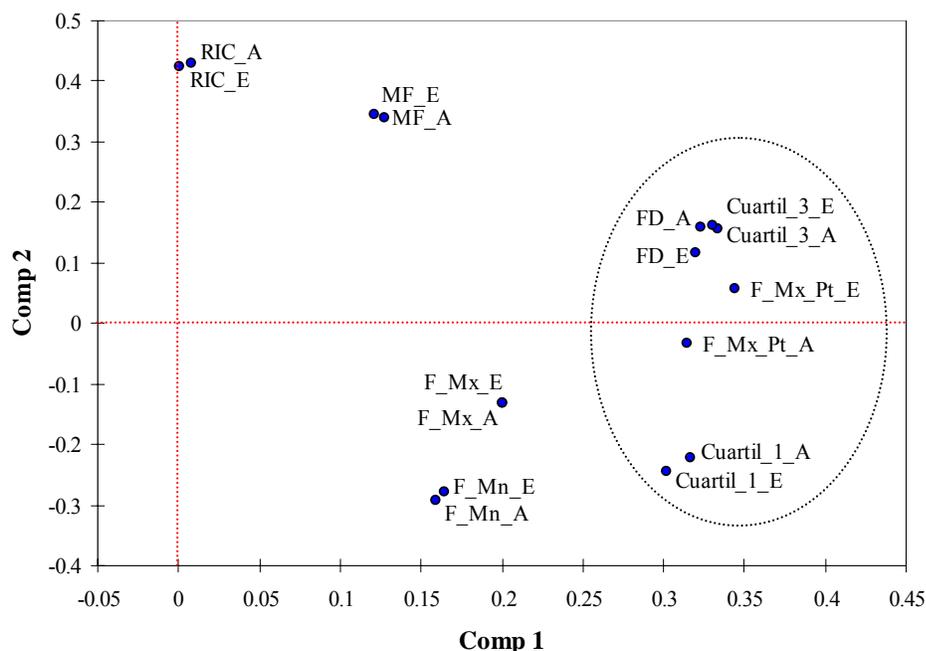


Figura 40. Diagrama de dispersión de las variables de tiempo entre el primer y segundo componente en las hembras a nivel individuo. El círculo señala las variables que representan al primer componente.

VII.3 Variabilidad de los parámetros medidos

Para las hembras, el coeficiente de variación promedio entre las variables de tiempo y frecuencia fue de 0.51 ± 0.48 , siendo las variables temporales (Tabla VIII) las que presentaron los valores más altos con un promedio de 0.70 ± 0.69 mientras que las de frecuencia (Tabla IX) tuvieron un promedio de 0.35 ± 0.17 ; presentando una diferencia significativa entre los valores de los coeficientes de variación entre estos dos grupos de variables (Mann-Whitney: $U=1.76, n_{\text{tiempo}}=12, n_{\text{frecuencia}}=16, p=0.04$).

En promedio, los valores de los CV en las crías fueron ligeramente menores a las hembras (0.44 ± 0.27), para las cuales también se detectaron diferencias significativas entre los valores de las variables temporales y de frecuencia (Mann-Whitney: $U=-1.90, n_{\text{tiempo}}=12, n_{\text{frecuencia}}=16, p=0.03$). Al igual que para las hembras, las variables de tiempo presentaron valores de CV más (promedio de 0.55 ± 0.35), mientras que las de frecuencia tuvieron valores más bajos (0.35 ± 0.16).

Tanto en hembras como en crías, la diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia, mostraron valores muy altos de CV, que fueron > 2.0 para las hembras y > 1.0 para las crías (Tabla VIII, Figura 41 y 42). Tomando en cuenta esto, se calculó el promedio para los coeficientes de variación sin los valores extremos tanto en hembras como en crías.

En las hembras el promedio global de los CV (sin valores extremos) fue de 0.38 ± 0.18 . En las variables de tiempo, se observó que el promedio fue 0.42 ± 0.19 , el cual fue menor que cuando se calculó incluyendo valores extremos. En contraste, para las variables de frecuencia, el promedio se mantuvo igual (0.35 ± 0.17). Al realizar de nuevo la prueba se encontró que no hubo diferencias significativas en los CV de las variables temporales y de frecuencia (Mann-Whitney: $U = -1.16$, $n_{\text{tiempo}} = 10$, $n_{\text{frecuencia}} = 16$, $p = 0.25$).

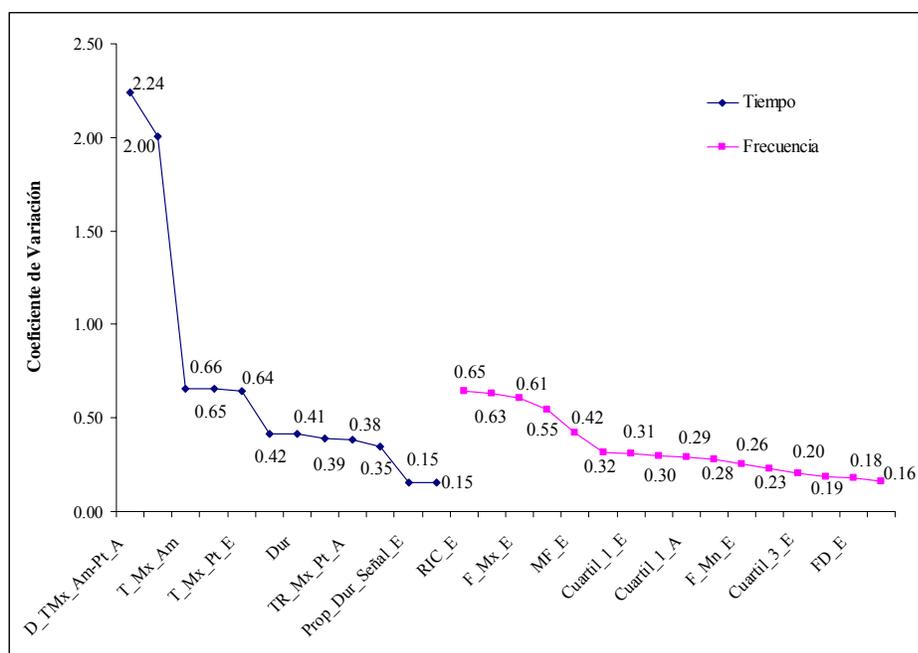


Figura 41. Coeficientes de variación de las variables de tiempo y frecuencia para las hembras a nivel de individuo, donde se puede ver que en las variables de tiempo hay dos valores extremos representados en la variable D_TMx_Am-Pt en ambos parámetros.

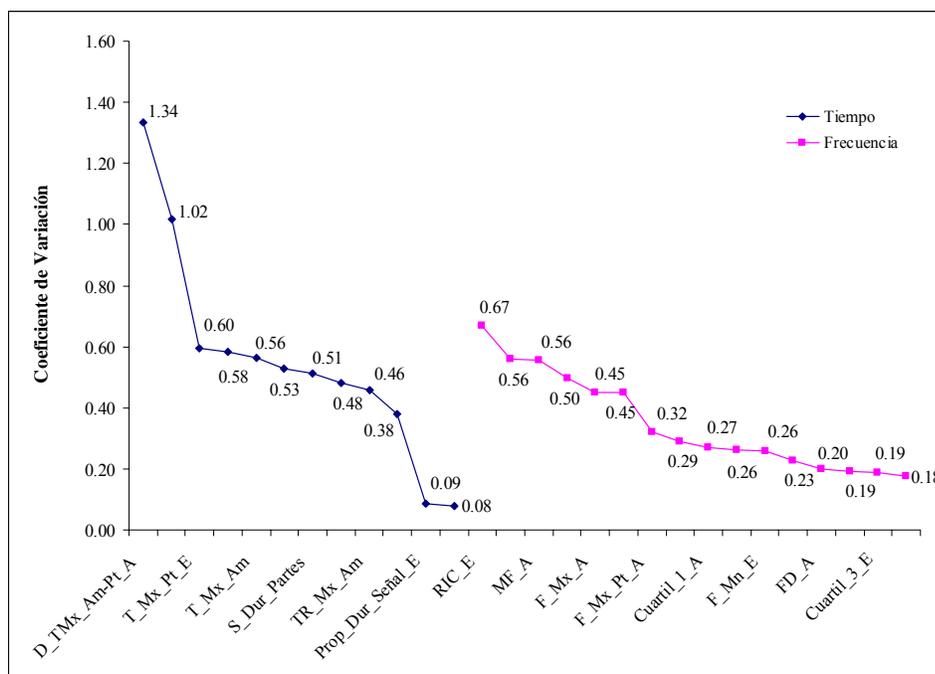


Figura 42. Coeficientes de variación de las variables de tiempo y frecuencia para las crías a nivel de individuo, donde se puede observar que en las variables de tiempo hay dos valores extremos representados en la variable D_TMx_Am-Pt en ambos parámetros.

Para las crías, también se calculó el promedio de los CV sin los valores extremos y se obtuvo un promedio global de 0.38 ± 0.17 . En las variables de tiempo, el nuevo promedio fue de 0.43 ± 0.19 , un promedio menor que el obtenido al incluir valores extremos. El promedio de las variables de frecuencia permaneció igual (0.35 ± 0.16). No se encontraron diferencias significativas entre las variables temporales y de frecuencia al excluir los valores extremos (Mann-Whitney: $U = -1.32$, $n_{\text{tiempo}} = 10$, $n_{\text{frecuencia}} = 16$, $p = 0.20$). En las figuras 43 y 44 se puede observar cómo se modificaron los perfiles de los CV para las hembras y las crías, respectivamente, al quitar valores extremos.

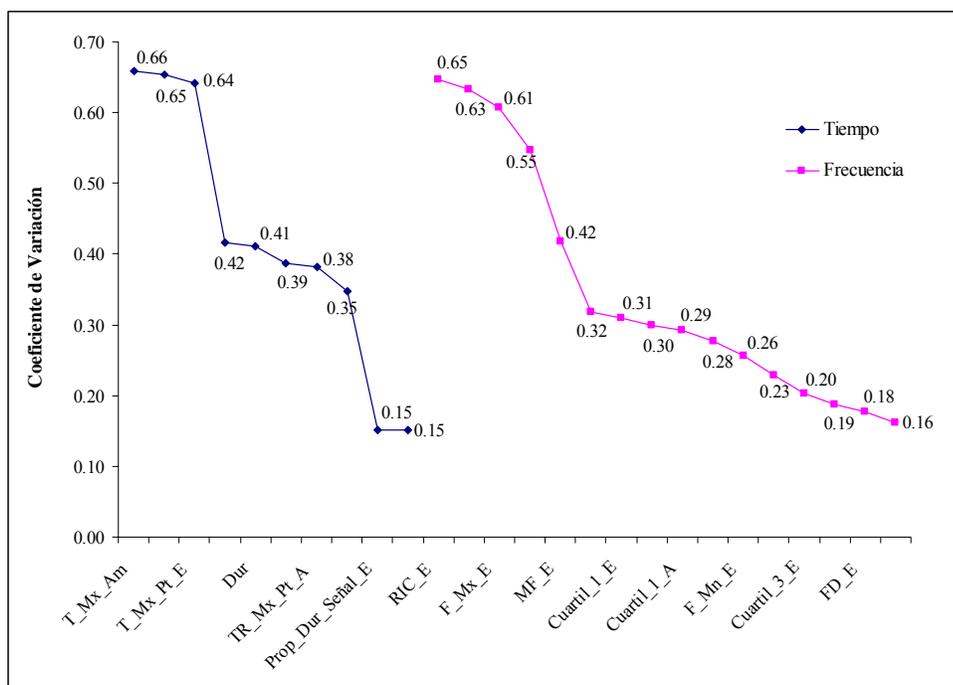


Figura 43. Coeficientes de variación de las variables de tiempo y frecuencia para las hembras a nivel de individuo. Se observa que al sacar los valores extremos en las variables de tiempo los perfiles cambian y se asemejan entre sí.

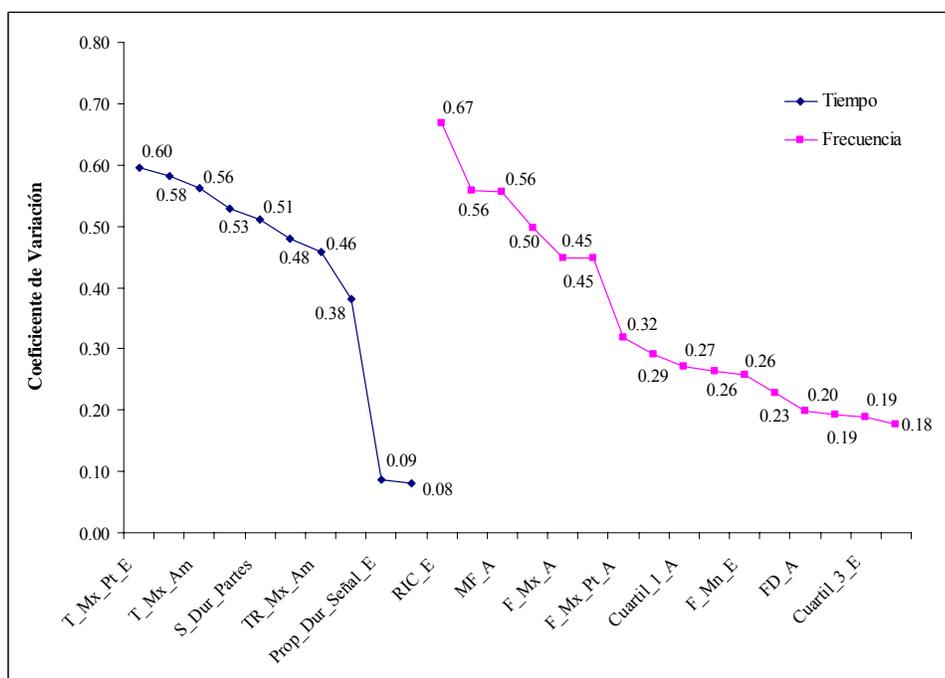


Figura 44. Coeficientes de variación de las variables de tiempo y frecuencia para las crías a nivel de individuo. Se observa que al sacar los valores extremos en las variables de tiempo los perfiles cambian y se asemejan.

VII.4 Individualidad

VII.4.1 Repetibilidad

Los valores de repetibilidad (R) para hembras y crías son presentados en las tablas XVIII y XIX. Los valores de R fueron menores a lo esperado tuvieron un promedio de 0.288 ± 0.226 . Los valores de R para las variables de estructura, frecuencia y tiempo de las hembras fueron significativamente diferentes (Kruskal-Wallis: $H=25.22$, $p=0.0001$). En las variables de estructura, el promedio de R fue de 0.144 ± 0.105 , mientras que en las variables de tiempo fue de 0.119 ± 0.081 , siendo éstos los valores más bajos. La media de R de las variables de frecuencia fue relativamente alta (0.497 ± 0.174 , Tabla XVII).

Tabla XVII. Estadística descriptiva de los valores de repetibilidad (R) para cada tipo de variable en hembras y crías en nivel de individuo.

Tipo de variable	Hembras				Crías			
	N	Media	Desv Est	CV	N	Media	Desv Est	CV
Estructura	9	0.144	0.105	0.728	8	0.203	0.157	0.776
Tiempo	12	0.119	0.081	0.687	12	0.172	0.12	0.694
Frecuencia	16	0.497	0.174	0.35	16	0.322	0.126	0.393

Las variables en las cuales se observaron valores de R altos fueron en frecuencia (F_Mx_Pt, Cuartil_1 y Cuartil_3, Tabla XIX), con valores > 0.60 en sus dos parámetros (banda ancha y banda estricta). Esto podría indicar que estas variables son características acústicas relevantes para la individualidad.

Los valores calculados de R para las crías tuvieron un promedio de 0.246 ± 0.145 . La diferencia en los valores de R entre los tipos de variables de estructura, tiempo y frecuencia medidas en la crías fue significativa (Kruskal-Wallis: $H=7.409$, $p=0.0228$).

Tabla XVIII. Valores de repetibilidad (R) de las variables de estructura y tiempo para hembras y crías a nivel de individuo. Con un intervalo de confianza (IC) del 95%. P, probabilidades de la prueba de remuestreo Monte Carlo (1000 remuestreos) para la hipótesis nula $H_0: R \text{ calculada} > R \text{ observada}$. SE, error estándar.

Tipo de variable	Variable	Hembras				Crías			
		R	SE (R)	IC (R)	P (Rcalc \geq Robs)	R	SE (R)	IC (R)	P (Rcalc \geq Robs)
Estructura	N_Partés	0.217	0.070	0.079;0.354	0.039	0.311	0.064	0.186;0.435	0.012
	Tonal	0.250	0.134	0;0.512	0.043	0.064	0.112	0;0.283	0.387
	Puls	0.198	0.199	0;0.587	0.109	0.263	0.118	0.032;0.494	0.031
	Formante	0.000	0.084	0;0.165	1.000	0.250	0.095	0.063;0.437	0.065
	Bati	0.169	0.106	0;0.377	0.137	0.000	0.043	0;0.083	1.000
	Mod_F	0.195	0.136	0;0.461	0.095	0.367	0.167	0.040;0.695	0.012
	Mod_Am	0.000	0.031	0;0.060	1.000	---	---	---	---
	Mod_Am_F	0.025	0.097	0;0.216	0.627	0.000	0.037	0;0.073	1.000
	Forma	0.242	0.140	0;0.517	0.047	0.367	0.165	0.044;0.691	0.009
	Dur	0.091	0.098	0;0.283	0.207	0.385	0.098	0.192;0.578	0.005
Tiempo	S_Dur_Partés	0.090	0.112	0;0.310	0.215	0.268	0.082	0.108;0.428	0.018
	T_Mx_Am	0.317	0.099	0.123;0.510	0.009	0.232	0.122	0;0.4712	0.041
	TR_Mx_Pt_E	0.000	0.104	0;0.203	1.000	0.093	0.093	0;0.275	0.221
	TR_Mx_Pt_A	0.096	0.108	0;0.3078	0.198	0.010	0.086	0;0.178	0.458
	D_TMx_Am-Pt_E	0.059	0.097	0;0.249	0.172	0.080	0.102	0;0.279	0.223
	D_TMx_Am-Pt_A	0.068	0.073	0;0.212	0.159	0.000	0.101	0;0.199	1.000
	TR_Mx_Am	0.094	0.105	0;0.301	0.224	0.078	0.083	0;0.240	0.256
	T_Mx_Pt_E	0.098	0.096	0;0.287	0.215	0.253	0.131	0;0.510	0.031
	T_Mx_Pt_A	0.129	0.122	0;0.367	0.161	0.267	0.123	0.026;0.508	0.016
	Prop_Dur_Señal_E	0.191	0.103	0;0.392	0.065	0.168	0.082	0.008;0.328	0.083
Prop_Dur_Señal_A	0.191	0.103	0;0.393	0.080	0.237	0.084	0.073;0.401	0.041	

Tabla XIX. Valores de repetibilidad (R) de las variables de frecuencia para hembras y crías a nivel de individuo. Con un intervalo de confianza (IC) del 95%. P, probabilidades de la prueba de remuestreo Monte Carlo (1000 remuestreos) para la hipótesis nula H_0 : R calculada > R observada. SE, error estándar. Los valores de R > 0.60 se encuentran resaltados.

Tipo de variable	Variable	Hembras				Crías			
		R	SE (R)	IC (R)	P (Rcalc \geq Robs)	R	SE (R)	IC (R)	P (Rcalc \geq Robs)
Frecuencia	F_Mx_Pt_E	0.681	0.129	0.429;0.934	0.000	0.219	0.192	0;0.595	0.027
	F_Mx_Pt_A	0.689	0.127	0.440;0.938	0.000	0.258	0.144	0;0.540	0.017
	FD_E	0.499	0.169	0.167;0.829	0.000	0.467	0.215	0.047;0.889	0.000
	FD_A	0.219	0.152	0;0.516	0.036	0.400	0.189	0.029;0.770	0.001
	MF_E	0.254	0.166	0;0.578	0.022	0.357	0.121	0.121;0.594	0.006
	MF_A	0.354	0.152	0.056;0.652	0.002	0.403	0.111	0.1863;0.620	0.002
	F_Mn_E	0.484	0.080	0.326;0.641	0.000	0.390	0.101	0.193;0.588	0.003
	F_Mn_A	0.446	0.079	0.292;0.600	0.001	0.440	0.097	0.250;0.630	0.000
	F_Mx_E	0.471	0.106	0.264;0.679	0.000	0.281	0.135	0.0169;0.5447	0.017
	F_Mx_A	0.546	0.097	0.355;0.736	0.000	0.281	0.133	0.0195;0.5426	0.023
	Cuartil_1_E	0.650	0.130	0.394;0.905	0.000	0.162	0.114	0;0.385	0.089
	Cuartil_1_A	0.640	0.116	0.413;0.868	0.000	0.212	0.113	0;0.433	0.050
	Cuartil_3_E	0.702	0.105	0.497;0.908	0.000	0.497	0.169	0.165;0.829	0.001
	Cuartil_3_A	0.726	0.111	0.508;0.945	0.000	0.502	0.170	0.169;0.835	0.001
	RIC_E	0.332	0.190	0;0.705	0.007	0.127	0.121	0;0.364	0.145
	RIC_A	0.262	0.133	0.003;0.522	0.019	0.152	0.109	0;0.366	0.121

En las crías, las variables que presentaron valores de R bajos (0.172 ± 0.120 , Tabla XVIII) fueron las de tiempo, seguidas por las de estructura (0.203 ± 0.157). Las variables de frecuencia presentaron valores más altos que las de tiempo y estructura (0.322 ± 0.126 , Tabla XIX). Sin embargo, en comparación con los llamados de las hembras, para las cuales algunas variables alcanzaron valores mayores a 0.60, ninguna de las variables de frecuencia en las crías alcanzaron estos valores. De las variables que presentaron los valores mayores de 0.60 en las hembras, sólo cuartil 3 para banda ancha fue la que presentó un valor más alto en los llamados de las crías, con un valor de 0.50. Dados los valores bajos de R observados para los llamados de las crías, es probable que estas variables no sean señales acústicas consistentes con la individualidad.

Los resultados de la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas indican que los valores promedio de R para todas las variables medidas en las hembras (0.288 ± 0.226) y en las crías (0.246 ± 0.145) no presentaron diferencias significativas (Wilcoxon: $T=1.17$, $n=37$, $p=0.12$).

En nivel de llamado (repetibilidad de los valores de las partes entre un llamado), sólo se pudieron analizar los valores obtenidos para las hembras, ya que las crías solamente presentaron 10 llamados con al menos tres partes (media de partes por llamado 4.0 ± 1.25), lo cual llevaría la obtención de valores no confiables de R. En los llamados de las hembras, 41 llamados que tenían al menos 3 partes (media de partes por llamado 5.6 ± 3.58); Tabla 8 en Anexo).

Las variables de frecuencia fueron las que presentaron valores más altos de R (0.45 ± 0.21), seguidas por las variables de estructura e intensidad (0.36 ± 0.17 y 0.27 ± 0.06 respectivamente). Las variables temporales presentaron los valores más bajos de R menores (0.12 ± 0.09). Las variables que presentaron valores mayores a 0.60 fueron la frecuencia dominante, frecuencia mínima (las dos en ambos parámetros, banda ancha y banda estricta) y el primer cuartil en banda ancha. Todas estas variables son de frecuencia.

Las variables de intensidad sólo estuvieron presentes en nivel llamado debido a que fueron calculadas con base en las partes y , que por lo tanto de hecho son valores relativos de intensidad. , y no se analizaron de manera directa por falta de calibración de las grabaciones.

VII.4.2 Potencial de la codificación individual (PIC)

El potencial de la codificación individual (PIC, por sus siglas en inglés) calculado sobre las variables medidas en las hembras indicó que el 35% de las hembras (n=23) tuvieron valores > 1 ¹¹, y el promedio fue de 1.25 ± 0.23 . De manera similar, el 39% (n=23) de los llamados de las crías tuvieron valores > 1 (promedio de 1.15 ± 0.10).

Los valores de PIC (Tablas XXI y XXII) entre los tipos de variables de estructura, tiempo y frecuencia en las hembras fueron significativamente diferentes (Kruskal-Wallis: $H=13.72$, $p=0.001$), mientras que para las crías los valores de los tipos de variables no presentaron diferencias significativas (Kruskal-Wallis: $H=5.22$, $p=0.07$).

En las hembras, las variables de frecuencia fueron las que, en promedio, presentaron valores de PIC altos (1.36 ± 0.33 , Tabla XX), mientras que las variables de tiempo y estructura presentaron valores < 1 , con un promedio de las dos de 0.885 ± 0.47 , resultando significativamente diferentes entre ellas (Mann-Whitney: $U=3.67$, $p=0.000$). Por lo tanto, las variables de frecuencia podrían indicar un cierto grado de individualidad. En las crías, las variables de frecuencia presentaron valores de PIC > 1 (1.058 ± 0.20 , Tabla XXII), mientras que para tiempo y estructura los valores fueron < 1 (0.91 ± 0.30 , Tabla XXI).

Tabla XX. Estadística descriptiva de los valores del potencial de la codificación individual (PIC) para cada tipo de variables en hembras y crías a nivel de individuo.

Variable	Hembras				Crías			
	N	Media	Desv Est	CV	N	Media	Desv Est	CV
Estructura	9	0.817	0.23	0.29	9	0.997	0.44	0.44
Tiempo	12	0.937	0.50	0.54	12	0.844	0.17	0.20
Frecuencia	16	1.358	0.33	0.24	16	1.058	0.20	0.19

¹¹ Valores de PIC mayores a 1.0 representan individualidad (ver Metodología).

Tabla XXI. Valores del Potencial para la Codificación Individual (PIC) para las variables de estructura y tiempo, Cvi: coeficiente de variación intra-individual, CVb: coeficiente de variación inter-individual. Los valores altos de PIC se encuentran resaltados.

Tipo	Variable	Hembras			Crias				
		CV	CVb	Media(CVi)	PIC	CV	CVb	Media(CVi)	PIC
Estructura	N_Partes	0.889	0.621	0.604	1.028	0.727	0.541	0.302	1.791
	Tonal	0.533	0.381	0.512	0.744	1.187	0.734	1.303	0.563
	Puls	2.456	1.692	1.642	1.031	0.996	0.719	0.99	0.726
	Formante	0.487	0.275	0.530	0.519	0.392	0.28	0.367	0.762
	Bati	0.715	0.482	0.853	0.565	0.34	0.176	0.286	0.618
	Mod_F	1.528	1.051	1.407	0.747	2.321	1.788	1.34	1.334
	Mod_Am	0.175	0.100	0.082	1.225	---	---	---	---
	Mod_Am_F	0.366	0.218	0.326	0.669	0.251	0.139	0.163	0.85
	Forma	1.582	1.125	1.371	0.821	2.321	1.788	1.34	1.334
	Dur	0.624	0.395	0.530	0.745	0.685	0.533	0.461	1.157
Tiempo	S_Dur_Partes	0.570	0.361	0.507	0.711	0.631	0.457	0.456	1.001
	T_Mx_Am	0.886	0.661	0.717	0.923	0.667	0.471	0.55	0.855
	T_Mx_Pt_E	0.991	0.631	0.802	0.787	0.711	0.51	0.606	0.841
	T_Mx_Pt_A	0.989	0.646	0.745	0.867	0.684	0.494	0.591	0.836
	D_TMx_Am-Pt_E	3.564	2.193	1.055	2.079	1.497	0.938	1.022	0.918
	D_TMx_Am-Pt_A	3.578	2.221	1.172	1.895	1.526	0.838	1.206	0.694
	TR_Mx_Am	0.627	0.398	0.663	0.600	0.673	0.421	0.634	0.664
	TR_Mx_Pt_E	0.603	0.339	0.670	0.505	0.699	0.443	0.663	0.669
	TR_Mx_Pt_A	0.598	0.380	0.617	0.616	0.664	0.39	0.689	0.566
	Prop_Dur_Señal_E	0.195	0.134	0.176	0.759	0.138	0.093	0.101	0.921
Prop_Dur_Señal_A	0.195	0.134	0.176	0.759	0.12	0.085	0.085	1.006	

Tabla XXII. Valores del Potencial para la Codificación Individual (PIC) para las variables de estructura y tiempo, Cvi: coeficiente de variación intra-individual, CVb: coeficiente de variación inter-individual. Los valores de PIC altos se encuentran resaltados.

Tipo	Variable	Hembras			Crias				
		CV	CVb	Media(CVi)	PIC	CV	CVb	Media(CVi)	PIC
Frecuencia	F_Mx_Pt_E	0.347	0.313	0.208	1.509	0.257	0.18	0.204	0.883
	F_Mx_Pt_A	0.345	0.313	0.180	1.741	0.321	0.231	0.278	0.832
	FD_E	0.217	0.179	0.135	1.330	0.223	0.181	0.145	1.248
	FD_A	0.230	0.161	0.180	0.896	0.247	0.194	0.178	1.088
	MF_E	0.543	0.389	0.447	0.870	0.69	0.538	0.412	1.307
	MF_A	0.669	0.511	0.631	0.809	0.671	0.538	0.444	1.212
	F_Mn_E	0.331	0.272	0.209	1.298	0.325	0.259	0.25	1.036
	F_Mn_A	0.343	0.276	0.257	1.076	0.327	0.268	0.244	1.098
	F_Mx_E	0.760	0.620	0.427	1.451	0.565	0.444	0.401	1.107
	F_Mx_A	0.762	0.646	0.413	1.565	0.565	0.444	0.401	1.108
	Cuartil_1_E	0.364	0.325	0.203	1.596	0.316	0.212	0.286	0.742
	Cuartil_1_A	0.348	0.309	0.194	1.593	0.283	0.197	0.247	0.799
	Cuartil_3_E	0.226	0.205	0.120	1.706	0.207	0.171	0.129	1.326
	Cuartil_3_A	0.212	0.195	0.105	1.848	0.197	0.163	0.122	1.34
	RIC_E	0.825	0.622	0.463	1.344	0.918	0.599	0.663	0.903
	RIC_A	0.308	0.222	0.203	1.095	0.661	0.439	0.49	0.897

A pesar de que en promedio los valores de las variables temporales no fueron altos (>1) en las hembras, la diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia sí presentó valores de PIC altos con valores de 2.079 (banda estricta) y 1.895 (banda ancha, Tabla XXI). Por lo tanto, la variabilidad que presentan estas variables en nivel individuo es mucho menor a la medida entre individuos, lo cual es indicativo de individualidad. Por otro lado, en las variables de frecuencia las que presentaron valores mayores de 1.50 fueron la frecuencia de máxima potencia, el primer cuartil y el tercer cuartil en sus dos parámetros (banda ancha y banda estricta), y la frecuencia máxima en banda ancha (Tabla XXII).

De acuerdo con la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas, los valores promedios de PIC para todas las variables de las hembras (media=1.09) y de las crías (media=0.97) no fueron significativamente diferentes (Wilcoxon: $T=1.30$, $n=37$, $p=0.19$). Por otro lado, las variables de frecuencia en hembras (media=1.36) presentaron valores de PIC significativamente más altos que las crías (media=1.06; $T=2.43$, $n=16$, $p=0.007$).

Con respecto a los valores de PIC en las parejas madre-cría, no se observó una correlación significativa (correlación de Spearman con estimación Monte Carlo de la probabilidad: $r_s=0.04$, $n=20$, $p=0.84$; Figura 45).

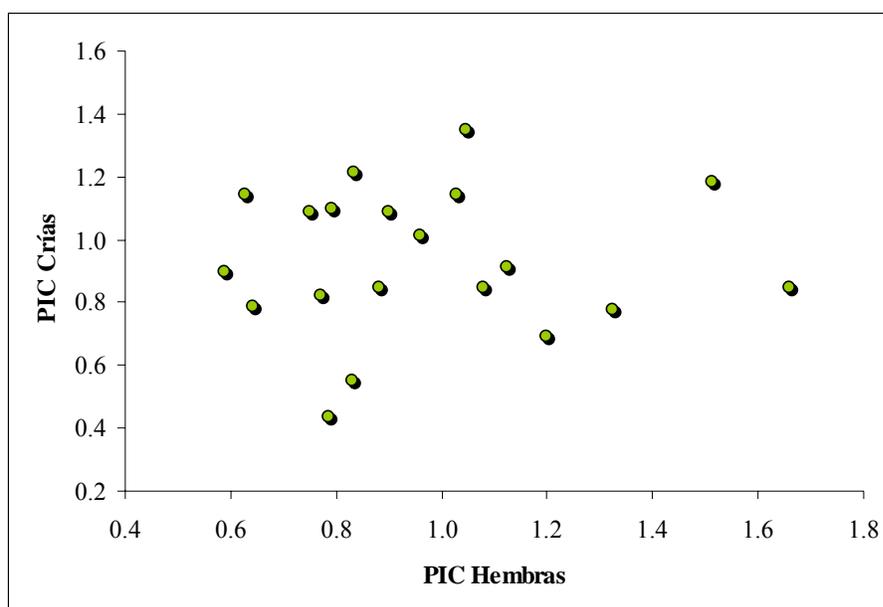


Figura 45. Relación de los valores de PIC entre las parejas madre-cría. La gran dispersión de los puntos indica que no hay correlación entre sus valores.

VII.4.3 Repetibilidad vs PIC

Para las hembras, los valores de repetibilidad y de PIC mostraron una alta correlación positiva (correlación de Spearman: $r_s=0.6265$, $n=37$, $p=0.0001$), pero con límites de confianza amplios (IC 95%=0.2997-0.9533, Figura 46). Esto se debió a la presencia de tres valores extremos, dos de ellos en variables de tiempo (diferencia entre el tiempo de máxima amplitud y máxima potencia en sus dos parámetros, para los caules se calcularon valores altos de PIC y bajos de R) y una variable de estructura (modulación en amplitud, que también presentó valores altos en PIC y bajos en R). Al no incluir estos tres valores en el análisis, la correlación mejoró ($r_s=0.9235$, $n=34$, $p=0.001$) y el límite de confianza se hizo más estrecho (IC 95%=0.8576-0.9894).

Para las variables de frecuencia (que fueron los que presentaron los valores altos para ambos casos) la correlación fue más alta ($r_s=0.8971$, $n=16$, $p=0.0001$) que la correlación general, con límites de confianza estrechos (IC 95%=0.7888-1.000). Esto podría indicar que las variables de frecuencia tienen características acústicas que presentan individualidad en las hembras.

En las crías, los valores de R y PIC (Fig. 47) mostraron una alta correlación positiva y mayor al de las hembras ($r_s=0.8161$, $n=36$, $p=0.0001$) y límites de confianza estrechos (IC 95%=0.7191-0.9132). Sin embargo, contrario a lo observado en las hembras, la correlación para variables de frecuencia en las crías no fue tan alta ($r_s=0.8088$, $n=16$, $p=0.0001$) y los límites de confianza fueron amplios (IC 95%=0.6646-0.9539).

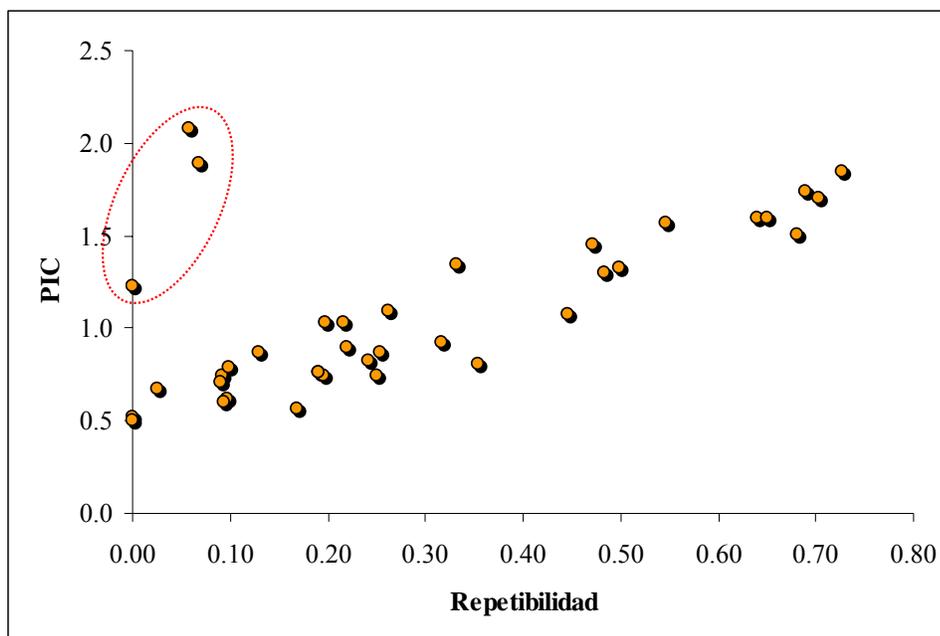


Figura 46. Comparación de los valores de repetibilidad y PIC para las hembras a nivel individuo. La tendencia indica que los valores tienen una alta correlación entre ellos ($r_s=0.6265$). El círculo rojo indica tres valores extremos.

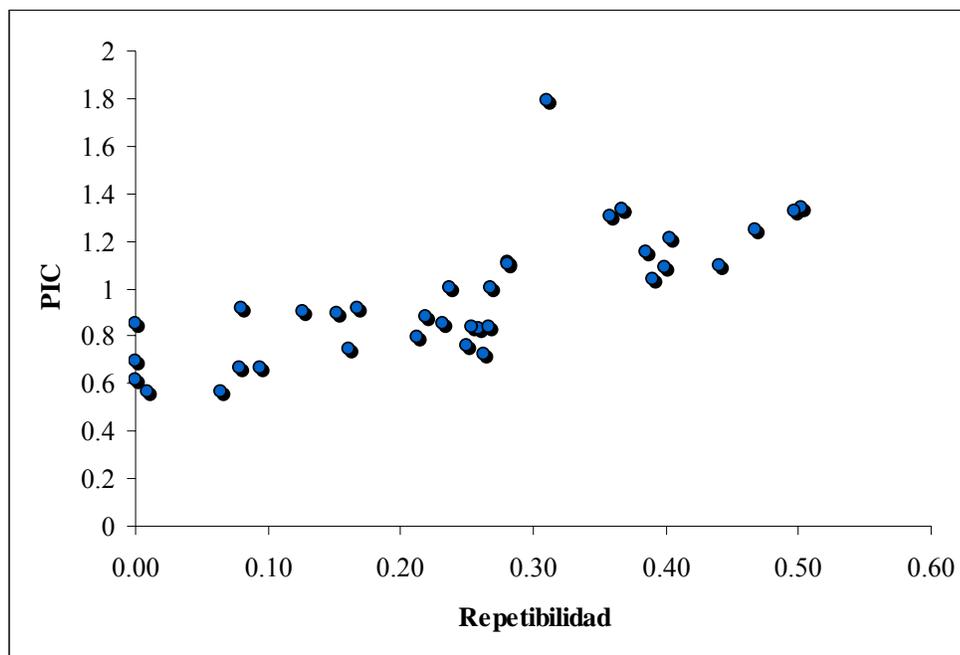


Figura 47. Comparación de los valores de repetibilidad y PIC para las crías en nivel individuo. La tendencia indica que los valores tienen una alta correlación entre ellos ($r_s=0.8161$).

VIII. Discusión

Los pinnípedos son especies que durante su temporada reproductiva forman grupos grandes en tierra. Este comportamiento social puede traer consigo algunas ventajas pero también desventajas. Por ejemplo, se ha visto que en algunos casos las colonias reproductivas benefician el cuidado de la cría a través de la protección comunal, pero al mismo tiempo incrementan la dificultad de encuentro entre madres y crías (Aubin y Jouventin, 2002).

La formación de colonias densas trae consigo distintos problemas dentro de la comunicación entre madre y cría. Uno de ellos es el ruido de fondo ocasionado por los mismo individuos que forman las colonias o el ruido ambiental (viento, marea), lo cual podría ser un obstáculo para que la comunicación acústica entre las madres y sus crías se dé con éxito. Aubin y Jouventin (2002) analizaron este problema dentro de una colonia de pingüinos; ellos encontraron que estas aves marinas son capaces de reconocer a sus polluelos o a sus parejas. Una de las estrategias que se ha observado para poder resolver el problema del ruido de fondo ocasionado por el viento o la marea, es la producción de vocalizaciones ruidosas, repetidas (pulsantes) y de manera direccional por los adultos (Bartholomew y Collias, 1962; Aubin y Jouventin, 2002). Sin embargo, el ruido ocasionado por los individuos de la colonia presentan las mismas características acústicas, lo cual dificulta la extracción de información necesaria para el reconocimiento entre las parejas madre-cría (Aubin y Jouventin, 2002). Para resolver este problema, se ha observado que los llamados emitidos entre las parejas madre-cría presentan características acústicas particulares que les permiten extraer la información necesaria para reconocerse, independientemente del ruido de fondo ocasionado por los otros individuos de la colonia. Además, usan otras estrategias durante el proceso de reconocimiento como señales visuales, olfatorias o espaciales (Fernández-Juricic, 1999; Aubin y Jouventin, 2002; Charrier *et al.*, 2003; Phillips, 2003).

VIII.1 Estructura acústica

Bartholomew y Collias (1962) analizaron el papel de las vocalizaciones en el comportamiento social de la FEN. Evaluaron la comunicación y estructura de las

vocalizaciones y observaron dos tipos de vocalizaciones principales: agresivas y de atracción. Tanto los machos como las hembras producen el tipo de vocalización agresiva. En de los machos, está asociada con la dominancia dentro del harén y al establecimiento de jerarquías. En las hembras, están relacionadas con interacciones agresivas entre hembras por el lugar ocupado en el harén o como protección de su cría en contra de agresión por una hembra o macho. Los llamados de atracción son producidos por las hembras y crías con el propósito de mantenerse juntas durante el periodo de lactancia. Estos llamados son usados también cuando son separadas e intentan reunirse. Las crías también emiten estos llamados cuando quieren alimentarse, o son atacadas por una hembra o un macho.

En la presente investigación, los llamados de atracción de las hembras de FEN en la isla SBO presentaron una estructura mayormente tonal (79% del total de llamados), lo cual es consistente con otros estudios sobre la misma especie (Bartholomew y Collias, 1962; Insley, 1992) y para otras especies de pinnípedos (Fernández-Juricic *et al.*, 1999; Phillips y Stirling, 2000; Charrier *et al.*, 2003a; Charrier y Harcourt, 2006; Tripovich *et al.*, 2008). Sin embargo, dentro de esta estructura se presentó una combinación de estructuras que predominó (50%), en la cual se podían apreciar junto con las armónicas, los formantes y el batimiento. La gran mayoría de los llamados presentó modulación en amplitud y in nivel bajo de modulación en frecuencia, la cual se observa en la forma lineal del espectrograma que mostraron la mayoría de los llamados de las hembras.

Por otro lado, las crías presentaron una estructura en su mayoría pulsante (48% del total de llamados, Figura 48). Al igual que las hembras, se presentaron combinaciones de estructuras, pero en este caso la combinación más común fue donde se podían apreciar la estructura pulsante, los formantes y el batimiento al mismo tiempo (79%). Sin embargo, también hubo crías que presentaron una estructura tonal (41%, Figura 48) en sus llamados. Esto difiere un poco con lo reportado para la misma especie, ya que la estructura de los llamados de la crías se había caracterizado como principalmente tonal (Bartholomew y Collias, 1962; Insley, 1992). Por ejemplo, Bartholomew y Collias (1962) encontraron dos tipos (I y II, Figura 49) de llamados representativos de las crías, en los cuales se pueden observar claramente las armónicas (estructura tonal). Sin embargo, en el tipo I sólo parte del llamado presenta una estructura pulsante hacia el final, mientras que en el tipo II esta

estructura no está presente. A pesar de que en este estudio se encontró que la mayoría de los llamados de las crías fueron pulsantes y que un porcentaje importante fueron tonales, como los que encontraron los autores, también se encontraron algunos llamados que se asemejan al tipo I reportado por Bartholomew y Collias (1962) (Figura 48). Además, en los llamados de las crías, siempre se presentó modulación en amplitud y, como en las hembras, la modulación en frecuencia fue muy baja como consecuencia de la forma lineal de los espectrogramas.. En el estudio realizado por Batholomew y Collias (1962), la presencia de modulación en frecuencia en el caso de las crías era es alta y los espectrograma tenían otra forma (Fig. 49), Las pequeñas diferencias observadas entre este estudio y el de Bartholomew y Collias (1962) puede deberse a que no especifican cuantas crías presentan los tipos de llamados representativos que reportan, mientras que en este estudio sí se cuantificaron la crías que presentaron las distintas características en los llamados.

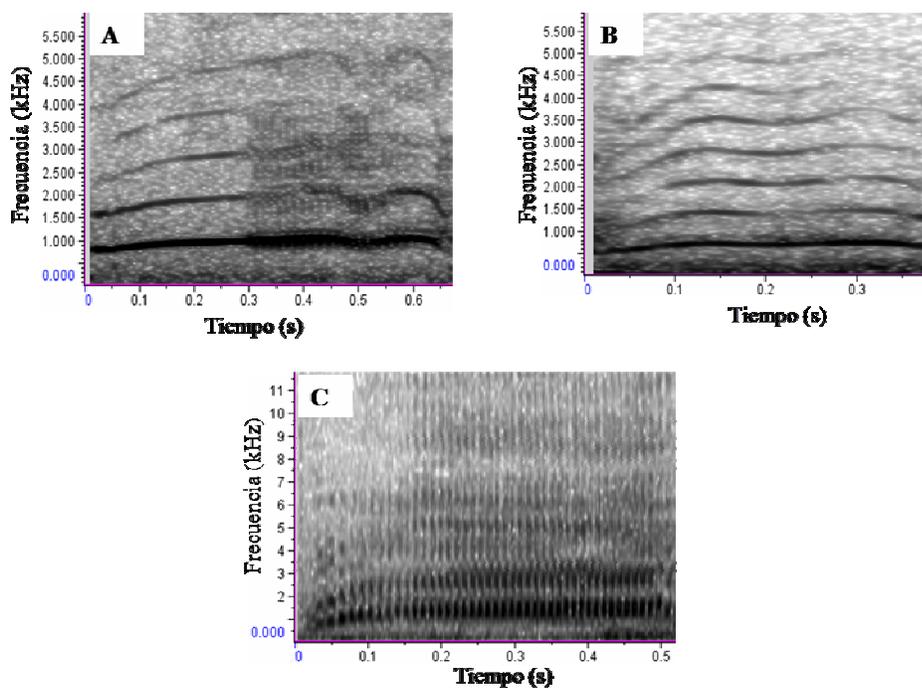


Figura 48. Representacion espectrografica de llamados de crías de FEN para este estudio. A: llamado semejante al tipo I de Bartholomew y Collias (1962); B: llamado tonal; C: llamado pulsante característico encontrado en este estudio (49%).

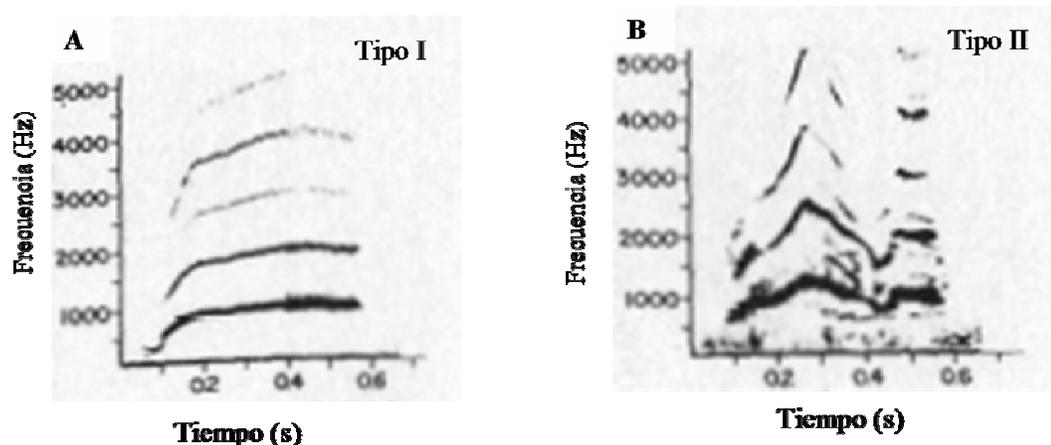


Figura 49. Representación espectrográfica de llamados de crías de FEN. A y B: tipos de llamados característicos encontrados por Bartholomew y Collias (1962).

En la Tabla XXIII se presenta la comparación de algunas variables medidas en este trabajo que se encontraron en otros estudios para FEN y así como para otras especies de pinnípedos. En general, los llamados de las hembras fueron largos ($1.4 \pm 0.6s$) y presentaron un rango de 1-17 partes por llamado, mientras que las crías presentaron llamados más cortos ($0.7 \pm 0.4s$) con un rango menor en el número de partes (1-7). Bartholomew y Collias (1962) reportan llamados cortos para las crías (0.3-0.5s) de FEN, sin embargo, en ese estudio la duración de un llamado fue un poco mayor en las crías (Tabla XXIII). Sin embargo, los datos obtenidos para las hembras en este estudio con respecto a la duración del llamado son consistentes con lo reportado para otras especies de pinnípedos, los cuales reportan que las hembras presentan llamados más largos que las crías (*Neophoca cinerea* Charrier y Harcourt, 2006; *Arctocephalus tropicalis* Charrier *et al.*, 2003a; *Otaria flavescens* Fernández-Juricic *et al.*, 1999; *Arctocephalus pusillus doriferus* Tripovich *et al.*, 2006, 2008; *Arctocephalus australis* Phillips y Stirling, 2000).

Los diferentes parámetros (banda ancha y banda estricta) usados en este estudio para la medición de las variables acústicas actúan sobre el dominio de frecuencia, por lo el efecto que sobre las variables de tiempo fue mínimo.

Tabla XXIII. Resumen de variables acústicas medidas en algunas especies de pinnípedos, incluyendo el presente estudio. SPG = espectrograma; Frec Min=frecuencia mínima de la primera armónica; Frec Max=frecuencia máxima de la primera armónica.

Especie	Nombre común	Variable estructura		Variable tiempo Duración llamado (s)	Variable frecuencia		Fuente
		Estructura SPG	partes		(Hz)	(Hz)	
HEMBRAS							
<i>Mirounga angustirostris</i>	Foca elefante del norte	tonal (85%)	1-10	1.4±0.6	339±80	542±113	Este estudio
<i>Mirounga angustirostris</i>	Foca elefante del norte	tonal	---	>1	500	1000	Bartholomew y Collias, 1962
<i>Mirounga angustirostris</i>	Foca elefante del norte	tonal, pulsante	---	---	---	---	Insley, 1992
<i>Callorhinus ursinus</i>	Lobo fino del norte	pulsante, tonal	---	---	---	---	Insley, 1992
<i>Arctocephalus australis</i>	Lobo fino sudamericano	tonal+pulsante (49%), tonal (18%)	1-7	1.06±0.02	---	---	Phillips y Stirling, 2000
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Lobo fino subantártico	tonal	---	1.4±0.4	---	---	Charrier <i>et al.</i> , 2003a
<i>Arctocephalus pusillus</i>	Lobo fino australiano	tonal	---	1.03±0.3	179±44	291±44	Tripovich <i>et al.</i> , 2006
<i>Arctocephalus pusillus</i>	Lobo fino australiano	tonal	---	1.03±0.3	179±44	---	Tripovich <i>et al.</i> , 2008
<i>Otaria byronia</i>	Lobo marino sudamericano	tonal, tonal+pulsante, formantes	---	1.4±0.4	---	---	Fernández-Juricic, 1999
<i>Neophoca cinerea</i>	Lobo marino australiano	tonal	---	1.05±0.4	---	---	Charrier y Harcourt, 2006
CRIAS							
<i>Mirounga angustirostris</i>	Foca elefante del norte	pulsante (48%), tonal (41%)	1-4	0.7±0.4	675±169	945±190	Este estudio
<i>Mirounga angustirostris</i>	Foca elefante del norte	tonal+pulsante	---	0.3-0.5	1000	2000	Bartholomew y Collias, 1962
<i>Mirounga angustirostris</i>	Foca elefante del norte	tonal, pulsante	---	0.4-0.5	700	1400	Bartholomew y Collias, 1962
<i>Mirounga angustirostris</i>	Foca elefante del norte	tonal, pulsante	---	---	---	---	Insley, 1992
<i>Halichoerus grypus</i>	Foca gris	tonal	---	0.99±0.4	252±49	410±98	McCulloch <i>et al.</i> , 1999
<i>Leptomychotes weddellii</i>	Foca de Weddell	tonal	---	0.61±0.4	217±49	366±50	Collins <i>et al.</i> , 2006
<i>Callorhinus ursinus</i>	Lobo fino del norte	pulsante, formante	---	---	---	---	Insley, 1992
<i>Arctocephalus australis</i>	Lobo fino sudamericano	pulsante (35%), tonal+pulsante (28%)	1-15	0.6±0.03	---	---	Phillips y Stirling, 2000
<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Lobo fino subantártico	tonal	---	0.82±0.2	---	---	Charrier <i>et al.</i> , 2002
<i>Arctocephalus pusillus</i>	Lobo fino australiano	pulsante, tonal, pulsante+tonal	4.4±2.6	0.6±0.3	---	---	Tripovich <i>et al.</i> , 2008
<i>Otaria byronia</i>	Lobo marino sudamericano	tonal, pulsante, formantes	---	0.87±0.3	---	---	Fernández-Juricic, 1999
<i>Neophoca cinerea</i>	Lobo marino australiano	tonal	---	0.81±0.3	---	---	Charrier y Harcourt, 2006

Se esperaría que haya una mayor diferencia entre las variables de frecuencia al evaluar usando banda ancha y banda estricta, aunque no se observó este efecto para todas las variables de frecuencia. Sólo las variables cuartil 1, cuartil 3 y rango intercuartil en las hembras presentaron diferencias. Esto se puede deber a que los espectrogramas de banda estricta tienen mejor resolución en la frecuencia, lo cual refleja mejor cómo está distribuida la energía dentro del llamado, mientras que con el de banda ancha sólo se aprecian zonas amplias de frecuencias con mayor energía, lo cual podría estar sobreestimando la distribución de la energía dentro del llamado. Insley (1992) usó los parámetros de banda ancha para el cálculo de las variables de tiempo y los de banda estricta para las variables de frecuencia. Se puede proponer que usar los parámetros de banda estricta es mejor para las variables de frecuencia, ya que facilita un mejor análisis los componentes del llamado y las armónicas, mientras que los parámetros de banda ancha tienen menor precisión en la frecuencia.

En este estudio se midieron algunas variables que no se habían medido previamente para la FEN, lo cual podría servir para conocer otros parámetros acústicos de las vocalizaciones de esta especie que puedan ser potenciales marcadores de la individualidad de sus llamados y que estén apoyando al reconocimiento entre la madre y la cría de FEN en la isla SBO.

En las variables temporales el tiempo de máxima amplitud y de máxima potencia ocurren casi al mismo tiempo, ya que la diferencia entre ellos fue mínima tanto para hembras como para crías. En las hembras estos tiempos ocurren alrededor del 48-50% del llamado, mientras que en las crías alrededor del 35-37%. En cuanto a la proporción de la duración de la señal de acuerdo a sus componentes se encontró que tanto los llamados de las hembras como de las crías más del 80% del llamado es ocupado por la señal. Esto puede deberse a que gran número de los llamados están compuestos por una sola parte (lo cual implica que todo el llamado está ocupado por señal) o a que los intervalos entre cada parte son muy cortos.

En este estudio, la frecuencia de máxima potencia (que es la mayor cantidad de energía por unidad de tiempo) en los llamados de las hembras se encontró alrededor de los 470 Hz, mientras que en las crías estuvo alrededor de los 950 Hz. Por otro lado, la

frecuencia dominante (frecuencia que contiene la mayor cantidad de energía en toda la señal) para ambas, hembras y crías, se encontró por arriba de la frecuencia de máxima potencia. En las hembras fue de casi 100 Hz arriba de la frecuencia de máxima potencia, mientras que en las crías la diferencia fue sólo de alrededor de 20 Hz. La frecuencia mínima de la armónica más baja en las hembras se encontró alrededor de los 339 Hz y en las crías se encontró a los 675 Hz, mientras que la frecuencia máxima en las hembras estuvo presente a los 542 Hz y en las crías a los 945 Hz. A diferencia de lo que encontraron Bartholomew y Collias (1962) donde encontraron que la frecuencia mínima de la armónica más baja en las hembras se encontró a los 500 Hz y en las crías a los 1000 Hz, y la frecuencia máxima de la armónica más baja en las hembras se encontró a los 1000 Hz y en las crías a los 2000 Hz. (Tabla XVIII).

Los resultados de este estudio indican que las hembras vocalizan a frecuencias más bajas que las crías. Esto puede deberse a que el tamaño del individuo está relacionado con la producción de sonido, organismos con tamaños más grandes emiten sonidos de baja frecuencia y viceversa. Por lo tanto, se espera que las madres, que cuentan con un tracto y cuerdas vocales más grandes y desarrolladas emitan sonidos de frecuencias bajas (Bartholomew y Collias, 1962; Fernández-Juricic, 1999; Sanvito, 2006).

VIII.2 Variabilidad e Individualidad: Potencial del reconocimiento madre-cría

Insley *et al.* (2003) definen el reconocimiento individual como “la habilidad para diferenciar un individuo de otro en un grupo”. En los pinnípedos, la evidencia más clara de reconocimiento es el que se da entre madre y cría. Debido a que la mayoría de las especies de pinnípedos forman grandes colonias, es importante que puedan reconocerse entre ellas dentro de los densos grupos. En estudios realizados en la FEN de la Isla Año Nuevo en California (Petrinovich, 1974; Insley, 1992), se ha observado que las hembras y crías pueden reconocerse entre ellas a través de señales acústicas mediante características estructurales de sus llamados. Sin embargo, en la población de las Islas SB, se han observado que las separaciones de las parejas madre-cría se caracterizan por pocos reencuentros, abandonos de las crías e incluso adopciones (Salogni, 2009), lo cual indica que el mecanismo de reconocimiento podría no ser tan eficiente en esta colonia.

Para transmitir información acerca de identificación individual, el llamado debe presentar características acústicas específicas que muestren una alta variabilidad entre individuos y variación limitada dentro de cada individuo. En otras palabras, se espera que la estructura de la señal emitida por un individuo permanezca constante en comparación con otros individuos. Tanto en hembras como en crías, en le FEN de ISB, las variables de tiempo presentaron una variabilidad mayor que las de frecuencia, lo cual podría estar reflejando una estereotipia en los parámetros de frecuencia dentro de los individuos.

Se usaron dos metodologías diferentes calcular índices de la individualidad en los llamados: Repetibilidad y Potencial de la Codificación Individual (PIC). La repetibilidad es un concepto derivado de la teoría genética cuantitativa, y involucra un método estadístico que permite describir el grado de variación dentro de los individuos que contribuye a la variación total en una población (Lesses y Boag, 1987; Boake, 1989), a través de repetidas mediciones de un parámetro del mismo individuo seguido de un análisis de varianza. Su aplicación común ha sido la de establecer un límite máximo de heredabilidad dentro de los estudios genéticos, pero también puede ser útil para el estudio de la estereotipia del comportamiento dentro de los estudios etológicos (Boake, 1989). Por otro lado, el PIC es un índice de la individualidad obtenido mediante la proporción que hay entre la variación del parámetro entre los individuos y la variación del parámetro dentro de los individuos, a través del cálculo de los coeficientes de variación de los parámetros. Entre más grande sea la primera (entre individuos) mejor será la representación de la individualidad de dicho parámetro (Charrier *et al.*, 2003).

El cálculo de la Repetibilidad como un índice de individualidad en pinnípedos se ha usado para machos de foca elefante del sur *Mirounga leonina* (Sanvito y Galimberti, 2000), mientras que el cálculo del PIC se ha usado más ampliamente dentro del tema de la individualidad de los llamados en varias especies de pinnípedos (Charrier *et al.*, 2003a; Charrier y Harcourt, 2006; Collins *et al.*, 2006; Tripovich *et al.*, 2006).

Los parámetros de frecuencia son las que presentaron una individualidad mayor que los parámetros de tiempo y estructura, tanto en hembras como en crías, de acuerdo a los índices de individualidad calculados. Presentando valores de Repetibilidad mayores a 0.60 lo cual indica que la mayor parte de la variabilidad se encuentra entre los individuos y

valores de Potencial de la Codificación Individual (PIC) mayores a 1 lo cual dice que hay mayor variabilidad entre individuos que dentro de los individuos de acuerdo a sus coeficientes de variación. Ambos índices presentaron una correlación positiva a pesar de que matemáticamente son diferentes

Para la FEN en Isla SBO, los valores de repetibilidad que se obtuvieron fueron más bajos en comparación con lo encontrado en los machos de foca elefante del sur por Sanvito y Galimberti (2000), quienes reportan que los machos presentan valores altos en la repetibilidad y una variabilidad intra-individual baja. Sin embargo, la comparación puede considerarse dudosa, ya que las estructuras de sus vocalizaciones e incluso el fin con el que las usan difieren totalmente con las de las hembras y crías (Barthollomew y Collias, 1962).

A pesar de que se encontró que las variables de frecuencia son las que están aportando la mayor individualidad al llamado, los valores fueron bajos a lo reportado para la misma especie previamente. Insley (1992) encontró que la FEN en la isla Año Nuevo en California presentaba una estructura acústica suficientemente estereotipada ya que encontró que los llamados de las hembras y crías presentaban una alta variabilidad entre los individuos, la cual permite un reconocimiento entre madre y cría, aunque cabe mencionar que la estadística realizada por el autor fue diferente a la que se usó en la presente investigación. Por otro lado, en este estudio no se encontró evidencia consistente de una clara individualidad en los parámetros acústicos de los llamados de las hembras y crías. Además de que las crías presentaron valores bajos de los índices de individualidad en comparación con las hembras, lo que dice que los llamados de las crías son más variables. Para otras especies de pinnípedos, específicamente en los otáridos, se ha visto que esta individualidad está bien establecida y sirve en el reconocimiento de las parejas madre-cría (Insley, 1992; Fernández-Juricic *et al.*, 1999; Phillips y Stirling, 2000; Charrier *et al.*, 2003a, 2003b, Charrier y Harcourt, 2006; Tripovich *et al.*, 2006). Sin embargo, podría haber cierta diferencia, ya que se puede pensar que este grupo de pinnípedos, por presión selectiva, presentaran una estructura en sus llamados que les permita reconocerse entre madre y cría, esto debido a la estrategia de amamantamiento que presentan. En los otáridos las hembras realizan viajes de alimentación, y dejan a sus crías en las colonias por días e incluso semanas. Cuando las hembras regresan, deben ser capaces de identificar a sus crías

para reunirse con ellas nuevamente. En contraste, en la mayoría de los fócidos, como en el caso de la FEN, las hembras presentan la estrategia de ayuno, lo cual implica que la hembra permanece siempre junto a su cría. A pesar de esto, se ha comprobado que en algunas especies de focas, las parejas madre y cría son capaces de reconocerse y que presentan individualidad en sus llamados, aunque en menor grado que en otáridos (Insley, 1992; McCulloch *et al.*, 1999 Collins *et al.*, 2006).

Los datos que se obtuvieron en este trabajo no fueron lo que se esperaba de acuerdo con lo que otros han encontrado para la misma especie y para otras especies, pueden estar reflejando el comportamiento que se ha documentado para madres y crías en la Isla SBO. De acuerdo con observaciones realizadas en campo, se ha visto que el comportamiento de la FEN es distinto en comparación con lo observado en la foca elefante del sur (FES) en las Islas Malvinas (Dr. Filippo Galimberti y Dra. Simona Sanvito, com. pers.). Las parejas madre-cría en FES permanecen la mayor parte de la temporada reproductiva juntas, las separaciones son menos frecuentes y por ende la mortalidad de las crías es menor (Dr. Filippo Galimberti, com. pers.). Fabiani *et al.* (2006) demostraron mediante un análisis genético que la mayoría de las parejas madre-cría de la FES permanecen siempre juntas durante la temporada reproductiva. Esto no ocurre en FEN en el caso de la Isla SBO, en la cual las parejas madre-cría se separan con frecuencia debido a las interacciones con otros elefantes dentro del harén (hembras, machos, destetados), lo cual resulta en un número mayor de muertes de las crías.

Le Boeuf *et al.* (1972) encontraron que la causa principal de las muertes de las crías en FEN de la isla Año Nuevo, California, estaba relacionada a las interacciones entre individuos dentro del harén. Particularmente, atribuyeron la mortalidad de crías a la separación madre-cría, las agresiones de las hembras hacia crías ajenas y los movimientos de los machos dentro del harén. Observaron que las crías que nacían al principio o al final de la temporada tenían menos riesgo de ser separadas de su madre que aquéllas que nacían en el pico de la temporada reproductiva. La desorganización en la formación de jerarquías de los machos dentro del harén también suele ser un riesgo para la separación de las parejas madre-cría, ya que se presentan muchos enfrentamientos entre los machos por el acceso a las hembras, por lo cual se desplazan dentro del harén provocando separaciones o

atropellan a las crías, lo que puede llevarlas a la muerte. Por otro lado, Salogni (2009) encontró que la principal causa de mortalidad en las isla SBO fue por el síndrome de lesiones e inanición, el cual comprende una serie de eventos ligados que inician con la separación de la cría de su madre, seguido de la falta de alimento y un incremento en el riesgo de lesiones por otras hembras o machos adultos. Esto puede estar indicando que el sistema de reconocimiento madre-cría no es tan eficiente en esta población y no logran reunirse después de la separación.

Se ha observado que en algunas especies de pinnípedos las hembras adoptan a crías ajenas o al menos las alimentan oportunamente (Le Boeuf *et al.*, 1972; Riedman y Le Boeuf, 1982; Riedman, 1990). Le Boeuf *et al.* (1972) estudiaron el comportamiento de las parejas madre-cría de la FEN durante el periodo de lactancia y cuidado de la cría, y observaron que aquellas hembras que han perdido a su cría adoptan otra y la amamantan hasta el destete. Por otro lado, observaron que una hembra podría amamantar a más de una cría, sin embargo, es menos eficiente que si amamanta a una sola. Este comportamiento de adopción o amamantamiento oportunista también se observó en la FEN durante la temporada en la que se realizó este estudio en la Isla SBO.

Las hembras normalmente permanecen con sus crías hasta el destete, después copulan y dejan la playa para alimentarse, y regresan a tierra nuevamente para realizar la muda. Sin embargo, Le Boeuf *et al.* (1972) observaron a cinco hembras que fueron separadas de sus crías y permanecieron en el harem durante toda la temporada. No se les observó amamantar a ninguna cría, ni se les observó copular durante la semana antes de que partiera al mar. Sin embargo, no hay que olvidar que estos son casos muy particulares de un número reducido de individuos, por lo que se puede pensar que no suceden con frecuencia. Aun así, son comportamientos perjudiciales tanto para las hembras como para las crías; en las hembras porque si no copulan estas no tendrían una cría en dos años consecutivos, mientras que la cría pierde su fuente de alimento y queda expuesta a peligros dentro del harem.

IX. Conclusiones

El proceso de reconocimiento entre madre y cría juega un papel importante en el comportamiento social de la FEN ya que permite que las madres y crías permanezcan juntas durante el periodo de amamantamiento, lo cual es vital para la supervivencia de la cría. Para que este proceso de reconocimiento se lleve a cabo mediante el uso de llamados producidos por las parejas madre-cría, deben presentar un grado de individualidad que les permita reconocerse.

Los llamados de atracción producidos por las madres y crías de FEN en la Isla SBO mostraron un grado de individualidad en los parámetros acústicos (estructura, tiempo y frecuencia) de sus llamados. Sin embargo, los llamados de las crías fueron más variables de acuerdo a los valores bajos encontrados de los índices de individualidad (Repetibilidad y PIC). Los parámetros de frecuencia fueron los que presentaron una individualidad mayor a diferencia de los parámetros de tiempo y estructura, tanto en hembras como en crías ,

Los resultados de este trabajo muestran que hay individualidad en los llamados de madres y crías de FEN en SBO, pero parece no ser tan fuerte en contraste con lo reportado previamente para esta especie. Sin embargo, hay que considerar que se midió un número pequeño de llamados por individuo y de parámetros acústicos.

Por otro lado, los resultados podrían estar apoyando el comportamiento observado de la FEN en la Isla SBO. Se ha reportado que esta población de FEN presenta una alta tasa de mortalidad relacionada con las separaciones de las parejas madre-cría y los pocos reencuentros entre ellas. Aunque, no hay que olvidar que el proceso de reconocimiento involucra otras señales (olfativas y visuales) que no fueron evaluadas ni medidas en este estudio y que incluso poco se sabe de su funcionamiento dentro del proceso de reconocimiento.

Literatura citada

- Abadia-Cardoso, A. 2006. Variabilidad genética del elefante marino del Norte, *Mirounga angustirostris*, en Isla Guadalupe, Islas San Benito e Isla de Cedros, Mexico. CICESE. 60 pp.
- Adams, D. C. y C. D. Anthony. 1996. Using randomizations techniques to analyze behavioral data. *Animal Behavior* 51:733-738
- Aubin, T. y P. Jouventin. 2002. How to vocally identify kin in a crowd: the penguin model. *Advances in the study of behavior* 31:243-277
- Aubin, T.; P. Jouventin y C. Ildebrand. 2000. Penguins use the two-voice system to recognize each other. *Proceedings Royal Society London B* 267:1081-1087
- Bartholomew, G. A. y N. E. Collias. 1962. The role of vocalization in the social behavior of the northern elephant seal. *Animal Behaviour* 10:7-14
- Bee, M. A. 2006. Individual recognition in animal species. En: M. Naguid (ed) *The Encyclopedia of Language and Linguistics*. Elsevier Science, London, 617-626 p.
- Bielsky, I. F. y L. J. Young. 2004. Oxytocin, vasopressin, and social recognition in mammals *Peptides* 25:1565-1574
- Boake, C. R. B. 1989. Repeatability: its role in evolutionary studies of mating behavior. *Evolutionary Ecology* 3:173-182
- Bolhuis, J. J. y L. A. Giraldeau. 2005. *The behavior of animals: Mechanisms, function and evolution*. Blackwell Publishing, Oxford. 515 pp.
- Boness, D. J. y W. D. Bowen. 1996. The evolution of maternal care in pinnipeds. *Bioscience* 46:645-654
- Carretta, J. V.; K. A. Forney; M. Muto; M. Barlow; J. J. Baker; B. Hanson y M. S. Lowry. 2006. U. S. Pacific marine mammal stock assessments: 2006, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, US
- Clutton-Brock, T. H.; O. F. Price y S. D. Albon. 1991. Persistent instability and population regulation in Soay sheep. *Journal of Animal Ecology* 60:593-608
- Collins, K. T.; J. M. Terhune; T. L. Rogers; K. E. Weatley y R. G. Harcourt. 2006. Vocal individuality of in-air Weddell seal (*Leptonychotes weddellii*) pup "primary" calls. *Marine Mammal Science*:1-19

- Charif, R. A.; S. Mitchell y C. V. Clark. 1995. CANARY User's Manual, version 1.2. Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, New York. 323 pp.
- Charrier, I. y R. G. Harcourt. 2006. Individual vocal identity in mother and pup australian sea lions (*Neophoca cinerea*). *Journal of Mammalogy* 87:929-938
- Charrier, I.; N. Mathevon y P. Jouventin. 2002. How does a fur seal mother recognize the voice of her pup ? An experientnl study of *Arctocephalus tropicalis*. *The Journal of Experimental Biology* 205:603-612
- Charrier, I.; N. Mathevon y P. Jouventin. 2003. Vocal signature recongnition of mothers by fur seal pups. *Animal Behavior* 65:543-550
- Dale, J.; D. B. Lang y H. K. Reeve. 2001. Signaling individual identity versus quality: A model and case studies with ruffs, queleas, and house finches. *The American Naturalist* 158:75-86
- Dawkins, R. 1976. *The Selfish Gene*. Oxford University Press, Oxford. 352 pp.
- Dawkins, R. y J. R. Krebs. 1978. Animal signals: information or manipulation?. En: J.R. Krebs y N.B. Davies (eds). *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 282-309 p.
- Deecke, V. B.; J. K. B. Ford y P. J. B. Slater. 2005. The vocal behaviour of mammal-eating killer whales: communicating with costly calls. *Animal Behavior* 63:395-405
- Dobson, F. S. y P. Jouventin. 2000. How mother finds their pups in a colony of Antarctic fur seals. *Behavioural Processes* 1207:1-9
- Dugatkin, L. A. y R. L. Earley. 2004. Individual recognition, dominance hierarchies and winner and loser effects. *Procedures Royal Society London B* 271:1537-1540
- Fabiani, A.; F. Galimberti; S. Sanvito y A. R. Hoelzel. 2004. Extreme polygyny among southern elephant seals on Sea Lion Island, Falkland Islands. *Behavioral Ecology* 15:961-969
- Fedak, M. A.; T. Arnborn y I. L. Boyd. 1996. The relation between the size of southern elephant seal mothers, the growth of their pups, and the use of maternal energy, fat and protein during lactation. *Physiological Zoology* 69:887-911
- Fernández-Juricic, E.; C. Campagna; V. Enriquez y C. Leo-Ortiz. 1999. Vocal communication and individual variation in breeding South American sea lions. *Behaviour* 136:495-517

- Galimberti, F. Fabiani y S. Sanvito. 2002. Measures of breeding inequality: a case study in southern elephant seals. *Canadian Journal of Zoology* 80:1240-1249
- García-Aguilar, M. d. C. 2004. Demografía y ecología de la conducta del elefante marino del norte (*Mirounga angustirostris*) en las Islas San Benito, México. CICESE. 159 pp.
- Godard, R. 1991. Long-term memory of individual neighbors in a migratory songbird. *Nature* 350:228-229
- Hoelzel, A. R.; Le Boeuf, B.; J. J. Reiter y C. Campagna. 1999. Alpha-male paternity in elephant seals. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 46:298-306
- Hopp, S. L.; M. J. Owren y C. S. Evans. 1998. Animal acoustic communication. Springer-Verlag, New York. 421 pp.
- Insley, S. J. 1992. Mother-offspring separation and acoustic stereotypy: a comparison of call morphology in two species of pinnipeds. *Behaviour* 120:103-122
- Insley, S. J. 2000. Long-term vocal recognition in the northern fur seal. *Nature* 406:404-405
- Insley, S. J.; A. V. Phillips y I. Charrier. 2003. A review of social recognition in pinnipeds. *Aquatic Mammals* 29:181-201
- Jouventin, P. y F. S. Dobson. 2002. Why breed every other year? The case of albatrosses. *Proc Biol Sci* 269:1955-1961
- King, J. E. 1983. Seals of the world. Cornell University Press. Segunda edición. Ithaca. 240 pp.
- Le Boeuf, B. J. 1974. Male-male competition and reproductive success in elephant seals. *American Zoologist* 14:163-176
- Le Boeuf, B. J.; D. G. Ainley y T. J. Lewis. 1974. Elephant seals on the Farallones: Population dynamics of an incipient colony. *J Mammal* 55:370-385
- Le Boeuf, B. J. y K. T. Briggs. 1977. The cost of living in a seal harem. *Mammalia* 41:167-195
- Le Boeuf, B. J. y C. L. Ortiz. 1977. Composition of elephant seal milk. *J Mammal* 58:684-685
- Le Boeuf, B. J.; R. J. Whiting y R. F. Gantt. 1972. Perinatal behavior of northern elephant seal females and their young. *Behaviour* 43:121-156

- Lessells, C. M. y P. T. Boag. 1987. Unrepeatable repeatabilities: a common mistake. *Auk* 104:116-121
- Manly, B. F. J. 1997. *Randomization and Monte Carlo methods in biology*. Chapman and Hall, London. 399 pp.
- Martínez-Sierra-Peniche, T. E. 2008. Secuencias de comportamiento en foca elefante del sur (*Mirounga leonina*): estructura y función. CICESE. 86 pp.
- Mathevon, N.; I. Charrier y T. Aubin. 2004. A memory like a female Fur seal: long-lasting recognition of pup's voice by mothers. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 76:237-241
- McCulloch, S.; P. P. Pomeroy y P. J. B. Slater. 1999. Individually distinctive pup vocalizations fail to prevent allo-suckling in grey seals. *Canadian Journal of Zoology* 77:716-723
- McGregor, P. K. y T. M. Peaje. 2000. Communication networks: social environments for receiving and signalling behaviour. *Acta Ethologica* 2:71-81
- Miller, E. H. 1985. Airborne acoustic communication in the walrus *Odobenus rosmarus* National Geographic. National Geographic, National Geographic Magazine, p 124-145
- Noble, J. 1998. *The Evolution of Animal Communication Systems: Questions of Function Examined through Simulation*. University of Sussex. 195 pp.
- Ortiz, C. L.; B. J. Le Boeuf y D. P. Costa. 1984. Milk intake of elephant seal pups: an index of parental investment. *The American Naturalist* 124:416-422
- Petrinovich, L. 1974. Individual recognition of pup vocalization by northern elephant seal mothers. *Zeitung Tierpsychologie* 34:308-312
- Phillips, A. V. 2003. Behavioral cues used in reunions between mother and pup south american fur seals (*Arctocephalus australis*). *Journal of Mammalogy* 84:524-535
- Phillips, A. V. y I. Stirling. 2000. Vocal individuality in mother and pup South American fur seals, *Arctocephalus australis*. *Marine Mammal Science* 16:592-616
- Potvin, C. y D. A. Roff. 1993. Distribution-free a robust statistical methods: viable alternatives to parametrics statistics? *Ecology* 74:1617-1628

- Reiter, J.; N. L. Stinson y B. J. Le Boeuf. 1978. Northern elephant seal development: The transition from weaning to nutritional independence. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 3:337-367
- Riedman, M. 1990. *The Pinnipeds. Seals, Sea Lions, and Walruses*. University of California Press, London, England. 439 pp.
- Riedman, M. L. y B. J. Le Boeuf. 1982. Mother-pup separation and adoption in northern elephant seals. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 11:203-215
- Rossing, T. D. 2007. *Springer Handbook of Acoustics*. Springer New York. 1182 pp.
- Salogni, E. 2009. Mortalità pre-svezzamento nell'elefante marino del nord (*Mirounga angustirostris*) delle isole San Benito (Bassa California, Messico). Università degli studi di Milano. 219 pp.
- Sanvito, S. 2006. Acoustic communication in elephant seals: structural and functional correlates of male vocalizations (*Mirounga leonina*). Memorial University of Newfoundland. 271 pp.
- Sanvito, S. y F. Galimberti. 2000. Bioacoustics of southern elephant seals. II. Individual and geographical variation in male aggressive vocalisations. *Bioacoustics* 10:287-307
- Sanvito, S. y F. Galimberti. 2003. Source level of male vocalizations in the genus *Mirounga*: repeatability and correlates. *Bioacoustics* 14:45-57
- Sanvito, S.; F. Galimberti y E. H. Miller. 2007. Having a big nose: structure, ontogeny and function of the elephant seal proboscis. *Canadian Journal of Zoology* 85:207-220
- Sato, K.; Y. Mitani; M. F. Cameron; D. B. Siniff; Y. Watanabe y Y. Naito. 2002. Deep foraging dives in relation to the energy depletion of Weddell seal (*Leptonychotes weddellii*) mothers during lactation. *Polar Biology* 25:696-702
- Scammon .1874. *The Marine Mammals of the Northwestern Coast of North America*. J. H. Carmany and Co., San Francisco. 324 pp.
- Schulz, T. M. y W. Don Bowen. 2005. The evolution of lactation strategies in pinnipeds: a phylogenetic analysis. *Ecological Monographs* 75:159-177
- Schusterman, R. J. 2008. Vocal learning in mammals with special emphasis on pinnipeds. En: *The Evolution of Communicative Flexibility: Complexity, Creativity, and Adaptability in Human and Animal Communication*. MIT Press, Cambridge, 41-70 p.

- Schusterman, R. J.; D. Kastak; D. H. Levenson; C. J. Reichmuth y B. L. Southall. 2000. Why pinnipeds don't echolocate. *Journal of the Acoustical Society of America* 107:2256-2264
- Schusterman, R. J. y S. M. Van Parijs. 2003. Pinniped vocal communication: an introduction. *Aquatic Mammals* 29:177-180
- Searby, A. y P. Jouventin. 2003. Mother-lamb acoustic recognition in sheep: a frequency coding. *Proceedures Royal Society London B* 270:1765-1771
- Sebe, F.; T. Aubin; A. Boué y P. Poindron. 2008. Mother-young vocal communication and acoustic recognition promote preferential nursing in sheep. *The Journal of Experimental Biology* 211:3554-3562
- Sherman, P. W.; H. K. Reeve y D. W. Pfennig. 1997. Recognition systems. En: J. R. Krebs y N. B. Davies (eds). *Behavioural Ecology and Evolutionary Approach*. Blackwell, Cambridge, MA, 69-96 p.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf .1996. *Biometry the principles and practice of statistics in biological research*. Freeman, NY, USA. 850 pp.
- Southall, B. L.; R. J. Schusterman y D. Kastak. 2003. Acoustic communication ranges for northern elephant seals (*Mirounga angustirostris*). *Aquatic Mammals* 29:202-213
- Stewart, B. S. y R. L. DeLong. 1995. Double Migrations of the Northern Elephant Seal, *Mirounga angustirostris*. *Journal of Mammalogy* 76:196-205
- Stewart, B. S. y H. R. Huber. 1993. *Mirounga angustirostris*. *Mammalian Species* 449:1-10
- Terry, A. M. R.; T. M. Peake y P. K. McGregor 2005 The role of vocal individuality in conservation. *Frontiers in zoology* 2:1-16
- Tibbetts, E. A. y J. Dale. 2007. Individual recognition: it is good to be different. *Trends in Ecology and Evolution* 22:529-537
- Trillmich, F. 1981. Mutual mother recognition in Galápagos fur seals and sea lions: cues used and functional significance. *Behaviour* 78:21-42
- Tripovich, J. S.; R. Canfield; T. L. Rogers y J. P. Y. Arnould. 2008. Characterization of australian fur seal vocalizations during the breeding season. *Marine Mammal Science* 24:913-928
- Tripovich, J. S.; T. L. Rogers; R. Canfield y J. P. Y. Arnould. 2006. Individual variation in the pup attraction call produced by female australian fur seals during early lactation. *Journal of Acoustical Society of America* 120:502-509

- Tyack, P. L. y E. H. Miller. 2002. Vocal Anatomy, Acoustic Communication and Echolocation. En: R. Hoelzel (ed) *Marine Mammal Biology: An Evolutionary Approach*. Blackwell Science Ltd, Oxford, p 142-184
- Van Opzeeland, I. C. y S. Van Parijs. 2004. Individuality in harp seal *Phoca groenlandica*, pup vocalizations. *Animal Behavior* 68:1115-1123
- Wiley, R. H. 1983. The evolution of communication: information and manipulation. *Animal Behaviour* 2:156-189
- Wolf, S.; C. Phillips; J. A. Zepeda-Dominguez; Y. Albores-Barajas y P. Martin. 2005. Breeding biology of Xantu's Murrelet at the San Benitos Islands, Baja California, Mexico. *Marine Ornithology* 33:123-129

ANEXO I

Tabla 1. Porcentajes de presencia para las variables de estructura a nivel partes para hembras y crías.

Variable	Hembras (n=276)	Crías (n=115)
Estructura del espectrograma		
Tonal	63%	31%
Puls	11%	61%
Otro	26%	8%
Modulación en la señal		
Mod_F	21%	12%
Mod_Am_G	98%	100%
Mod_Am_F	87%	96%
Forma del espectrograma		
Convexo	1%	---
Diagonal	2%	---
Escalonada	9%	3%
Lineal	79%	88%
Ondulada	7%	10%
Zig-Zag	1%	---

Tabla 2. Porcentajes de presencia para las variables de estructura a nivel llamado para hembras y crías.

Variable	Hembras (n=73)	Crías (n=74)
Estructura del espectrograma		
Tonal	79%	42%
Puls	14%	50%
Otro	7%	8%
Modulación en la señal		
Mod_F	32%	16%
Mod_Am_G	97%	100%
Mod_Am_F	86%	95%
Forma del espectrograma		
Convexo	1%	---
Escalonada	16%	4%
Lineal	68%	84%
Ondulada	12%	12%
Zig-Zag	1%	---

Tabla 3. Porcentaje y frecuencia del número de partes a nivel de llamados en hembras y crías.

Numero de Partes	Hembras		Crías	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje
1	20	27%	53	72%
2	14	19%	11	15%
3	12	16%	4	5%
4	10	14%	4	5%
5	1	1%	1	1%
6	2	3%	---	---
7	5	7%	1	1%
8	2	3%	---	---
9	2	3%	---	---
10	1	1%	---	---
11	1	1%	---	---
12	1	1%	---	---
16	1	1%	---	---
17	1	1%	---	---
Total	73	100%	74	100%

Tabla 4. Estadística descriptiva para las variables medidas en las hembras, las mediciones fueron calculadas a nivel parte. Los nombres de las abreviaturas para las variables se pueden ver en la tabla IV en metodología..

Tipo	Variable	N	Media	Desv Est	CV	Mediana	DAM	Asimetría	Mínimo	Máximo
Tiempo	Dur	276	0.31	0.38	1.22	0.18	0.06	3.35	0.04	2.77
	T_Mx_Am	276	0.14	0.19	1.36	0.08	0.04	4.35	0.01	1.76
	T_Mx_Pt_E	276	0.13	0.17	1.30	0.08	0.04	4.56	0.01	1.76
	D_TMx_Am-Pt_E	276	0.02	0.07	3.89	0.00	0.00	11.98	0.00	1.08
	D_TMx_Am-Pt_A	276	0.02	0.08	4.79	0.00	0.00	11.15	0.00	1.08
	TR_Mx_Am	276	0.46	0.22	0.47	0.47	0.17	0.07	0.02	0.95
	TR_Mx_Pt_E	276	0.46	0.21	0.46	0.46	0.15	0.15	0.02	0.99
	TR_Mx_Pt_A	276	0.46	0.22	0.47	0.47	0.16	0.12	0.01	0.95
Frecuencia	F_Mx_Pt_E	276	483.99	160.62	0.33	480.50	93.80	-0.52	11.70	914.10
	F_Mx_Pt_A	276	477.76	170.97	0.36	468.80	93.80	-0.63	46.90	890.60
	FD_E	276	506.12	130.17	0.26	492.20	82.00	0.59	222.70	914.10
	FD_A	276	514.08	133.43	0.26	515.60	93.70	0.17	101.90	890.60
	MF_E	276	89.55	73.80	0.82	70.30	35.10	2.38	-23.50	621.10
	MF_A	276	98.34	91.00	0.93	93.70	46.90	1.58	-93.70	703.20
	F_Mn_E	276	424.68	137.95	0.32	410.20	93.70	0.48	140.60	761.70
	F_Mn_A	276	420.68	138.85	0.33	421.90	93.80	0.39	140.60	750.00
	F_Mx_E	276	2105.43	1861.62	0.88	1734.40	791.00	2.59	316.40	13347.70
	F_Mx_A	276	2120.25	1903.83	0.90	1734.40	796.85	2.53	328.10	13359.40
	Cuartil_1_E	276	436.18	156.92	0.36	433.60	82.00	-0.41	23.40	785.20
	Cuartil_1_A	276	395.55	138.77	0.35	375.00	93.80	-0.03	46.90	750.00
	Cuartil_3_E	276	553.41	149.52	0.27	539.10	105.40	0.48	58.60	1359.40
	Cuartil_3_A	276	600.03	143.18	0.24	585.95	70.35	0.49	140.60	1359.40
RIC_E	276	117.24	109.70	0.94	70.30	23.40	2.30	35.20	726.60	
RIC_A	276	204.48	73.81	0.36	187.50	46.90	2.52	93.80	703.10	
Intensidad	Pt_MxR_E	276	0.94	0.06	0.07	0.95	0.05	-1.03	0.72	1.00
	Pt_MxR_A	276	0.94	0.06	0.06	0.96	0.04	-1.06	0.74	1.00
	ER_E	276	0.90	0.07	0.07	0.91	0.05	-0.39	0.73	1.00
	ER_A	276	0.90	0.07	0.08	0.90	0.05	-0.39	0.71	1.00

Tabla 5. Estadística descriptiva para las variables medidas en las crías, las mediciones fueron calculadas a nivel parte. Los nombres de las abreviaturas para las variables se pueden ver en la tabla IV en metodología.

Tipo	Variable	N	Media	Desv Est	CV	Mediana	DAM	Asimetría	Mínimo	Máximo
Tiempo	Dur	115	0.39	0.31	0.78	0.31	0.16	1.69	0.05	1.70
	T_Mx_Am	115	0.16	0.13	0.85	0.10	0.07	1.02	0.01	0.53
	T_Mx_Pt_E	115	0.15	0.13	0.88	0.09	0.06	1.04	0.01	0.49
	D_TMx_Am-Pt_E	115	0.03	0.05	1.67	0.01	0.01	2.52	0.00	0.29
	D_TMx_Am-Pt_A	115	0.03	0.06	1.84	0.00	0.00	2.60	0.00	0.32
	TR_Mx_Am	115	0.43	0.24	0.55	0.39	0.19	0.27	0.01	0.92
	TR_Mx_Pt_E	115	0.42	0.24	0.57	0.39	0.19	0.31	0.01	0.94
TR_Mx_Pt_A	115	0.43	0.25	0.57	0.39	0.18	0.38	0.04	0.97	
Frecuencia	F_Mx_Pt_E	115	1005.27	322.63	0.32	1007.80	117.20	-0.28	11.70	2250.00
	F_Mx_Pt_A	115	995.79	397.19	0.40	1031.20	140.60	-0.67	46.90	2296.90
	FD_E	115	1017.42	261.34	0.26	1019.50	105.50	1.02	375.00	2250.00
	FD_A	115	1019.31	271.66	0.27	1031.20	93.80	0.69	284.40	2250.00
	MF_E	104	213.07	182.83	0.86	164.05	82.05	2.02	11.70	1113.20
	MF_A	104	220.85	189.95	0.86	187.50	93.80	1.68	-93.80	1078.10
	F_Mn_E	104	706.84	223.90	0.32	714.80	211.00	-0.23	164.10	1113.30
	F_Mn_A	104	705.83	224.83	0.32	750.00	187.50	-0.22	234.40	1125.00
	F_Mx_E	104	6623.91	3753.13	0.57	5742.20	2343.80	1.70	1441.40	22207.00
	F_Mx_A	104	6626.95	3755.32	0.57	5718.75	2390.65	1.70	1500.00	22218.80
	Cuartil_1_E	115	839.06	323.23	0.39	914.10	128.90	-0.66	58.60	1535.20
	Cuartil_1_A	115	821.74	293.61	0.36	890.60	140.60	-0.41	140.60	1500.00
	Cuartil_3_E	115	1198.88	325.39	0.27	1125.00	117.20	1.61	632.80	2261.70
Cuartil_3_A	115	1233.22	316.44	0.26	1171.90	140.60	1.61	656.20	2296.90	
RIC_E	115	359.81	312.96	0.87	222.70	140.70	1.03	46.90	1277.30	
RIC_A	115	411.48	271.30	0.66	281.20	93.70	1.10	70.30	1218.80	
Intensidad	Pt_MxR_E	115	0.97	0.05	0.05	1.00	0.00	-1.25	0.83	1.00
	Pt_MxR_A	115	0.97	0.04	0.04	1.00	0.00	-1.47	0.83	1.00
	ER_E	115	0.95	0.06	0.06	0.99	0.01	-1.01	0.80	1.00
	ER_A	115	0.95	0.07	0.07	0.99	0.01	-1.02	0.78	1.00

Tabla 6. Estadística descriptiva para las variables medidas en las hembras, las mediciones fueron calculadas a nivel llamado. Los nombres de las abreviaturas para las variables se puede ver en la tabla IV en metodología.

Tipo	Variables	N	Media	Desv Est	CV	Mediana	DAM	Asimetría	Mínimo	Máximo
Estructura	N_Partes	73	3.78	3.42	0.90	3.00	2.00	1.93	1.00	17.00
Tiempo	Dur	73	1.46	0.90	0.62	1.19	0.51	1.00	0.21	4.32
	S_Dur_Partes	73	1.16	0.67	0.58	0.97	0.38	0.87	0.21	2.96
	T_Mx_Am	73	0.65	0.57	0.88	0.50	0.31	1.46	0.02	2.58
	T_Mx_Pt_E	73	0.71	0.70	0.98	0.50	0.33	2.06	0.01	3.92
	T_Mx_Pt_A	73	0.74	0.72	0.97	0.52	0.34	1.87	0.00	3.93
	D_TMx_Am-Pt_E	73	0.14	0.48	3.47	0.01	0.00	5.73	0.00	3.59
	D_TMx_Am-Pt_A	73	0.15	0.53	3.58	0.00	0.00	4.99	0.00	3.59
	TR_Mx_Am	73	0.46	0.28	0.61	0.44	0.24	0.10	0.02	0.95
	TR_Mx_Pt_E	73	0.48	0.29	0.60	0.49	0.25	0.07	0.02	0.97
	TR_Mx_Pt_A	73	0.49	0.29	0.59	0.51	0.24	-0.02	0.01	0.98
	Prop_Dur_Señal_E	73	0.83	0.16	0.20	0.83	0.13	-0.63	0.44	1.00
Prop_Dur_Señal_A	73	0.83	0.16	0.20	0.83	0.13	-0.63	0.44	1.00	
Frecuencia	F_Mx_Pt_E	73	469.07	159.33	0.34	468.80	82.10	-0.64	11.70	796.90
	F_Mx_Pt_A	73	458.49	166.69	0.36	468.80	93.80	-0.54	46.90	796.90
	FD_E	73	593.51	128.02	0.22	567.90	82.40	0.63	335.70	907.00
	FD_A	73	591.62	135.13	0.23	567.90	84.80	-0.24	101.90	907.00
	MF_E	73	208.86	113.42	0.54	199.20	70.20	1.03	23.40	621.10
	MF_A	73	204.85	136.77	0.67	187.50	93.70	0.87	-46.80	703.20
	F_Mn_E	73	329.40	105.63	0.32	304.70	58.60	1.19	140.60	679.70
	F_Mn_A	73	333.89	112.93	0.34	328.10	46.90	0.94	140.60	703.10
	F_Mx_E	73	3348.84	2511.78	0.75	2425.80	703.10	1.87	609.40	13347.70
	F_Mx_A	73	3428.30	2582.10	0.75	2484.40	750.00	1.74	562.50	13359.40
	Cuartil_1_E	73	409.20	153.39	0.37	410.20	46.90	-0.38	35.20	761.70
	Cuartil_1_A	73	375.80	132.47	0.35	375.00	46.90	0.04	93.80	703.10
	Cuartil_3_E	73	530.71	118.90	0.22	503.90	70.30	0.72	328.10	832.00
	Cuartil_3_A	73	575.66	119.94	0.21	562.50	46.90	0.86	328.10	890.60
	RIC_E	73	121.52	104.53	0.86	82.00	35.10	2.11	35.20	492.20
RIC_A	73	199.86	65.49	0.33	187.50	46.90	1.52	58.60	421.90	

Tabla 7. Estadística descriptiva para las variables medidas en las crías, las mediciones fueron calculadas a nivel llamado. Los nombres de las abreviaturas para las variables se puede ver en la tabla IV en metodología.

Tipo	Variable	N	Media	Desv Est	CV	Mediana	DAM	Asimetría	Mínimo	Máximo
Estructura	N_Partes	74	1.55	1.12	0.72	1.00	0.00	2.63	1.00	7.00
Tiempo	Dur	74	0.67	0.47	0.70	0.55	0.21	1.57	0.10	2.27
	S_Dur_Partes	74	0.60	0.39	0.65	0.51	0.19	1.61	0.10	2.08
	T_Mx_Am	74	0.20	0.14	0.69	0.18	0.10	0.69	0.01	0.57
	T_Mx_Pt_E	74	0.19	0.14	0.74	0.16	0.09	0.62	0.01	0.49
	T_Mx_Pt_A	74	0.20	0.14	0.69	0.17	0.09	0.59	0.01	0.50
	D_TMx_Am-Pt_E	74	0.04	0.06	1.52	0.01	0.01	2.15	0.00	0.29
	D_TMx_Am-Pt_A	74	0.04	0.07	1.59	0.01	0.01	2.26	0.00	0.32
	TR_Mx_Am	74	0.38	0.26	0.67	0.34	0.19	0.50	0.01	0.92
	TR_Mx_Pt_E	74	0.34	0.24	0.70	0.30	0.18	0.60	0.01	0.91
	TR_Mx_Pt_A	74	0.36	0.23	0.65	0.33	0.17	0.48	0.02	0.89
	Prop_Dur_Señal_E	74	0.94	0.12	0.13	1.00	0.00	-2.33	0.43	1.00
	Prop_Dur_Señal_A	74	0.94	0.11	0.12	1.00	0.00	-2.24	0.49	1.00
Frecuencia	F_Mx_Pt_E	74	974.88	280.51	0.29	996.10	105.50	-0.58	11.70	1804.70
	F_Mx_Pt_A	74	951.43	341.79	0.36	984.40	93.80	-1.08	46.90	1828.10
	FD_E	74	981.41	225.70	0.23	996.10	93.70	0.48	375.00	1828.10
	FD_A	74	977.90	244.67	0.25	984.40	93.80	0.07	284.40	1781.20
	MF_E	72	277.50	193.69	0.70	234.35	105.45	1.78	35.20	1113.20
	MF_A	72	289.06	197.00	0.68	234.40	93.80	1.52	0.00	1078.10
	F_Mn_E	72	661.46	213.79	0.32	668.00	175.80	-0.19	164.10	1101.60
	F_Mn_A	72	659.51	214.21	0.32	679.65	164.15	-0.17	234.40	1125.00
	F_Mx_E	72	6754.88	3813.75	0.56	5888.70	2531.25	1.35	1593.80	22195.30
	F_Mx_A	72	6756.51	3814.88	0.56	5906.25	2531.25	1.35	1546.90	22218.80
	Cuartil_1_E	74	800.99	279.84	0.35	890.60	140.60	-1.14	58.60	1265.60
	Cuartil_1_A	74	788.01	247.03	0.31	867.20	117.20	-0.96	140.60	1218.80
	Cuartil_3_E	74	1109.47	239.48	0.22	1078.10	82.10	1.29	632.80	2085.90
	Cuartil_3_A	74	1146.86	234.78	0.20	1125.00	93.80	1.26	656.20	2109.40
	RIC_E	74	308.49	279.87	0.91	175.80	99.65	1.29	46.90	1242.20
	RIC_A	74	358.85	235.24	0.66	257.80	70.30	1.38	70.30	1171.90

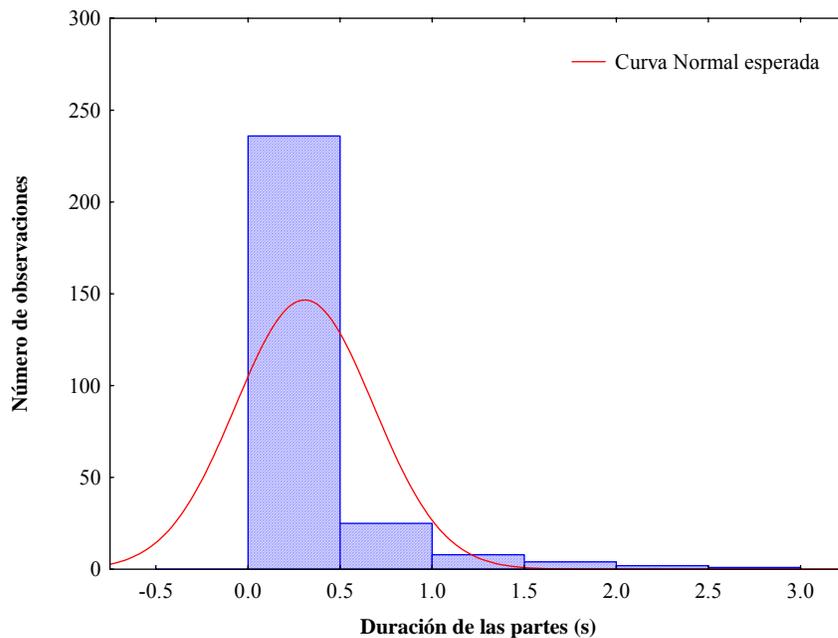


Figura 1. Histograma de la variable duración de las partes en las hembras. La línea roja indica la curva normal esperada para la variable

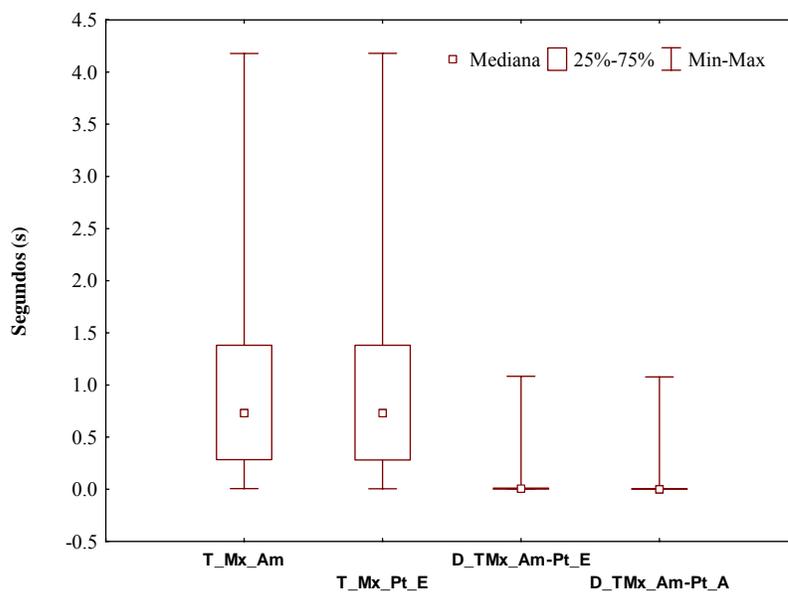


Figura 2. Gráfica de caja para variables temporales en hembras a nivel partes. La variable D_TMx_AM_Pt se encuentra para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

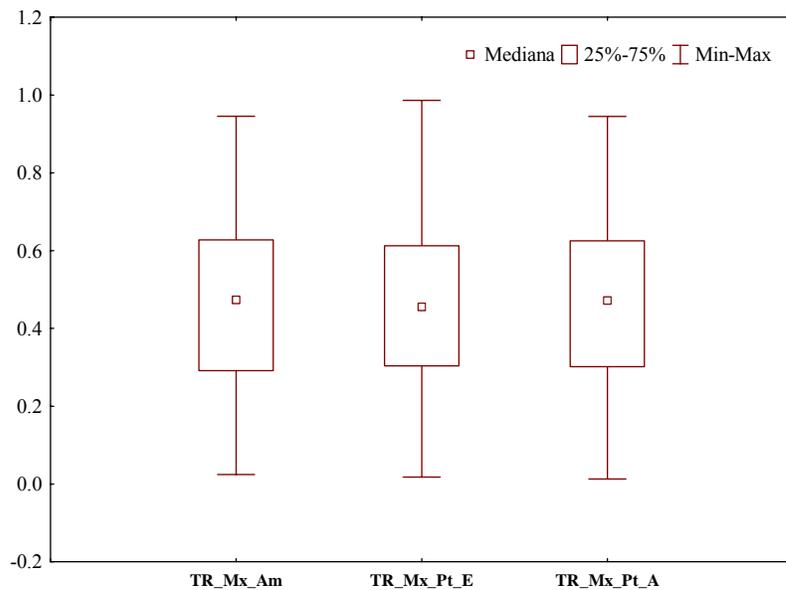


Figura 3. Gráfica de caja para variables temporales en hembras a nivel partes. Estas variables son adimensionales debido a que son tiempos relativos a la duración total del llamado o de las partes. La variable TR_Mx_Pt se encuentra para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

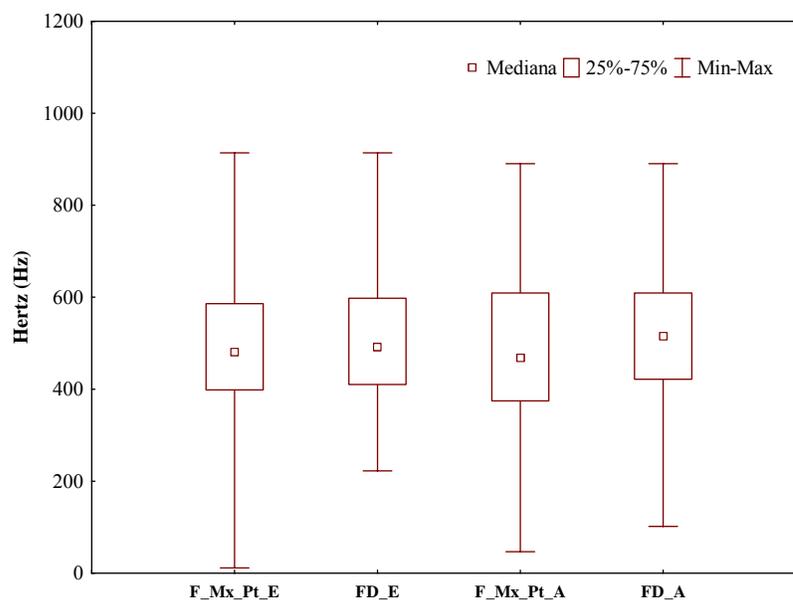


Figura 4. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

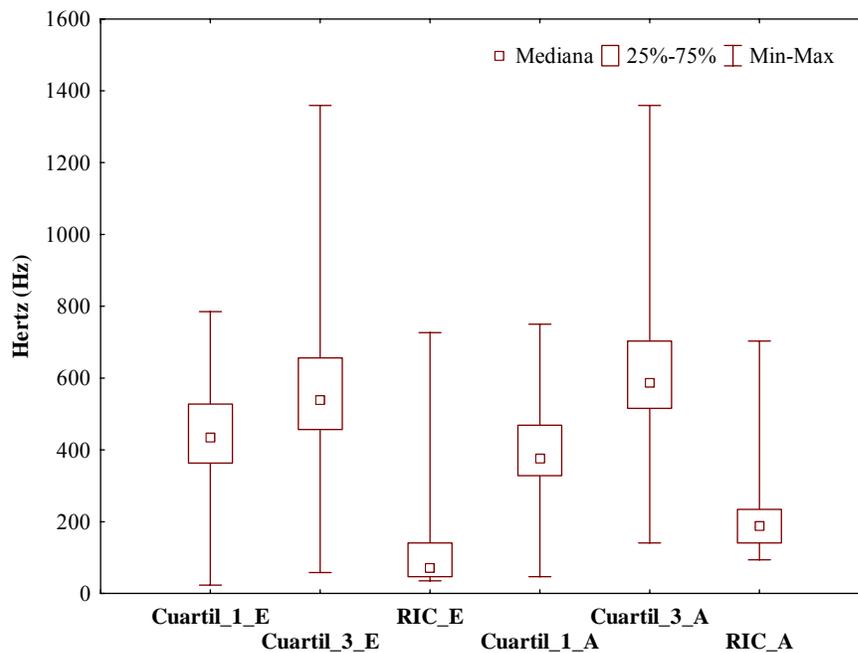


Figura 5. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

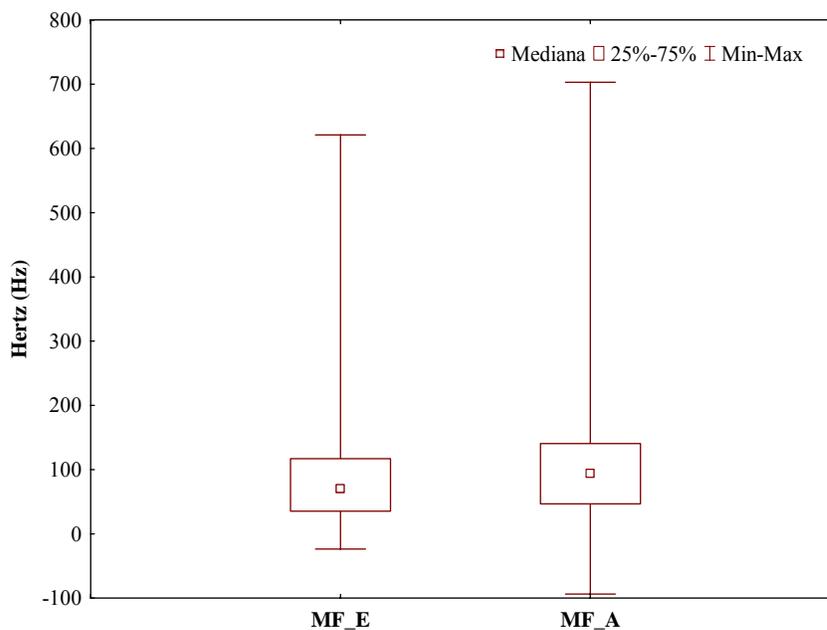


Figura 6. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

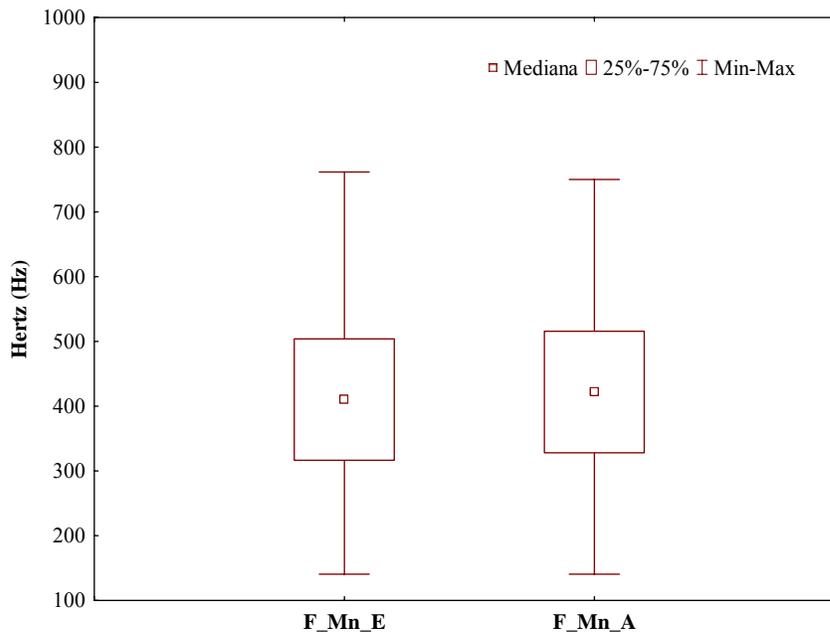


Figura 7. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estrecha y ancha (E, A).

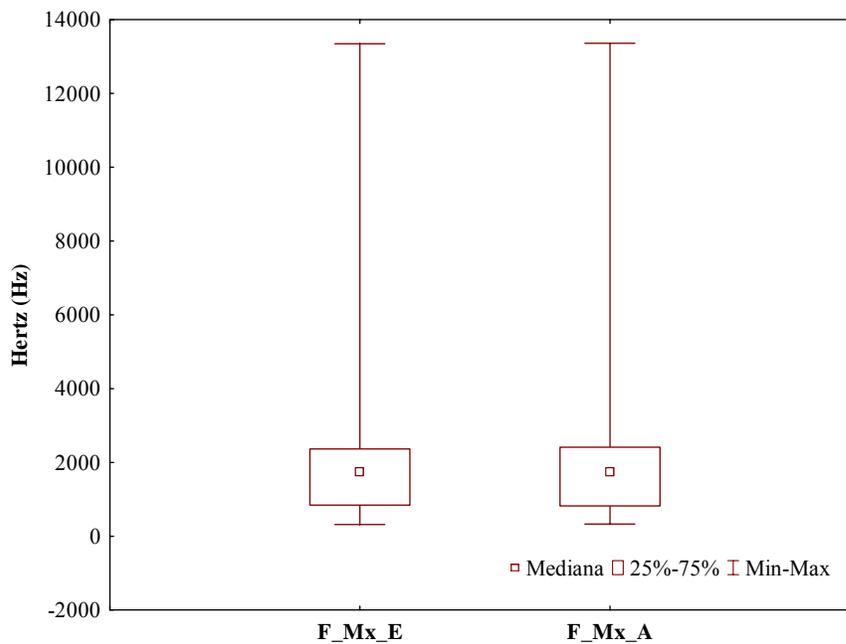


Figura 8. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estrecha y ancha (E, A).

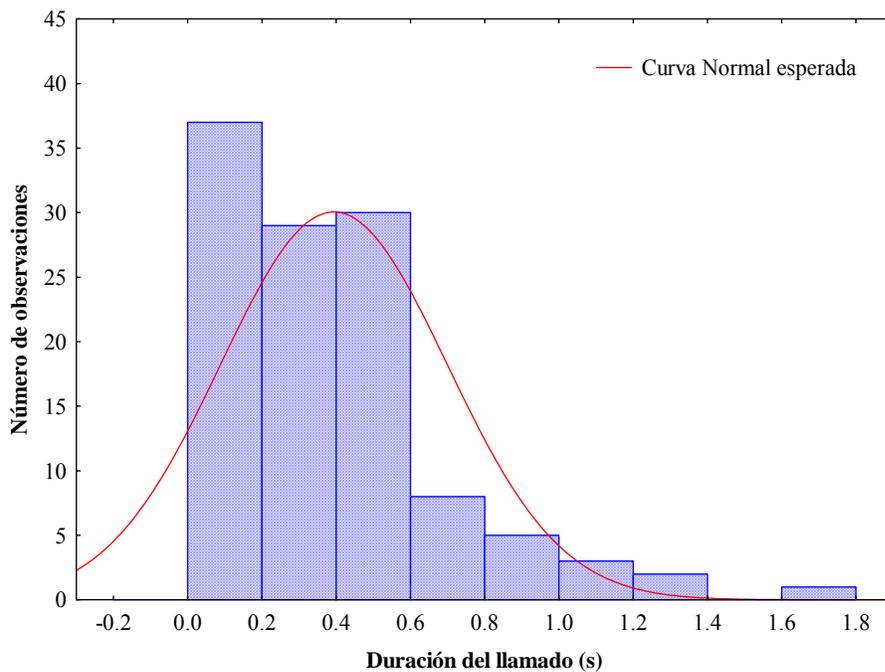


Figura 9. Histograma de la variable duración de las partes en las crías. La línea roja indica la curva normal esperada para la variable

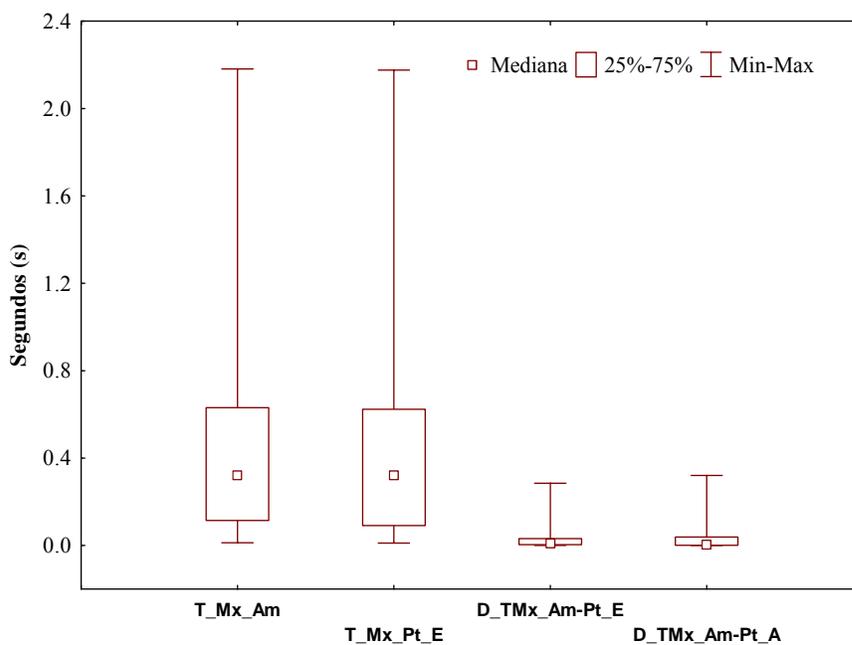


Figura 10. Gráfica de caja para variables temporales en crías a nivel partes. La variable D_TMx_AM_Pt se encuentra para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

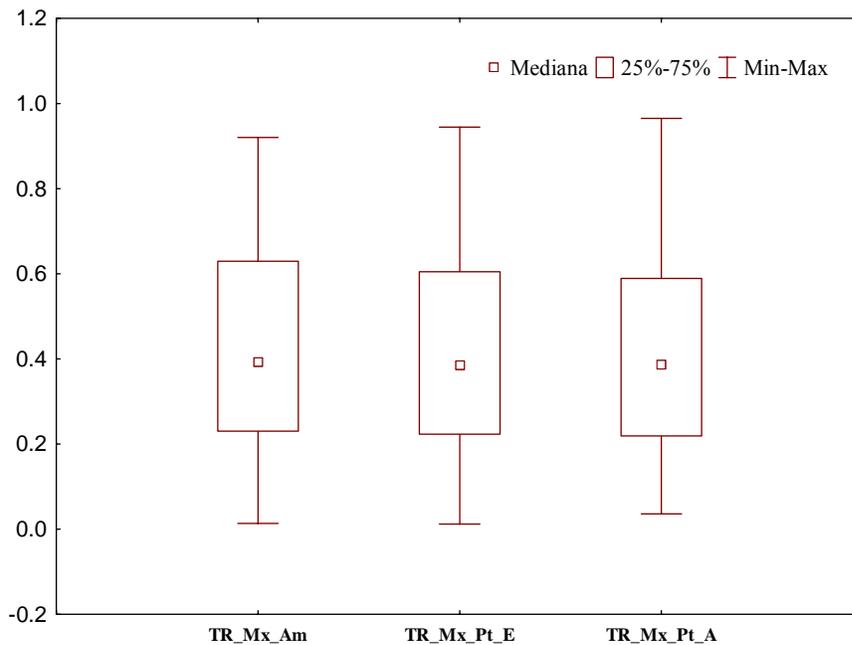


Figura 11. Gráfica de caja para variables temporales en crías a nivel partes. Estas variables son adimensionales debido a que son tiempos relativos a la duración total del llamado o de las partes. La variable TR_Mx_Pt se encuentra para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

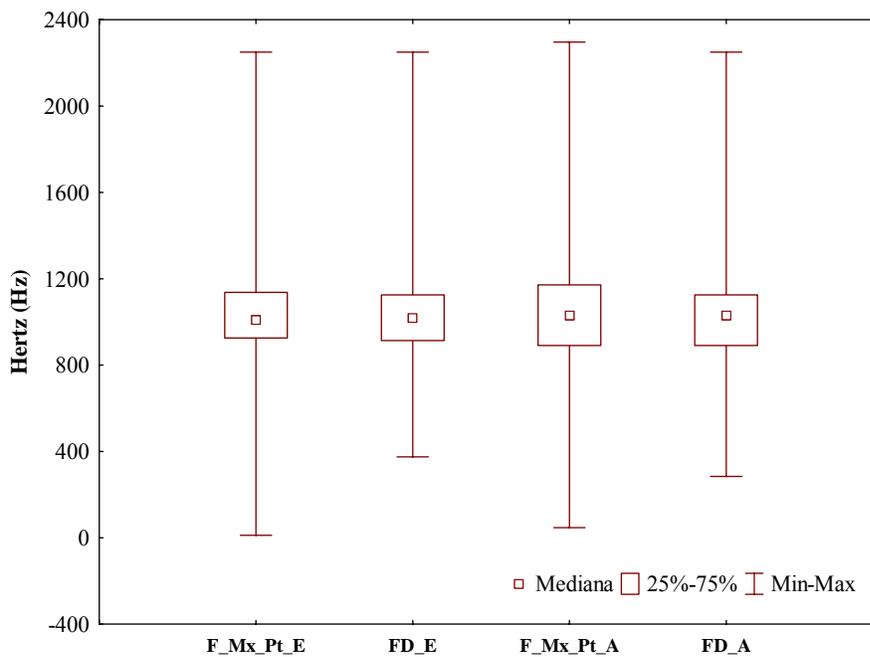


Figura 12. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

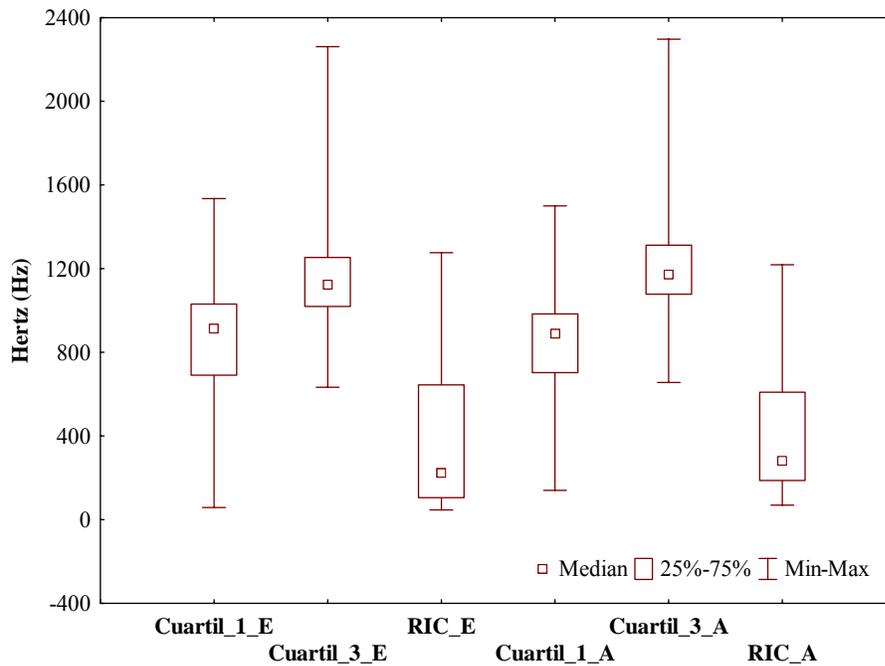


Figura 13. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

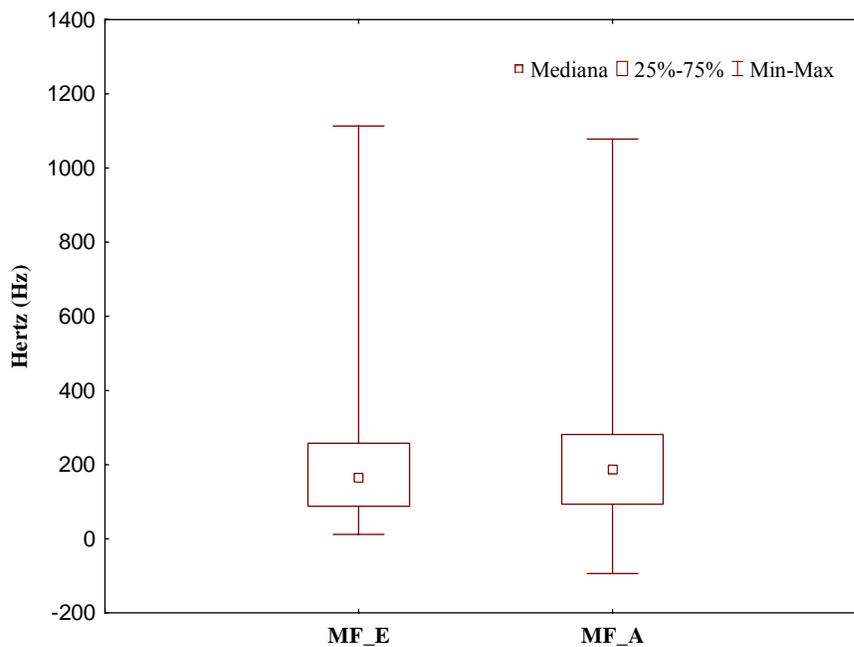


Figura 14. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

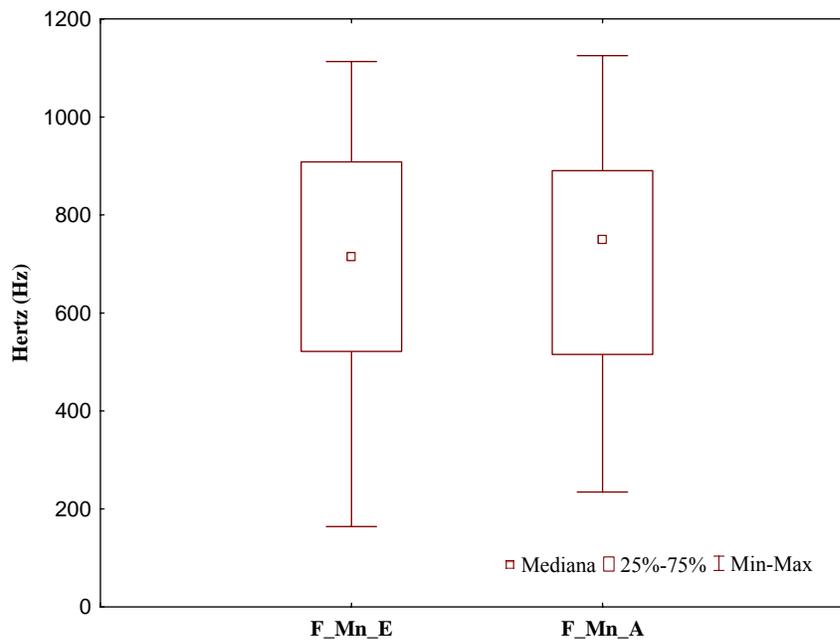


Figura 15. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

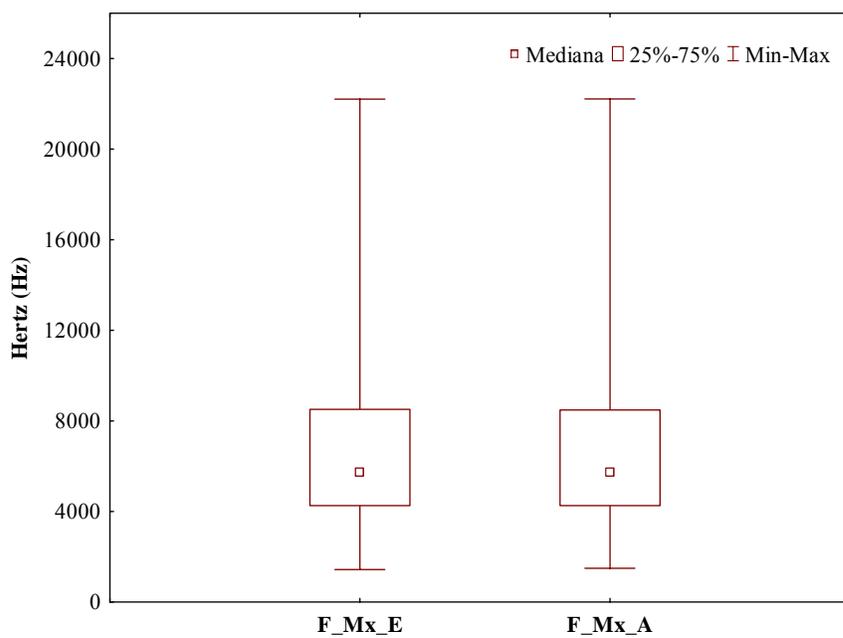


Figura 16. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel partes. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

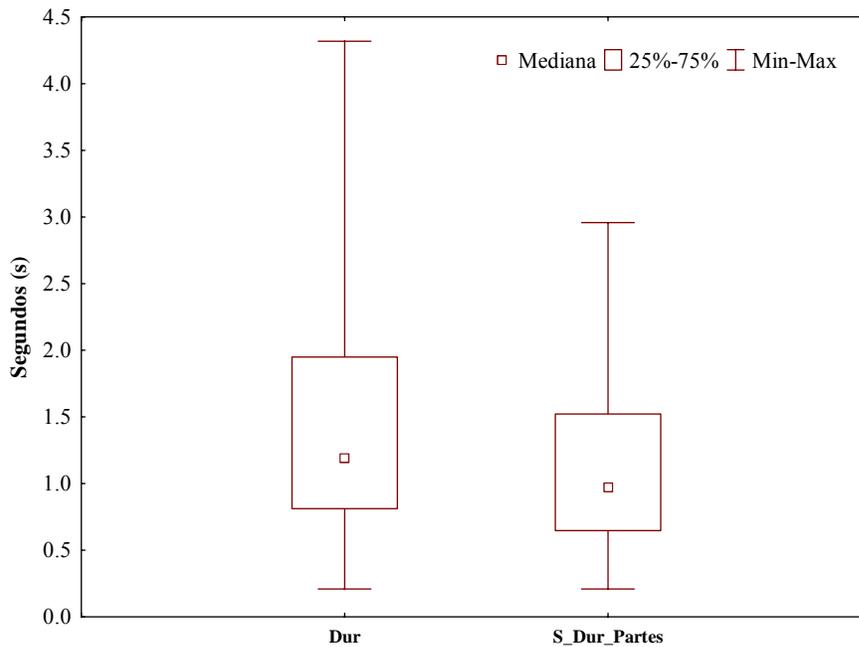


Figura 17. Gráfica de caja para variables temporales en las hembras a nivel llamado, cada caja representa la distribución de los valores de cada variable en cuartiles.

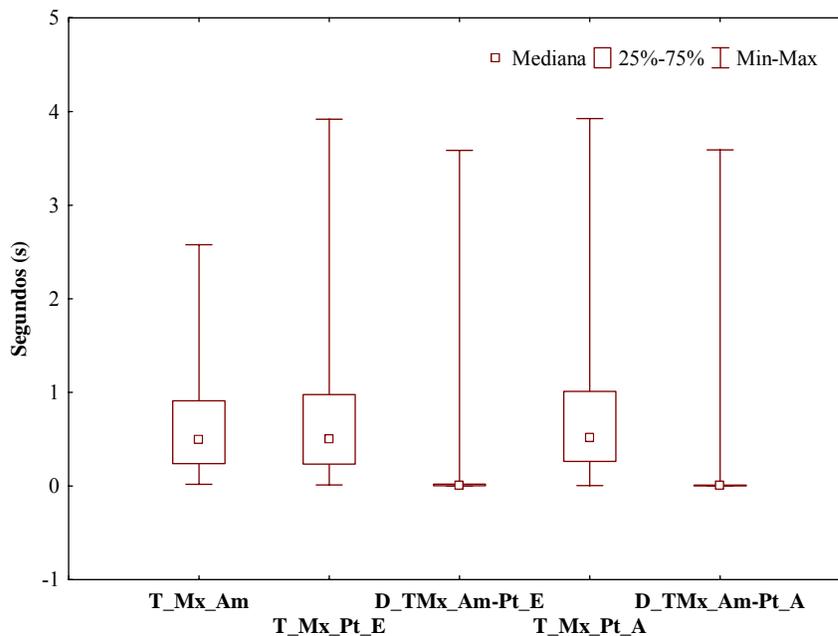


Figura 18. Gráfica de caja para variables temporales en hembras a llamado. Las variables T_MX_PT y D_TMx_AM_Pt se encuentran para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

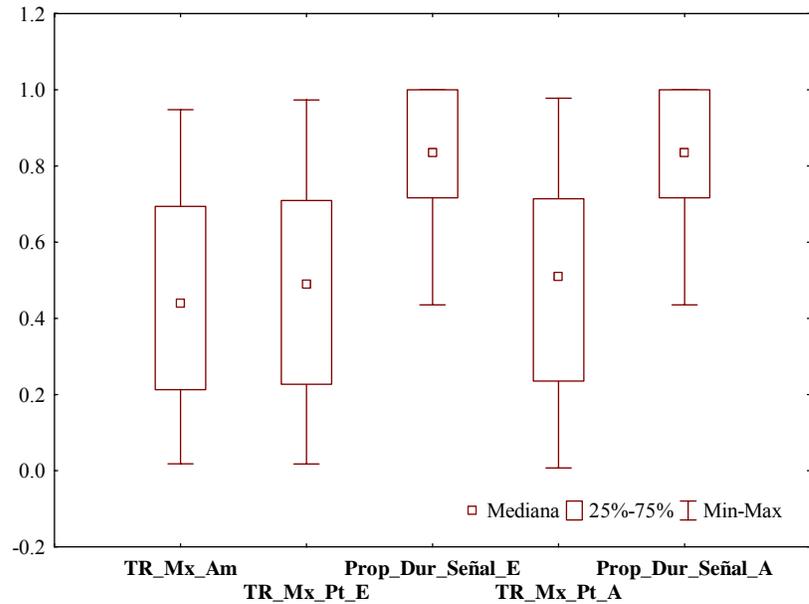


Figura 19. Gráfica de caja para variables temporales en hembras a nivel llamado. Estas variables son adimensionales debido a que son tiempos relativos a la duración total del llamado o de las partes. Las variables TR_Mx_Pt y Prop_Dur_Señal se encuentran para los dos parámetros, banda estrecha y ancha (E, A).

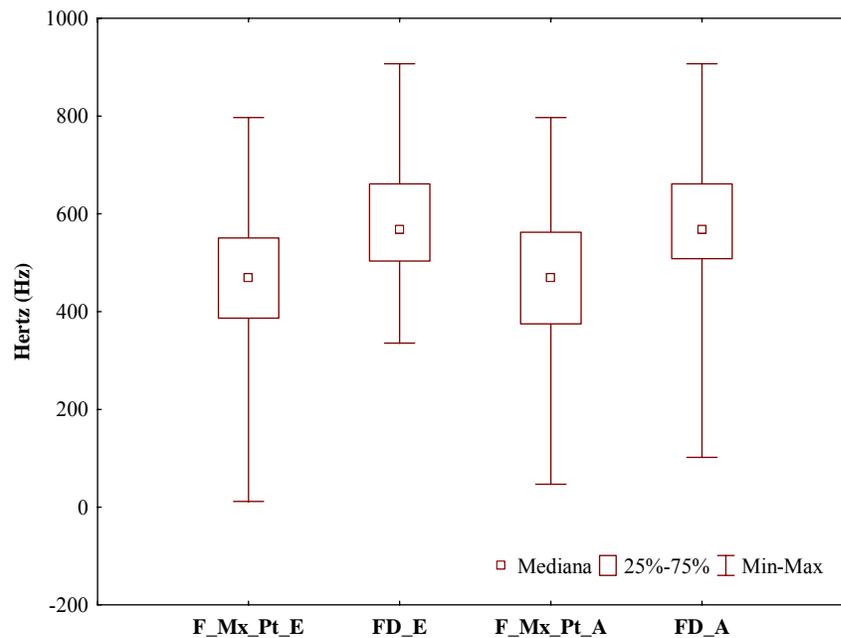


Figura 20. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel llamado. Se muestran para ambos parámetros, banda estrecha y ancha (E, A).

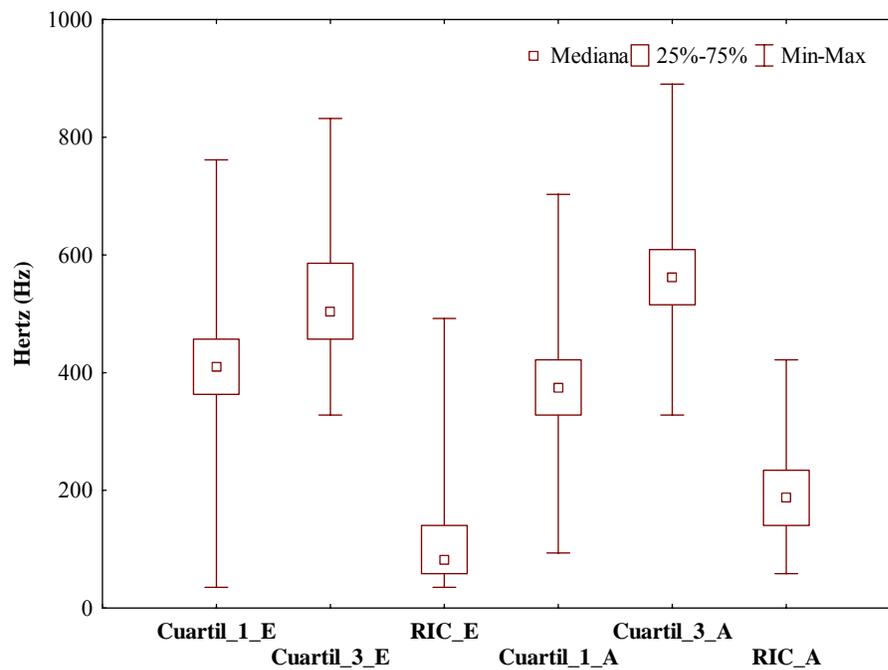


Figura 21. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel llamado. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

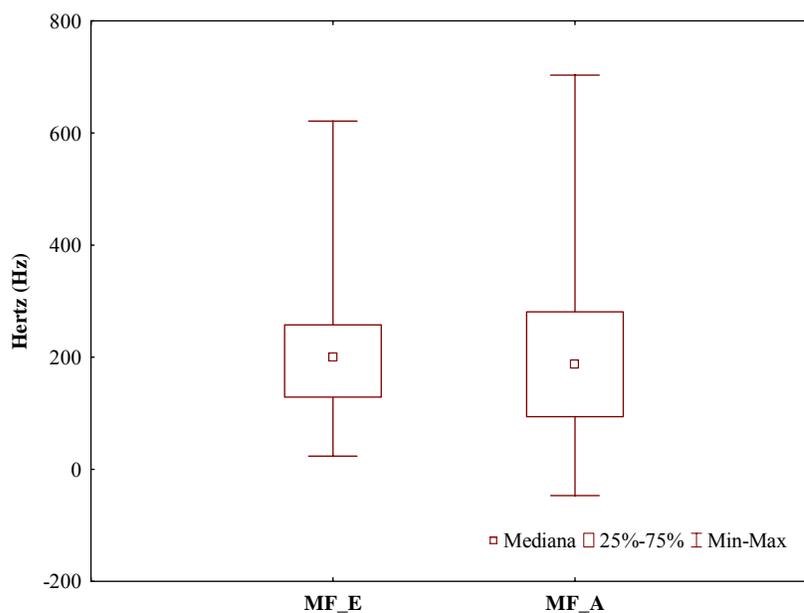


Figura 22. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel llamado. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

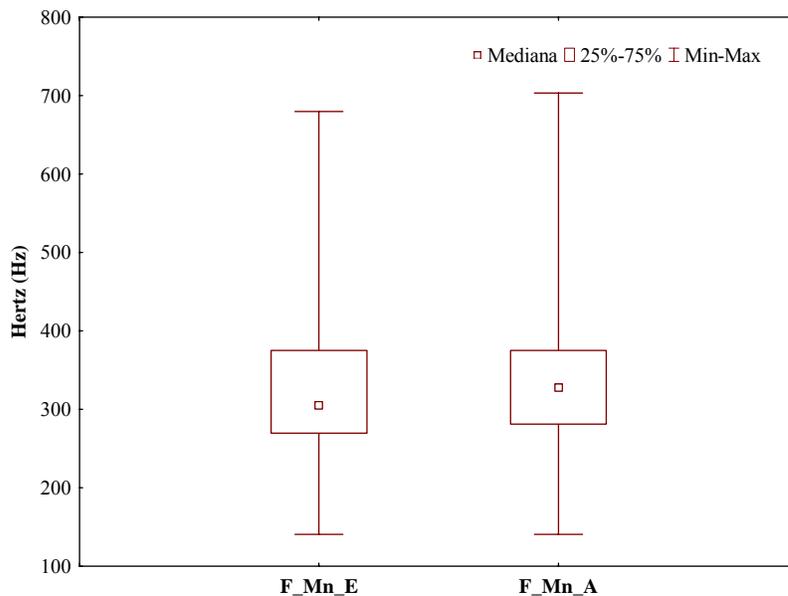


Figura 23. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel llamado. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

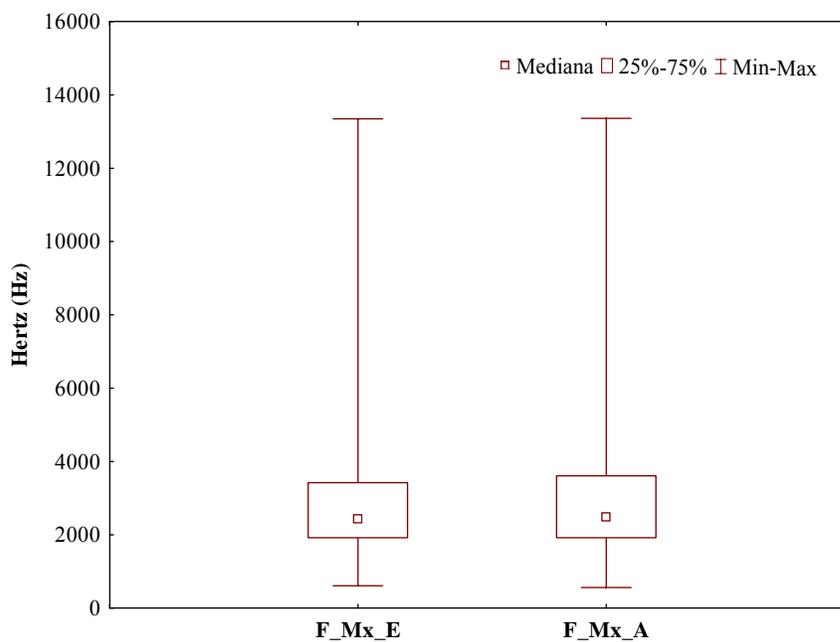


Figura 24. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las hembras a nivel llamado. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

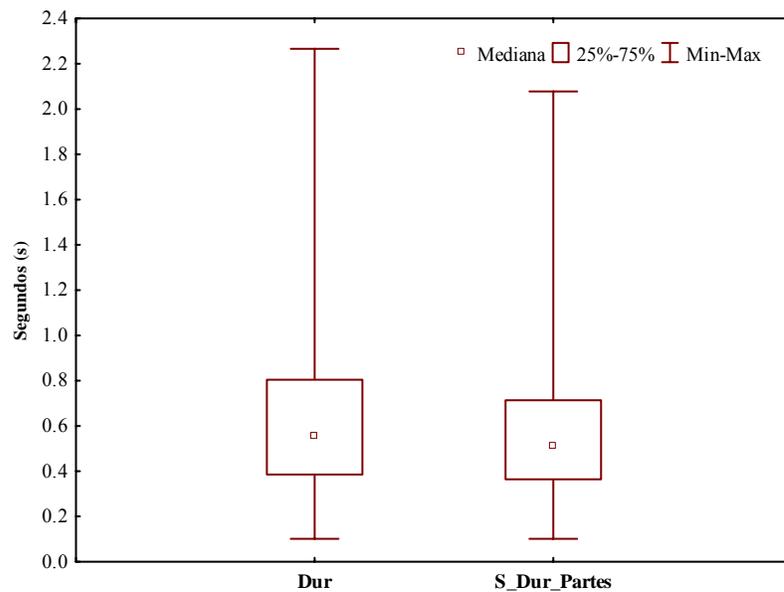


Figura 25. Gráfica de caja para variables temporales en las crías a nivel llamado, cada caja representa la distribución de los valores de cada variable en cuartiles.

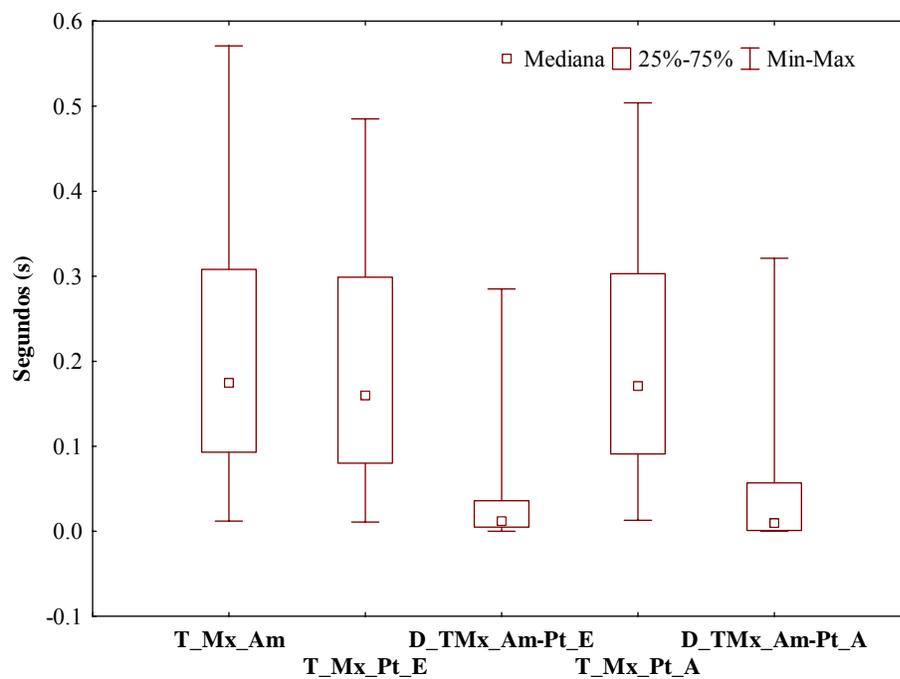


Figura 26. Gráfica de caja para variables temporales en crías a llamado. Las variables T_MX_PT y D_TMx_AM_Pt se encuentran para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

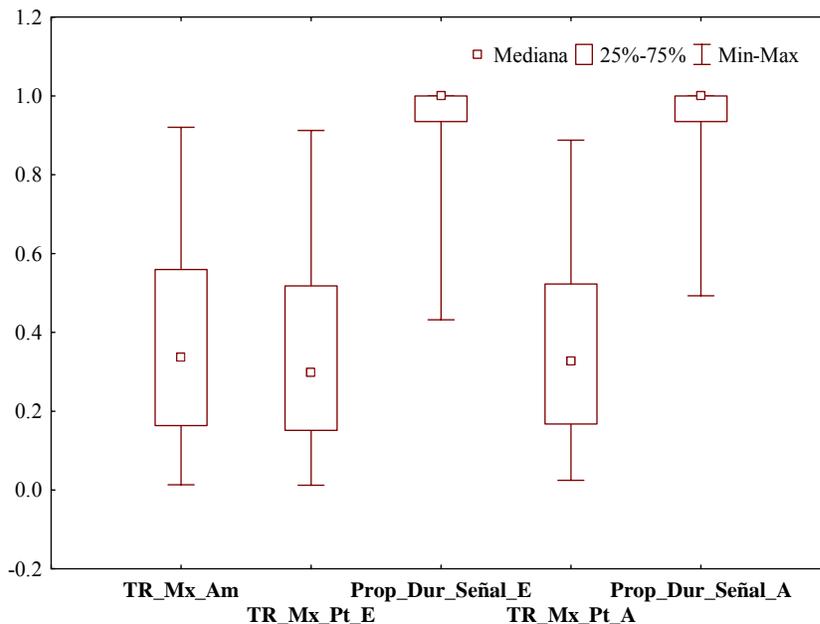


Figura 27. Gráfica de caja para variables temporales en crías a nivel llamado. Estas variables son adimensionales debido a que son tiempos relativos a la duración total del llamado o de las partes. Las variables TR_Mx_Pt y Prop_Dur_Señal se encuentran para los dos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

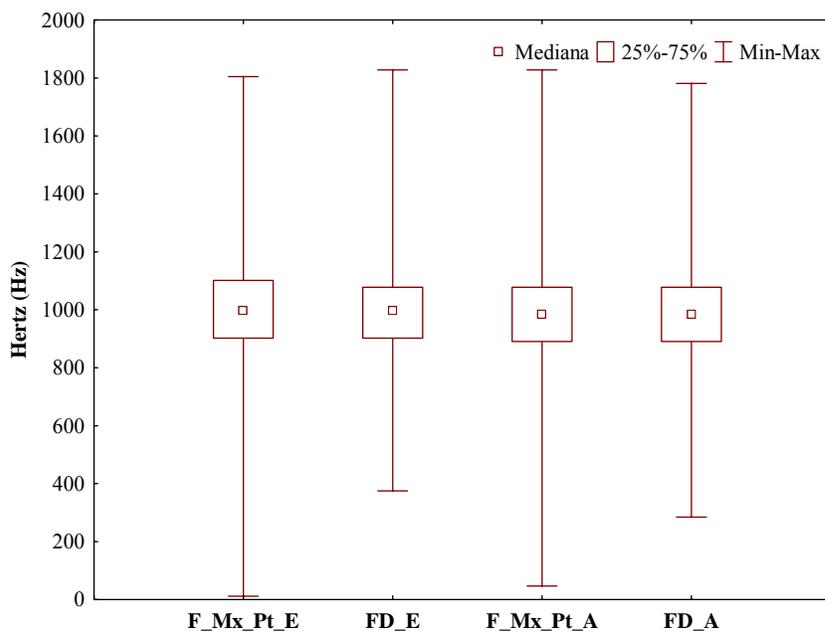


Figura 28. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel llamado. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

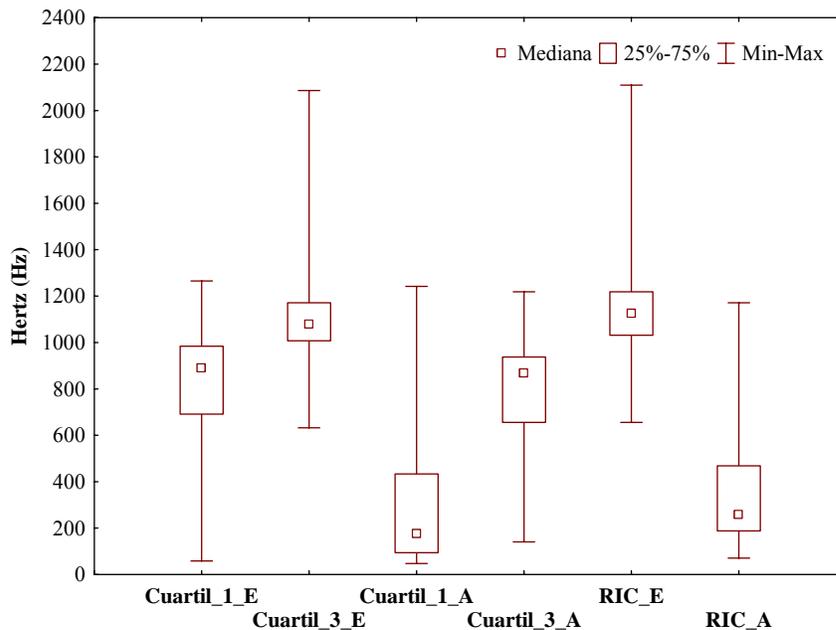


Figura 29. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel llamado. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

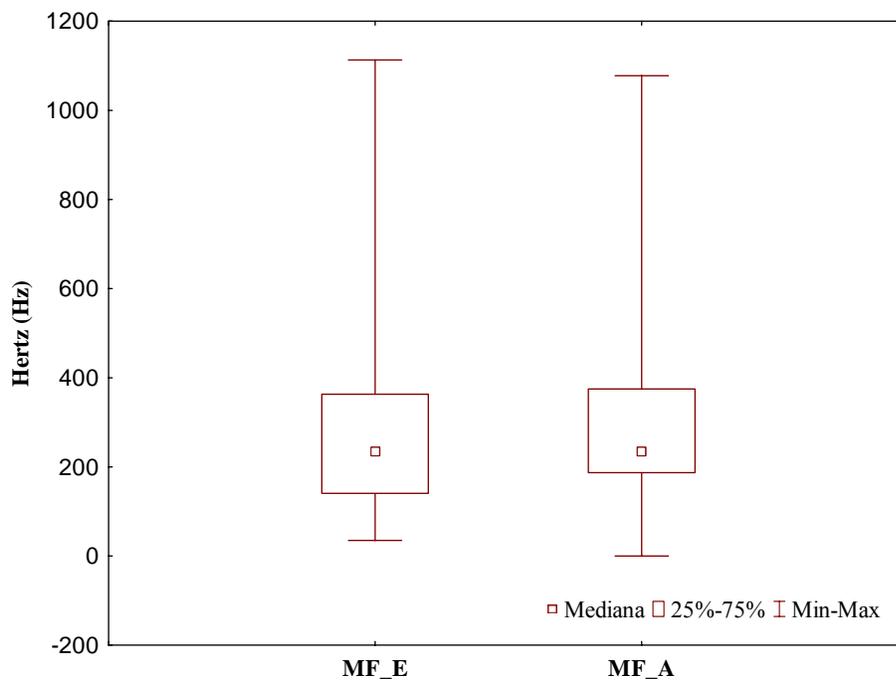


Figura 30. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel llamado. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

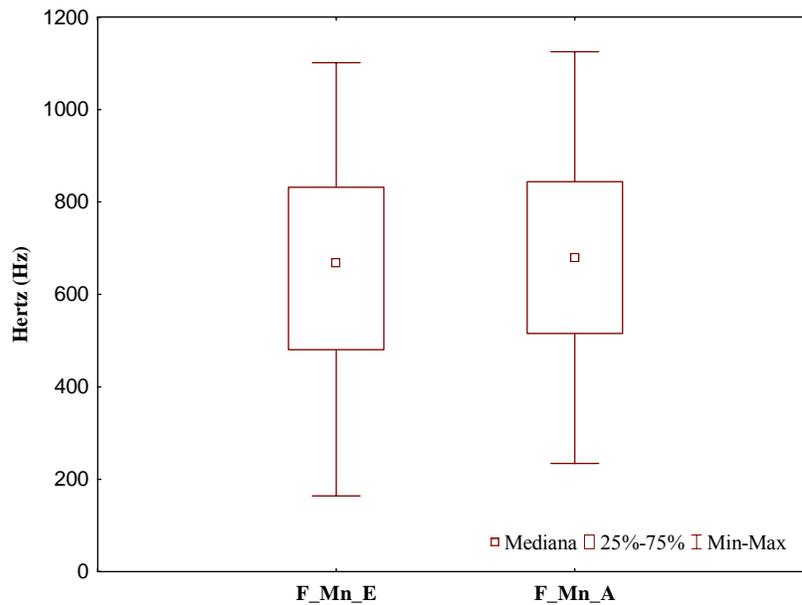


Figura 31. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel llamado. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A).

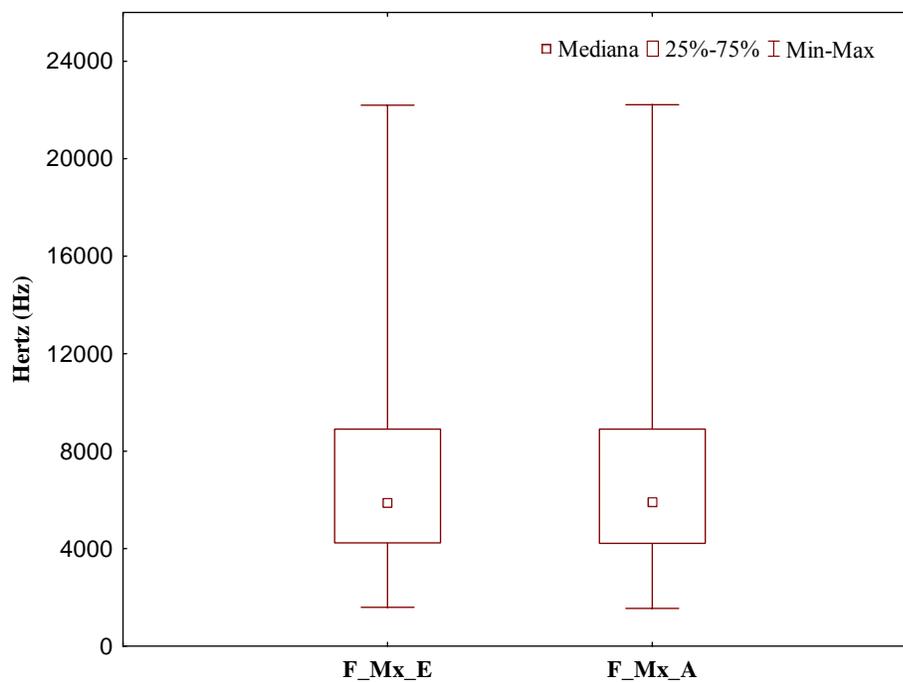
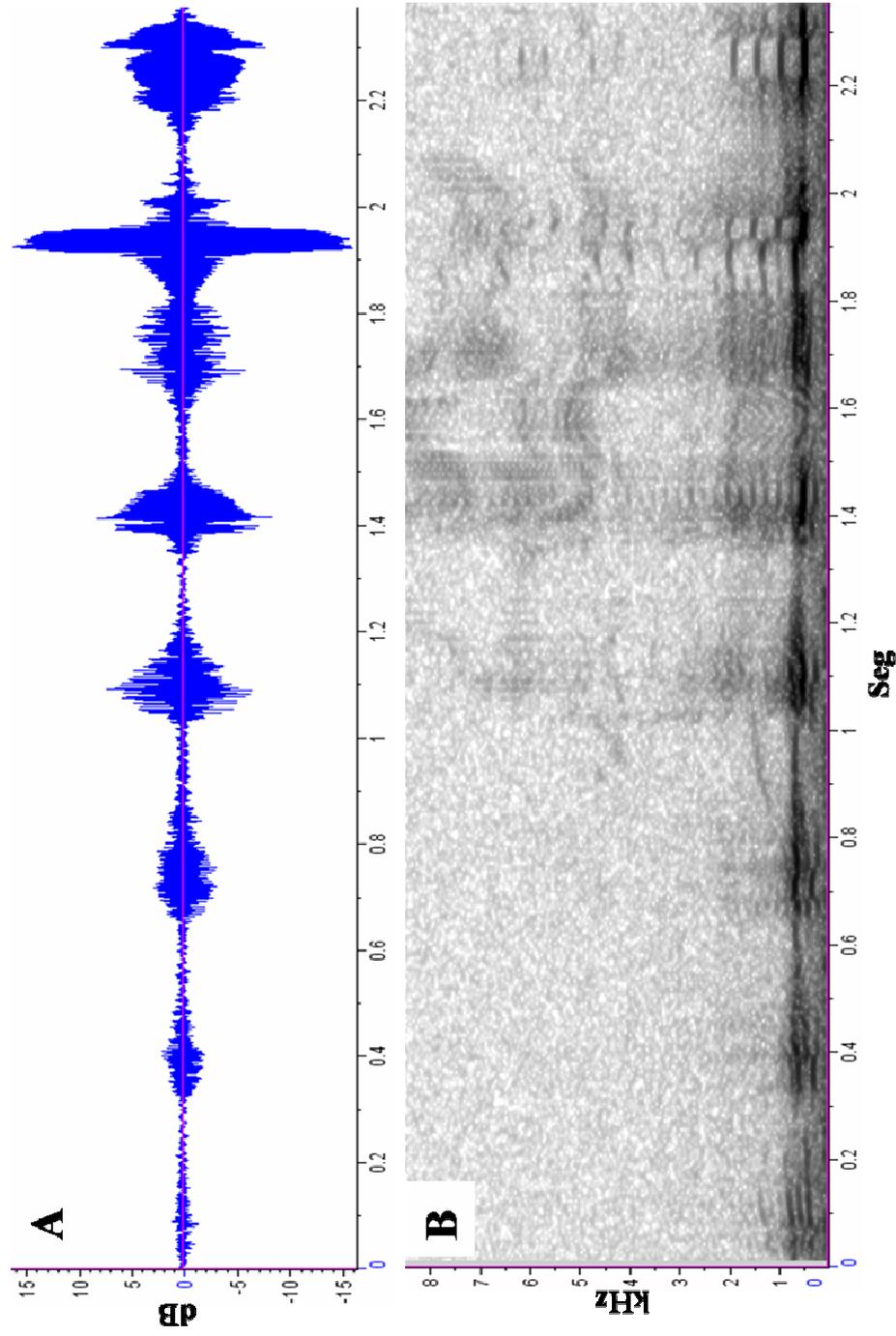


Figura 32. Gráfica de caja para variables de frecuencia en las crías a nivel llamado. Se muestran para ambos parámetros, banda estricta y ancha (E, A)

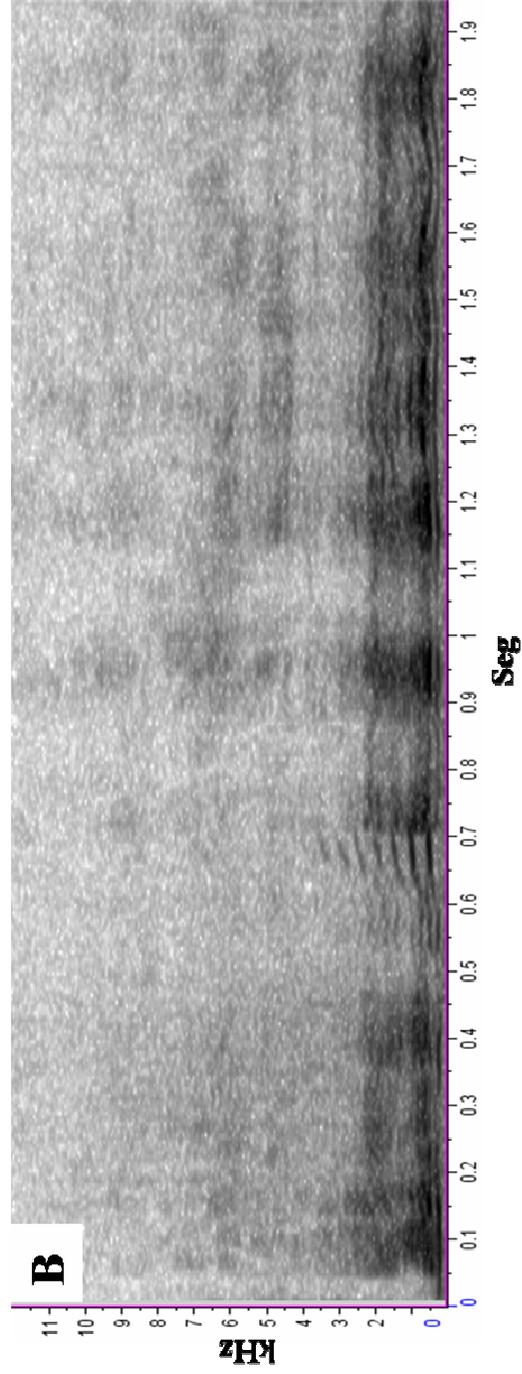
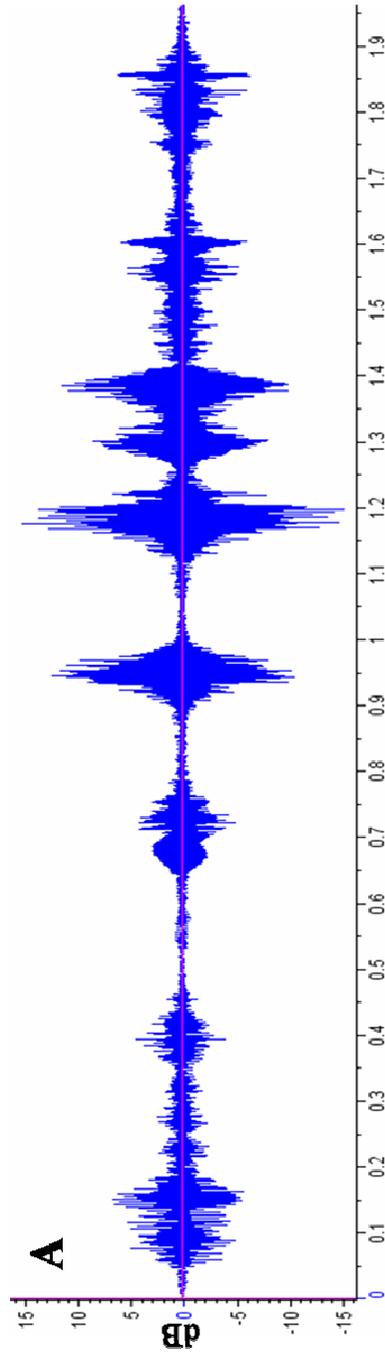
Tabla 8. Valores de repetibilidad (R) de las variables medidas en las hembras a nivel llamado (repetibilidad de las partes por llamado). Con un intervalo de confianza (IC) del 95%. P, probabilidades de la prueba de remuestreo Monte Carlo (1000 remuestreos) para la hipótesis nula H_0 : R calculada > R observada. SE, error estándar. Los valores de R >0.60 se encuentran resaltados

Tipo de variable	Variable	R	SE (R)	IC (R)	P (Rcalc \geq Robs)
Estructura	Tonal	0.374	0.086	0.205;0.543	0.000
	Puls	0.561	0.113	0.339;0.783	0.000
	Formante	0.307	0.096	0.118;0.496	0.000
	Bati	0.434	0.080	0.277;0.590	0.000
	Mod_F	0.454	0.119	0.223;0.686	0.000
	Mod_Am	0.189	0.179	0;0.539	0.022
	Mod_Am_F	0.073	0.066	0;0.202	0.075
	Forma	0.507	0.127	0.257;0.757	0.000
Tiempo	Dur	0.275	0.055	0.167;0.383	0.007
	T_Mx_Am	0.192	0.048	0.098;0.285	0.000
	T_Mx_Pt_E	0.194	0.047	0.101;0.286	0.000
	D_TMx_Am-Pt_E	0.014	0.057	0;0.125	0.388
	D_TMx_Am-Pt_A	0.000	0.023	0;0.044	1.000
	TR_Mx_Am	0.129	0.052	0.028;0.231	0.002
	TR_Mx_Pt_E	0.069	0.048	0;0.163	0.054
	TR_Mx_Pt_A	0.117	0.049	0.022;0.213	0.007
Frecuencia	F_Mx_Pt_E	0.546	0.109	0.332;0.761	0.000
	F_Mx_Pt_A	0.556	0.114	0.332;0.780	0.000
	FD_E	0.611	0.091	0.433;0.789	0.000
	FD_A	0.644	0.081	0.484;0.803	0.000
	MF_E	0.188	0.077	0.038;0.337	0.001
	MF_A	0.127	0.063	0.003;0.252	0.005
	F_Mn_E	0.712	0.071	0.572;0.851	0.000
	F_Mn_A	0.686	0.065	0.558;0.814	0.000
	F_Mx_E	0.254	0.093	0.072;0.436	0.000
	F_Mx_A	0.254	0.093	0.071;0.437	0.001
	Cuartil_1_E	0.533	0.081	0.374;0.691	0.000
	Cuartil_1_A	0.614	0.067	0.483;0.745	0.000
	Cuartil_3_E	0.537	0.096	0.350;0.725	0.000
	Cuartil_3_A	0.592	0.091	0.414;0.769	0.000
	RIC_E	0.169	0.080	0.012;0.326	0.003
RIC_A	0.182	0.058	0.068;0.295	0.005	
Intensidad	Pt_MxR_E	0.284	0.073	0.140;0.428	0.000
	Pt_MxR_A	0.344	0.108	0.132;0.556	0.000
	ER_E	0.220	0.086	0.051;0.389	0.000
	ER_A	0.223	0.083	0.060;0.386	0.000

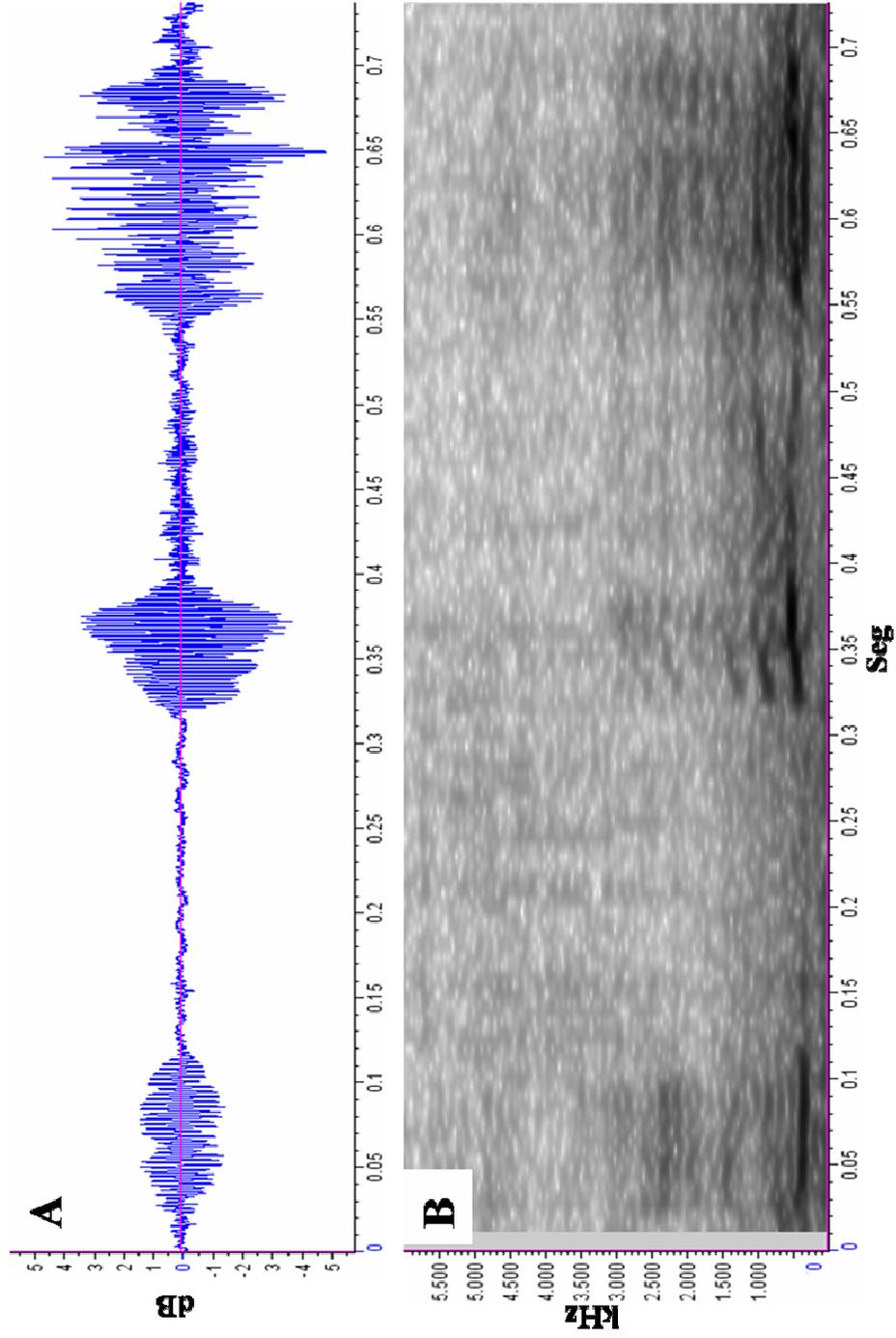
ANEXO II



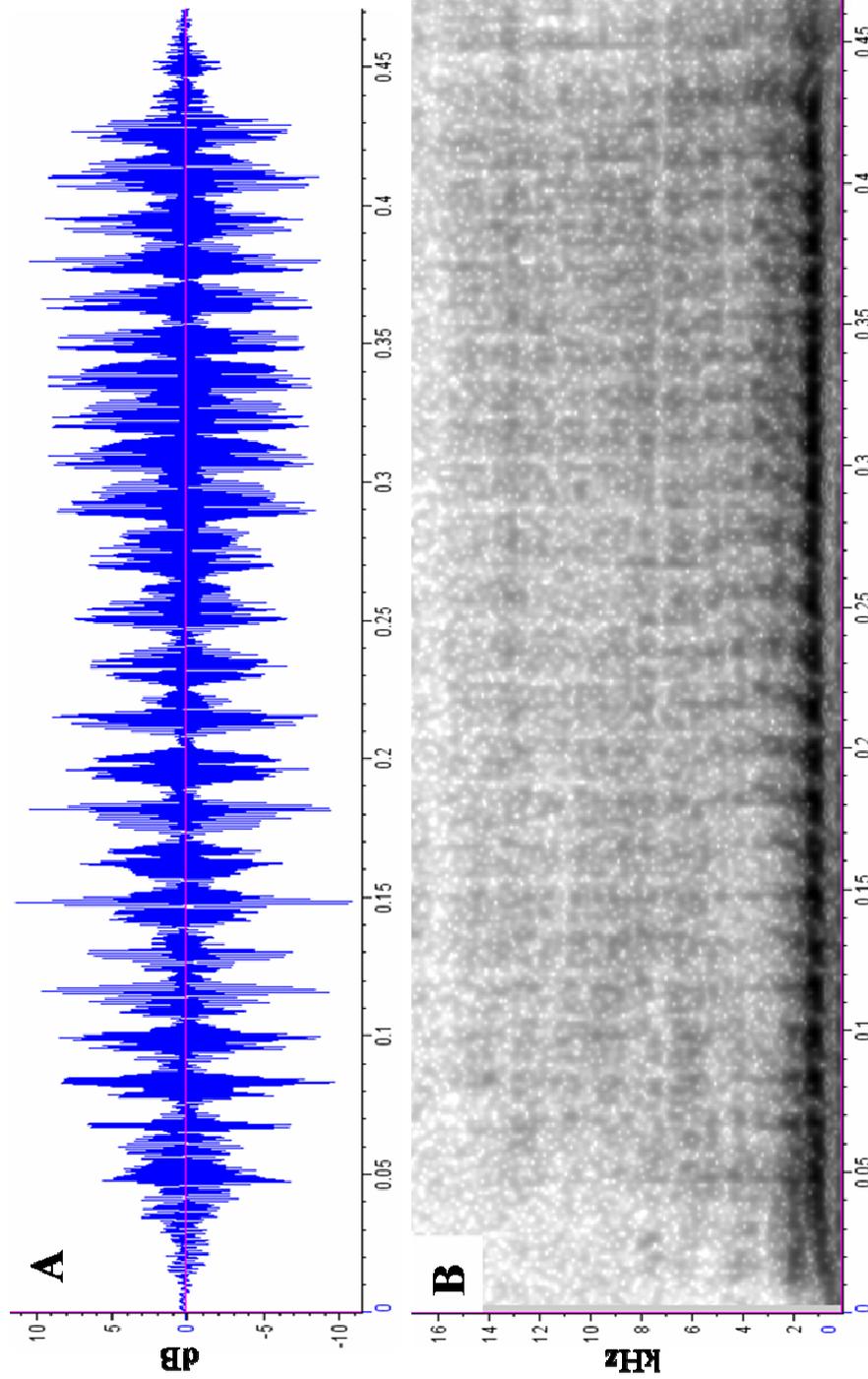
Representación de un llamado de la hembra "Ruspa". A: forma de onda; B: espectrograma ; llamado grabado el día 20 de enero 2007.



Representación de un llamado de la hembra "Ruspa". A: forma de onda; B: espectrograma ; llamado grabado el día 06 de febrero 2007.

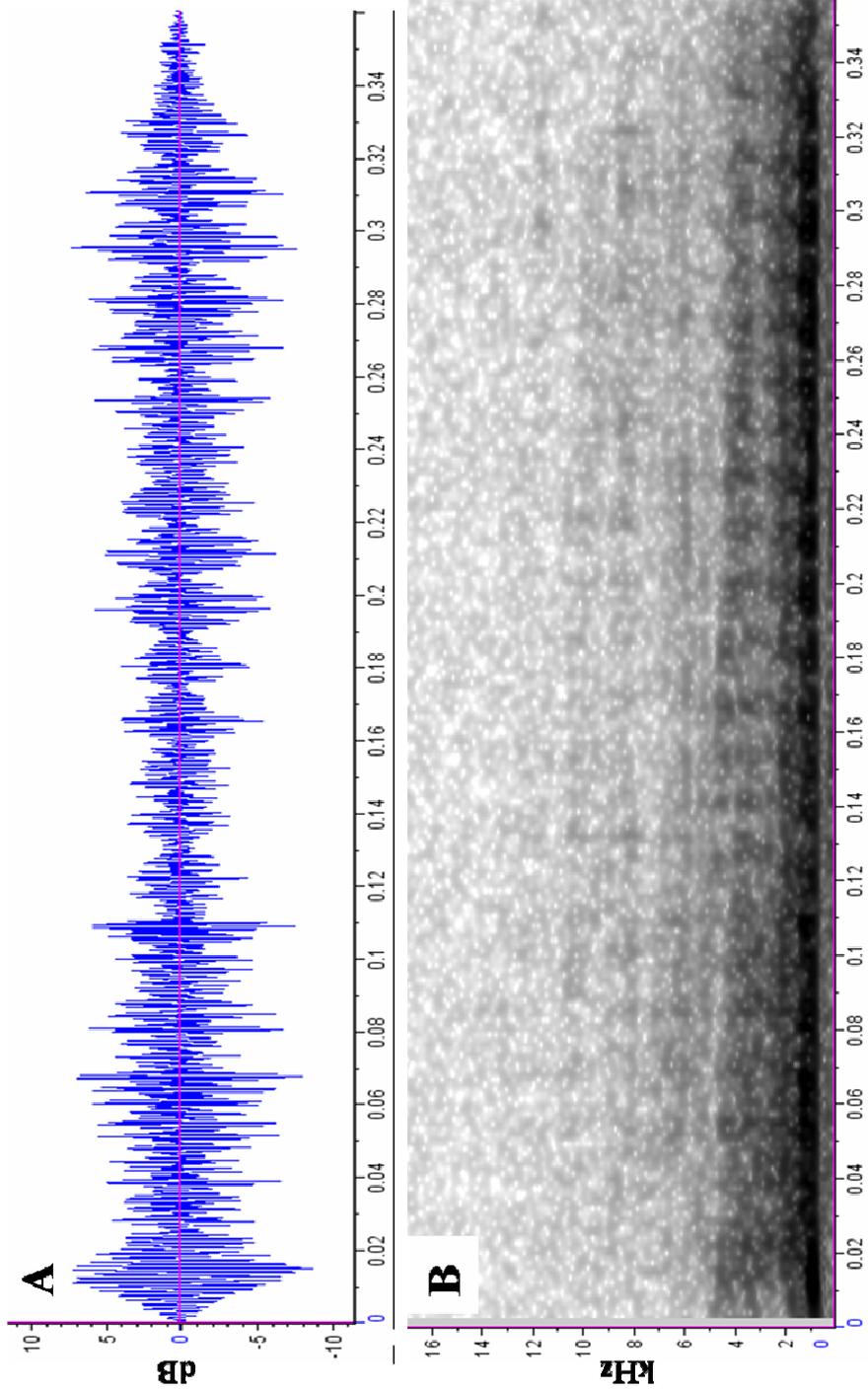


Representación de un llamado de la hembra "Ruspa". A: forma de onda; B: espectrograma ; llamado grabado el día 08 de febrero 2007.

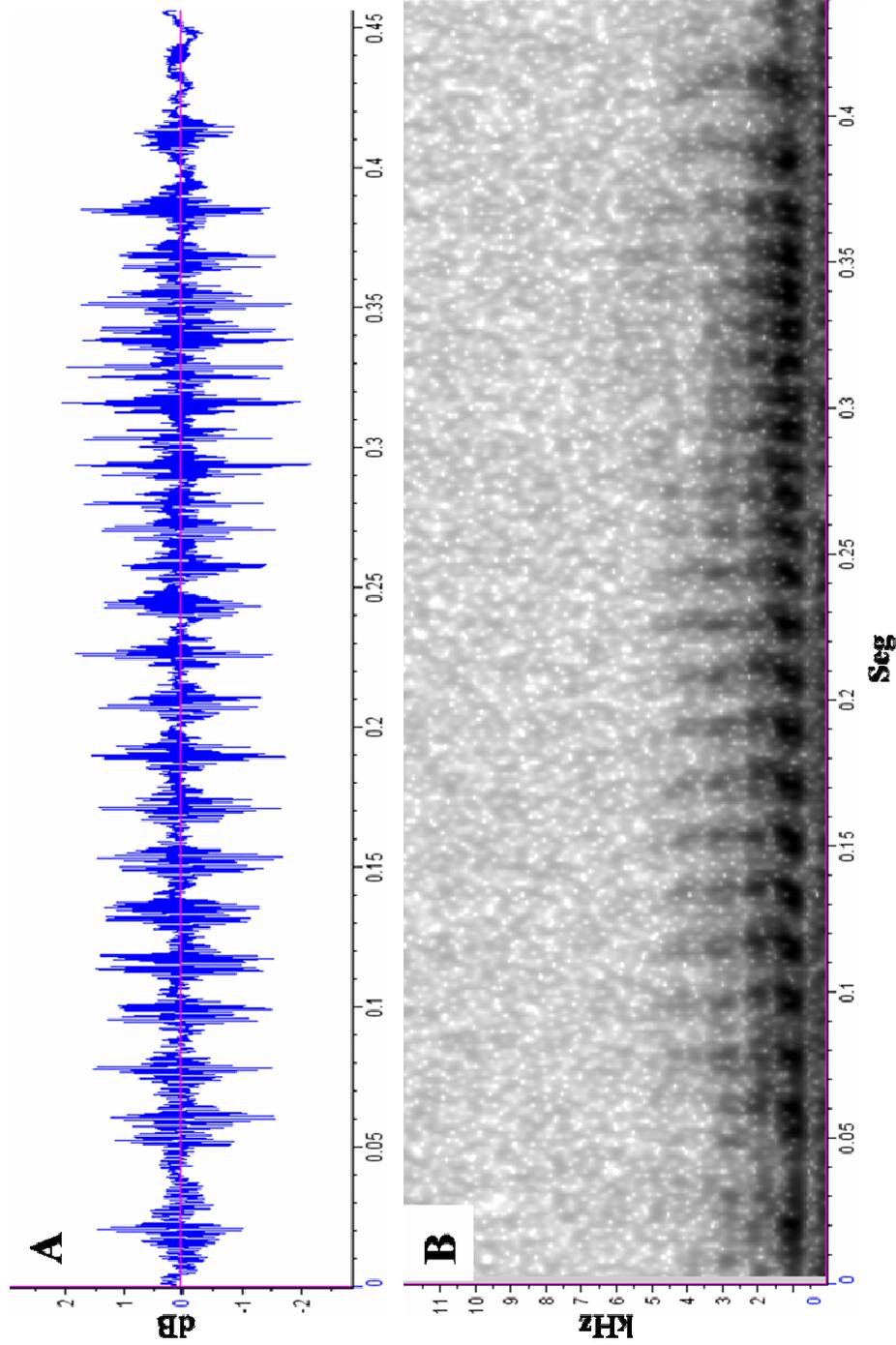


Seg

Representación de un llamado de la cría "R46", la cual es cría de la hembra "Ruspa". A: forma de onda; B: espectrograma ; llamado grabado el día 20 de enero 2007.



Seg
Representación de un llamado de la cría "R46", la cual es cría de la hembra "Ruspa". A: forma de onda; B: espectrograma ; llamado grabado el día 24 de enero 2007.



Representación de un llamado de la cría “R46”, la cual es cría de la hembra “Ruspa”. A: forma de onda; B: espectrograma ; llamado grabado el día 02 de febrero 2007.