

Grao en Biología

Memoria do Traballo de Fin de Grao

Estudo de sinais auditivos en lobos (*Canis lupus signatus*) en cautividade

Estudio de señales auditivas en lobos (*Canis lupus signatus*) en cautividad

Study of auditory signals in captive wolves (*Canis lupus signatus*)



Noemí Blanco Reymóndez
Febrero, 2020

*Directores académicos: María José Servia García
Esther Valderrábano Cano*

Día de defensa: 02/03/2020

Índice

Resumen/ Resumo/ Summary

Palabras clave

1. Introducción.....	7
2. Objetivos.....	9
3. Material y métodos.....	10
Área de trabajo e individuos estudiados.....	10
Sistema de grabación.....	10
Análisis de las grabaciones.....	11
Extracción de datos.....	13
Métodos estadísticos.....	13
4. Resultados.....	14
5. Discusión.....	19
6. Conclusiones.....	22
7. Bibliografía.....	23

RESUMEN

Los aullidos de los lobos son elementos comunicativos complejos y fundamentales para la vida en grupo, en sus estrategias de caza o para la defensa del territorio. Sin embargo, son menos conocidas las características de estas vocalizaciones en situaciones de cautiverio. En este trabajo se han estudiado los aullidos de dos lobos ibéricos (*Canis lupus signatus*) del Parque Zoológico MarcelleNatureza durante el mes de agosto de 2017. En concreto, se ha estudiado la distribución horaria y características sonoras de aullidos emitidos de forma inducida, por los guías de visitantes, o bien espontáneamente. Para ello, se realizaron grabaciones continuadas en la parcela de lobos, y se localizaron y analizaron todos los aullidos con un software de representación del sonido en espectrograma. Los resultados obtenidos muestran que, aunque los horarios de máxima expresión sonora no coinciden con los que mostrarían en el medio natural, sí lo hacen con los períodos de mayor actividad. Además encontramos diferencias significativas entre las características de aullidos inducidos y espontáneos para aquellos emitidos en coro. Los aullidos espontáneos son más largos, están compuestos por más segmentos y alcanzan mayor frecuencia máxima y rango dinámico. Se discute si la inducción de aullidos podría considerarse una actividad de enriquecimiento de tipo sensorial auditivo, beneficioso para los lobos.

PALABRAS CLAVE

Lobo, cautividad aullido espontáneo, aullido inducido, espectrograma, frecuencia, rango dinámico.

RESUMO

Os ouveos dos lobos son elementos comunicativos complexos e fundamentais para a vida en grupo, nas súas estratexias de caza ou para a defensa do territorio. Sen embargo, son menos coñecidas as características destas vocalizacións en situación de cautiverio. Neste traballo estudáronse os ouveos de dous lobos ibéricos (*Canis lupus signatus*) do Parque Zoológico MarcelleNatureza durante o mes de agosto de 2017. En concreto estudouse a distribución horaria e características sonoras de ouveos de lobo, inducidos polos guías de visitantes, ou ben emitidos espontáneamente. Para elo fixéronse grabacións continuadas e se localizaron e analizaron tódolos ouveos con un software de representación do son nun espectrograma. Os resultados obtidos mostran que, anque os horarios de máxima expresión sonora non coinciden cos

que mostrarían no medio natural, si o fan cos períodos de máxima actividade. Ademais atopamos diferenzas significativas entre as características de ouveos inducidos e espontáneos para aqueles emitidos en coro. Os espontáneos son máis longos, están compostos por máis segmentos e acadan maior frecuencia máxima e rango dinámico. Discútese se a inducción de ouveos podería considerarse una actividade de enriquecemento de tipo sensorial auditivo, beneficioso para os lobos.

PALABRAS CHAVE

Lobo, catividade, ouveo espontáneo, ouveo inducido, espectrograma, frecuencia, rango dinámico.

SUMMARY

Wolf howls are complex and fundamental communicative elements for group life, in their hunting strategies or for the defense of territory. However, the characteristics of these vocalizations in captivity situations are less known. In this paper we have studied two Iberian wolves howls (*Canis lupus signatus*) from MarcelleNatureza Zoological Park, during the month of August 2017. Specifically, we have studied the time distribution and sound characteristics of howls emitted in an induced way, by visitor guides, or spontaneously. For this, continuous recordings were made in the wolf plot, and all the howls were located and analyzed with a spectrogram sound representation software. The results obtained show that, although maximum sound expression schedules do not coincide with those that would show in the natural environment, they do so with periods of greater activity. We also found significant differences between characteristics of induced and spontaneous howls for those emitted in chorus. The spontaneous howls are longer, composed of more segments and reach a higher maximum frequency and dynamic range. It is discussed whether the induction of howls could be considered an auditory sensory enrichment activity, beneficial for wolves.

KEYWORDS

Wolf, captivity, spontaneous howl, induced howl, spectrogram, frequency, dynamic range.

1. INTRODUCCIÓN

La habilidad para emitir señales acústicas está presente en muchos grupos animales y, tanto en el medio acuático como en el terrestre, estas señales, vocales o no, son empleadas como modo de comunicación intraespecífica. Por ejemplo, los peces producen sonidos con las aletas pectorales o la vejiga natatoria, y muchos invertebrados (grandes decápodos) hacen chocar sus apéndices de defensa con efecto sonoro (Ladich y Winkler, 2017). Anfibios y reptiles emiten sonidos, con mensajes más o menos complejos, a través de la laringe (Colafrancesco y Gridi-Papp, 2016), mientras que las aves presentan un aparato fonador o siringe para la creación de sonidos, con gran variedad de patrones y diversa utilidad inter e intraespecífica (Stastny et al., 2018). Muchos insectos producen sonidos usando órganos estriduladores, por ejemplo para atraer a una pareja o para la defensa territorial (Heller y Hemp, 2013) por medio de las alas o utilizando la dureza del exoesqueleto. Los mamíferos muestran un rico repertorio de comportamientos relacionados con la comunicación acústica que reflejan, en muchas especies, capacidades sociales altamente desarrolladas. Los mamíferos marinos cuentan con aparatos fonadores adaptados al medio acuático, utilizando infrasonidos y ultrasonidos para comunicarse. Y entre los mamíferos terrestres, las diferencias interespecíficas en la capacidad de vocalización son evidentes, ya que son comportamientos muy relacionados con la integración social (Briefer et al., 2012), lo que ha promovido el desarrollo evolutivo de muchos grupos en torno a esta característica.

Las vocalizaciones de lobos (*Canis lupus*) y otros cánidos parecen tener una complejidad bastante alta. Los lobos son animales sociales y cooperativos (Kershenbaum et al., 2016), con una estructura familiar compleja. Es frecuente por ejemplo, que un aullido solitario provoque que se unan más lobos, formando un coro con varios individuos de la manada (Barret y Zimmen, 1971). La vida en grupo, junto con la amplitud de los territorios que habitan (Iglesias 2017), justificaría la ventaja de utilizar el sonido para comunicarse.

Durante los 6 primeros meses de vida los lobeznos producen una serie de vocalizaciones que desaparecen con el paso del tiempo, excepto una de ellas, que es la vocalización a partir de la cual se desarrollará el aullido al pasar a edad adulta (Frommolt, 1988). Según Palacios et al. (2016), los aullidos ocupan el 50% de las vocalizaciones emitidas por lobos.

El aullido no es una señal arbitraria (Harrington, 1987). Así, la comunicación a grandes distancias de los lobos se produce principalmente a frecuencias bajas (Passilongo et al., 2010), ya que favorece que se alargue el sonido sin perder la potencia. Sin embargo, la estructura acústica y distribución horaria de los aullidos varía en las distintas épocas del año (Frommolt, 1999). Diferentes fuentes coinciden en que la época de mayor actividad y emisión se produce durante los meses de verano (Nowak et al., 2007, Gazzola et al., 2002). Además, el momento del día con mayor actividad coincide con el de mayor índice de expresión sonora, antes del amanecer y antes del atardecer (Nowak et al., 2007).

En condiciones naturales, los aullidos se producen principalmente como señales intraespecíficas para regular interacciones entre miembros de la misma manada o con individuos externos a la misma (Harrington y Mech, 1979) y para mantener el dominio territorial (Harrington, 1978). Así, los aullidos corales son más potentes energéticamente, lo que es útil para magnificar la advertencia territorial (Frommolt, 1999). Las distintas manadas producen además señales acústicas características, pudiéndose reconocer entre ellas debido a las variaciones en las modulaciones de frecuencia, la potencia del sonido emitido e incluso por el timbre de voz, pudiendo haber repertorios propios de cada manada (Passilongo et al., 2010).



Img.1. Lobos de MarcelleNatureza.

Al comparar los aullidos de distintas manadas, se detecta mayor variabilidad cuanto mayor es la distancia física y genética entre ellas (Zaccarini et al., 2012). Además, los aullidos en hábitats abiertos y despejados parecen tener mayor variedad de estructuras acústicas (Henelly et al., 2017) que los de zonas boscosas y cerradas. Se han encontrado incluso acentos de carácter regional (Passilongo et al., 2010, Zaccaroni et al., 2012). Por ejemplo, el timbre de lobos ibéricos es significativamente diferente al de lobos norteamericanos (Palacios et al. 2007). También existe una correlación entre el tamaño de la manada y la duración del aullido (Henelly et al., 2017, Nowak et al., 2007), y la vegetación, la geografía, la climatología o los posibles ruidos antropogénicos pueden condicionar el rango de detectabilidad de los aullidos (Nowak et al. 2007, Morril et al, 2013).

Es posible establecer diferencias entre los aullidos de distintos individuos, que pueden deberse a razones fisiológicas, como la variación de algunas vocalizaciones que se produce con la edad, o por las diversas morfologías de las faringes (Ladich, 2017), que varían con el tamaño y edad del animal; pero

también pueden deberse al contexto en el que se produce el aullido o al estatus del individuo (Palacios et al., 2016).

El análisis de espectrogramas (representación gráfica de las frecuencias sonido frente al tiempo) es una buena herramienta para el estudio de aullidos (Palacios et al., 2016). Así, este tipo de estudios permiten estimar el tamaño de una manada, determinar si hay lobeznos o no, e incluso se pueden diferenciar unos individuos de otros dentro del mismo coro (Passilongo et al., 2015). Todo ello es relevante a la hora de realizar censos (Llaneza et al., 2005), pudiéndose recopilar los aullidos mediante grabaciones automáticas o por medio de playbacks de aullidos (Suter et al., 2016).

Los lobos que viven en cautiverio, más aún si nacieron y crecieron en estas circunstancias, no desarrollan los mismos comportamientos que con la influencia de las variables medioambientales naturales (Shotkoski 2016). Al no estar expuestos a las presiones habituales ni haber podido aprender ciertas conductas de sus progenitores y/o miembros adultos de una manada, se espera encontrar diferencias con la etología de los lobos que viven en libertad (Iglesias 2017). Estas diferencias de conducta podrían extenderse también al uso de vocalizaciones.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es estudiar las vocalizaciones en forma de aullidos de dos ejemplares de lobo (*Canis lupus* Linnaeus, 1758) del Parque Zoológico MarcelleNatureza. Así, dentro de este objetivo general se pretende:

1. Estudiar la distribución horaria de los aullidos emitidos de forma espontánea y los emitidos por incitación de un monitor.
2. Determinar si existen diferencias entre las características de los aullidos emitidos de forma espontánea y los emitidos bajo incitación por parte de un monitor, tanto para aullidos emitidos en coro (2 individuos) como en solitario.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de trabajo e individuos estudiados

El Parque Zoológico MarcelleNatureza, localizado en Outeiro de Rei (Lugo), cuenta dentro de sus instalaciones con un recinto de 6700 m² ubicado en bosque autóctono gallego en que alojan dos ejemplares de lobo ibérico (*Canis lupus signatus*). Éstos proceden de un particular, de una misma camada nacida en cautividad, y tuvieron una impronta mixta mediante la crianza natural y presencia humana, lo cual tiene consecuencias en su comportamiento adulto, pudiendo presentar conductas infantiloideas (E. Valderrábano, conservadora de MarcelleNatureza, com. pers). Llegaron a MarcelleNatureza con 6 meses de edad, y desde su introducción, el manejo se ha realizado a través del cierre, evitando potenciar el acercamiento humano y así recuperar el comportamiento natural de la especie.

Ambos individuos formaron un núcleo social estable con el mantenimiento de una jerarquía clara desde el inicio. La alimentación de ambos individuos se ha basado en piezas cárnicas con una presentación variada para evitar la habituación y fomentar comportamientos depredadores.

Sistema de grabación

Para grabar los aullidos se eligió un punto estratégico, situado junto a la zona en la que los monitores del centro aúllan con sus grupos de visitantes. Utilizamos una grabadora digital Philips VoiceTrainer DVT1150, con capacidad de 4 Gb y 24 horas de independencia. Las grabaciones se realizaron durante 26 días consecutivos, comenzando sobre las 9:30 de la mañana, hora en la que se realizaba el copiado del archivo y el cambio de batería para comenzar la nueva grabación. Hubo dos días que no se pudo grabar a causa del tiempo.

Se grabaron y analizaron los aullidos producidos por los lobos: 1) de forma inducida por guías del parque (aullidos inducidos: AI) o 2) de forma espontánea (aullidos espontáneos: AE). En cuanto a los inducidos, son los guías quienes provocan la respuesta de los lobos, imitando un aullido cuando realizan las visitas guiadas. (En ocasiones realizan varios intentos hasta que responden los lobos) durante las horas de apertura del parque (10:30 – 19:30).

Al registrar sonidos en un área seminatural, con especies tanto libres como en cautiverio, y al estar localizada en zona rural, con perros que con frecuencia aúllan y ladran, las grabaciones se realizaron bajo condiciones no óptimas. Esto supone que la gran mayoría del sonido contenga ruido, dificultando su estudio e impidiéndolo en algunos casos. Por ello, se decidió descartar un pequeño número de aullidos y no extraer datos de los mismos.

Análisis de las grabaciones

Una vez recopiladas, se realizó el análisis de las grabaciones en formato “.wav” con el software de análisis de sonido Raven Lite 2.0 (Center for Conservation Bioacoustics, 2016). Esta versión fue solicitada por correo electrónico a “The Cornell Lab of Ornithology” (<http://ravensoundsoftware.com/>) y es una versión simplificada de Raven Pro, pero suficiente para analizar las variables de interés. Este programa analiza la información representándola mediante la transformada de Fourier, en un espectro o un espectrograma. En un espectro de sonido se puede ver representada la potencia (dB) o la amplitud (kU) del mismo frente al tiempo y en el espectrograma podemos analizar las frecuencias (Hz) de un aullido en el tiempo, además de la potencia emitida en cada momento. Nos limitamos al estudio de espectrogramas debido a la contaminación del sonido con ruidos ambientales o solapamiento con las voces de personas, que impiden hacer un registro objetivo de la potencia del sonido.

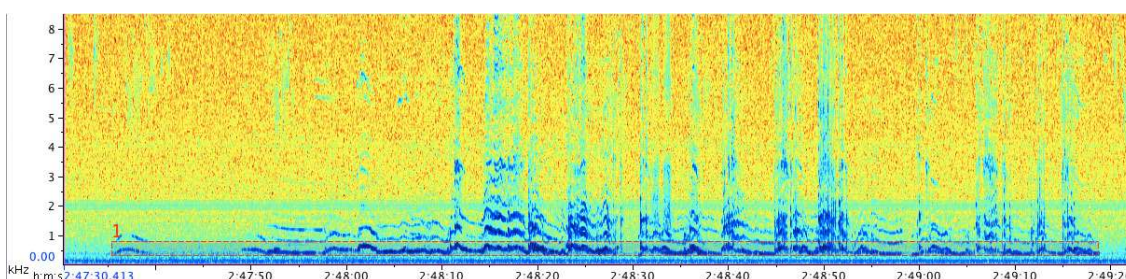


Fig. 1. Espectrograma de un aullido espontáneo en coro completo.

Las variables registradas son las siguientes para cada aullido de lobo (sólo o en coro):

- 1) fecha.
- 2) hora de inicio.
- 3) hora de finalización.
- 4) duración.
- 5) número de segmentos
- 6) frecuencia mínima.
- 7) frecuencia media.
- 8) frecuencia máxima.
- 9) rango dinámico.

Rango dinámico: es el rango de variación en kHz, entre las frecuencias máxima y mínima alcanzadas a lo largo de un aullido.

Extracción de datos

En el caso de los aullidos de lobos, la huella de sonido en los espectrogramas (Fig. 1) puede describirse como una línea horizontal, plana o con mayor o menor

grado de curvatura (modulaciones de sonido) de diversa longitud y con varias separaciones que lo dividen en segmentos de un mismo aullido. Las modulaciones de frecuencia son cambios rápidos de la misma, que se van dando a lo largo del aullido, conformando su estructura.

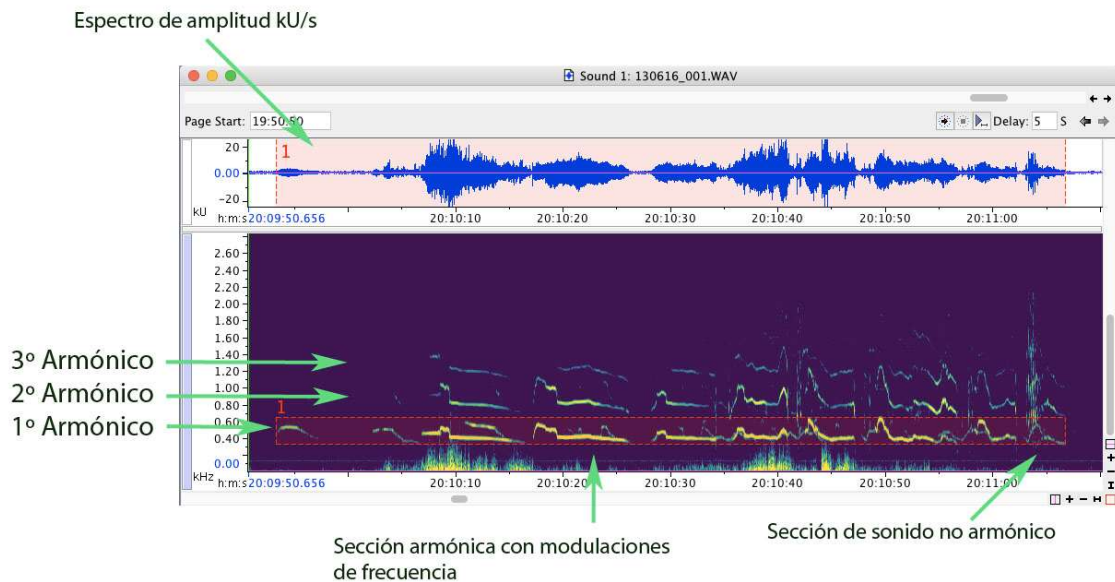


Fig. 2.a) En la parte superior se encuentra el espectro de amplitud. b) Espectrograma. Se observan las bandas correspondientes a los 3 primeros armónicos del sonido de este aullido. Los diferentes segmentos se perciben a simple vista. La última sección es de tipo no armónico. El recuadro inferior permite acotar las bandas del primer armónico o frecuencia principal para registrar los datos de duración, y los relativos a las frecuencias de sonido.

Para sustraer las variables en primer lugar se localizaron los aullidos, inicialmente mediante escucha y posteriormente mediante el análisis visual del espectrograma a través del software. Con esta herramienta podemos hacer las distintas mediciones de frecuencia, tiempo y potencia en cada punto de interés. Si los aullidos están solapados con otros sonidos, las líneas de frecuencia aparecen mezcladas con las propias de esos sonidos, por lo que se precisa un análisis más auditivo que visual para localizar las variables que a simple vista no es posible discriminar. Este caso se dio en gran número de ocasiones, ya que las imitaciones de aullidos por los monitores y otras personas son una constante necesaria en los aullidos inducidos.

Tras registrar las variables citadas, se procedió contabilizar el número de secciones que contiene cada aullido. Estas secciones no son arbitrarias, ya que al representarlo en el espectrograma, se ve cómo el aullido está compuesto por secciones de distinta duración, separados por cortos espacios de tiempo. Estas divisiones naturales se han identificado siguiendo la clasificación de (Palacios, 2007), según la forma que adoptan las secciones de aullido en el espectrograma. También se detectaron, en la mayoría de aullidos en coro, zonas disruptivas que,

según la bibliografía, podrían corresponderse a vocalizaciones distintas de aullidos, que se dan más en lobos juveniles salvajes (Frommolt, 1988).

Métodos estadísticos

Se realizaron test de normalidad de las variables “Duración”, “Número de segmentos”, “Frecuencia máxima”, “Frecuencia mínima”, “Frecuencia media” y “Rango dinámico” mediante el test Shapiro-Wilk, y de homocedasticidad mediante el test de Barlett y Levene. Estos test se realizaron por separado para aullidos en coro (dos individuos) y para aullidos en solitario. Debido al desequilibrio en el número de datos de las muestras, así como la ausencia de normalidad u homocedasticidad de estas variables, se utilizaron test no paramétricos, en concreto el test para dos muestras de Wilcoxon, para comparar las características de aullidos inducidos y espontáneos emitidos en coro o en solitario.

4. RESULTADOS

Durante el período de estudio, los lobos del Parque Zoológico MarcelleNatureza emitieron principalmente aullidos inducidos (157 AI frente a 50 AE). Los monitores, que son los inductores de dichos aullidos, siguen un horario establecido, que se puede percibir a grandes rasgos en la Figura 3.

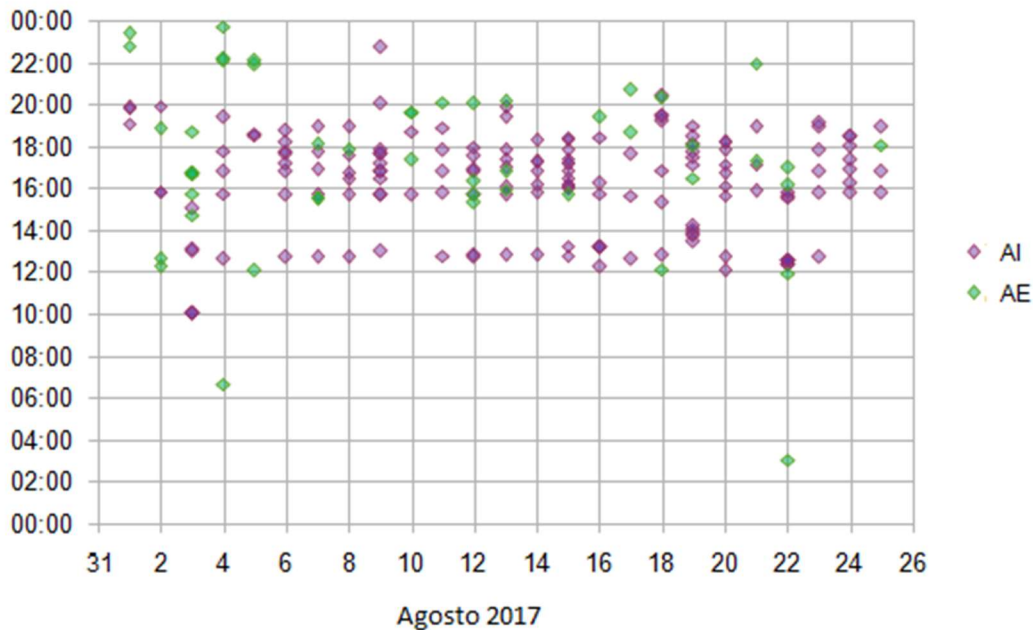


Fig. 3. Distribución horaria de los aullidos de tipo inducido y espontáneo registrados durante el período de estudio.

Así, la distribución horaria de los AI es bastante regular (más del 95% se realizan entre las 12 h y las 22 h), y se ajusta a dichos horarios, y además este tipo de aullidos se produce todos los días. Los AE sin embargo no parecen seguir ningún patrón ni organización y hay 6 días durante el período de estudio en que los lobos no emiten ninguno de este tipo. Sin embargo la gran mayoría de ellos se emiten durante las horas de mayor frecuencia de AI. Además, parece que la cantidad de AE varía de manera opuesta a la abundancia de AI: los días en los que hay mayor número de respuestas positivas al aullido de un monitor, los lobos emiten menos AE y viceversa.

Estos lobos, a pesar de tener una rutina de aullidos diaria en esa época del año, también emiten aullidos de noche. Así, se registraron en total 11 AE entre el alba y el ocaso, de los 212 aullidos emitidos ese mes. Éstos representan el 22 % de los 50 AE registrados.

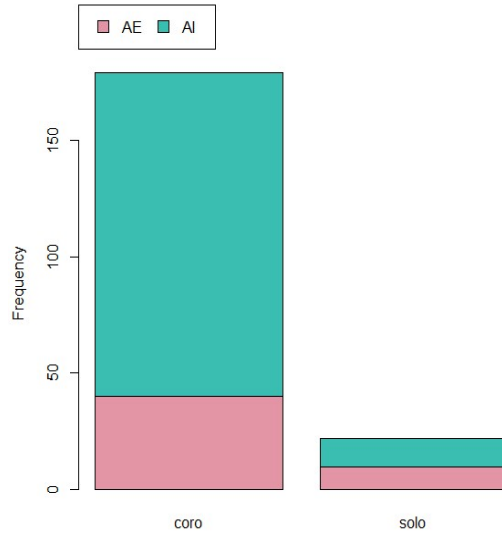


Fig. 4. Gráfico de frecuencia de AE y AI en aullidos en coro y en solitario.

Por otro lado, los lobos aúllan o solos o en coro (Fig. 4). Un total de 22 aullidos fueron emitidos en solitario (el 14% del total). Estos aullidos se caracterizan por su corta duración y por estar compuestos de pocos segmentos. Sólo 4 aullidos están compuestos de más de 3. Los aullidos en coro por otra parte, tienen una media de 5,9 segmentos por aullido (sd=2,957).

En cuanto a las características de estos dos tipos de aullidos (AI y AE), para los emitidos en coro se detectan diferencias significativas en las variables “Duración de aullido”, “Frecuencia máxima”, “Número de segmentos” y “Rango dinámico”(p<0.05), mientras que las variables “Frecuencia media” y “Frecuencia mínima” tienen características semejantes (p>0.05).

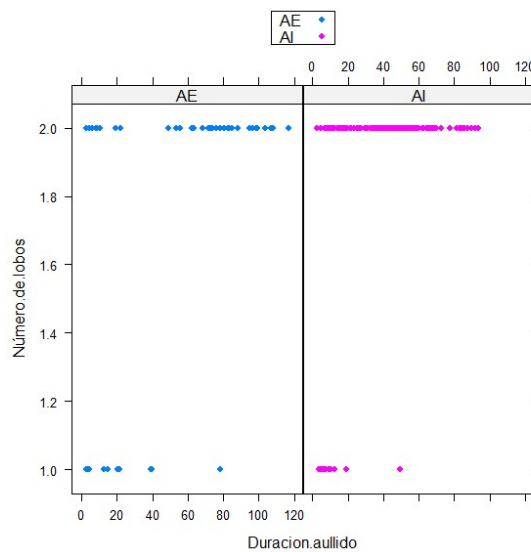


Fig. 5. Duración de los aullidos inducidos o espontáneos emitidos en coro (2 lobos) o en solitario,

Así por ejemplo, los aullidos espontáneos tienen una duración media mayor que la de los AI (Fig. 5 y 6). Además, se observa que la distribución de los AE producidos en coro es bimodal, con aullidos cortos, de alrededor de 20 s, o bien largos, de alrededor de 50 s (Fig. 6). Los AI sin embargo, describen una distribución unimodal, donde la mayoría presentan una duración intermedia a los grupos de AE.

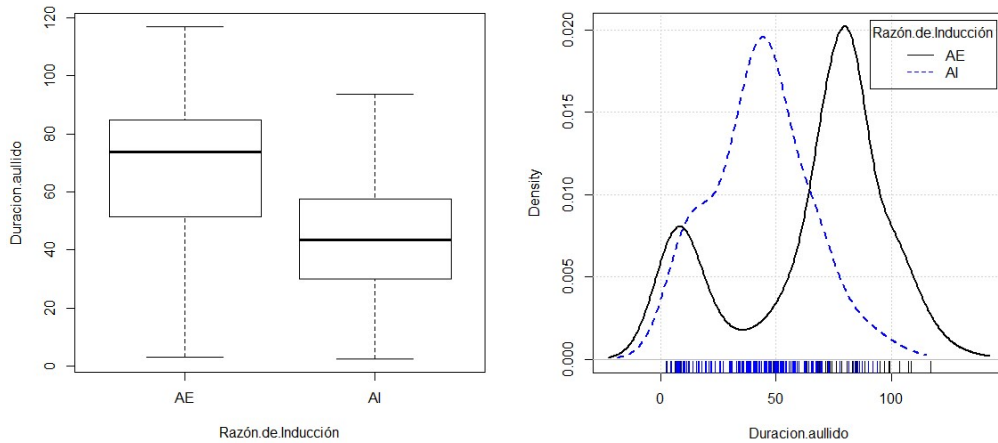


Fig. 6. Diagrama de cajas y gráfica de densidad de la variable “Duración de aullido” en coro para aullidos espontáneos e inducidos.

El número de segmentos sigue una distribución unimodal (Fig.7). La media de AE es de 6.7 segmentos ($sd=3.361$) y la de AI de 5.1 ($sd=2.824$). Pero más del 50 % de AE están compuestos por entre 6 y 10 segmentos, mientras que en AI se registran de 1 a 12 secciones por aullido, con un pico de entre 6 y 8 secciones.

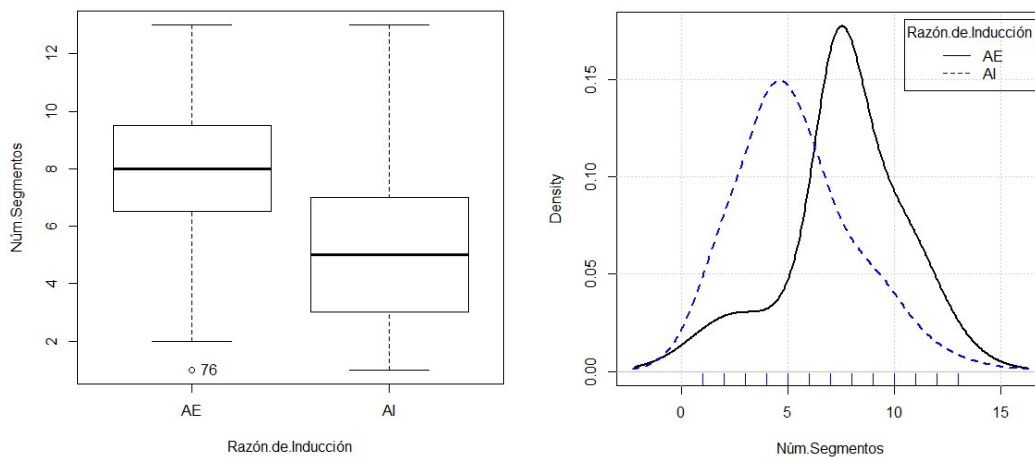


Fig. 7. Diagrama de cajas y gráfica de densidad de la variable “Número de segmentos” en coro para aullidos espontáneos e inducidos.

En cuanto a la frecuencia máxima, la media para AE emitidos en coro es de 674,2 kHz y en AI es de 648,9 kHz, siendo su distribución unimodal en los dos casos (Fig. 8). A pesar de ello observamos en AE una tendencia a una mayor variación a frecuencias más altas.

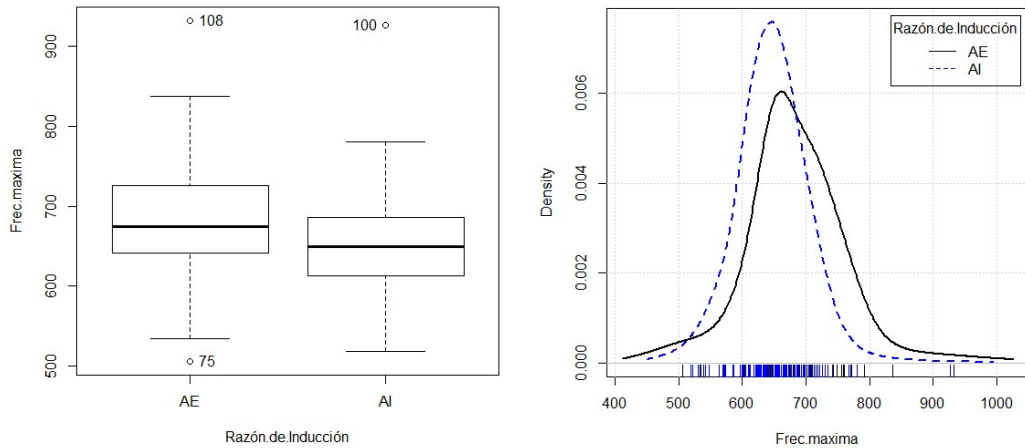


Fig. 8. Diagrama de cajas y gráfica de densidad de la variable “Frecuencia máxima” en coro para aullidos espontáneos e inducidos.

Las medias del rango dinámico (rango de variación en kHz entre las frecuencias máxima y mínima alcanzadas a lo largo de un aullido) son de 398,65 kHz en AE y de 355 kHz en AI, presentando los AE una distribución bimodal (Fig. 9). Se observa una variación ligeramente mayor en el rango dinámico de AE.

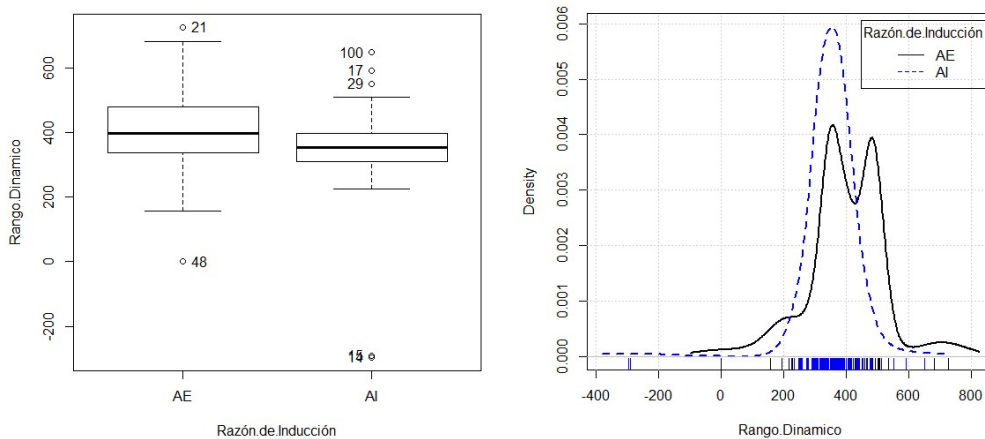


Fig. 9. Diagrama de cajas y gráfica de densidad de la variable “Rango dinámico” en coro para aullidos espontáneos e inducidos.

Por el contrario, los test realizados para cada variable en aullidos en solitario no determinan si existen diferencias significativas entre AE y AI ($p > 0.05$), pero la mayoría son aullidos cortos (Fig. 9) y además poco frecuentes (el tamaño de la muestra analizada es muy pequeño, ver Fig. 4).

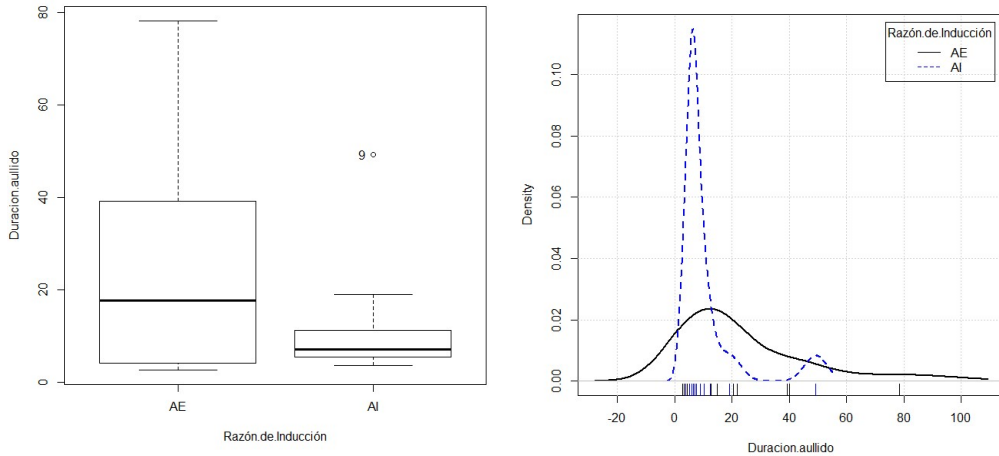


Fig. 9. Diagrama de cajas y gráfica de densidad de la variable “Duración del aullido” en solitario para aullidos espontáneos e inducidos.

De hecho, incluso en casos donde no se encontraron diferencias entre AE y AI para aullidos en coro, como para la variable “Frecuencia media”, la distribución parece ser diferente entre AE en coro y en solitario (Fig. 10). En el primer caso es unimodal y en el segundo es bimodal, con un primer pico de densidad es entre 400 y 450 kHz y el segundo entre 450 y 500 kHz.

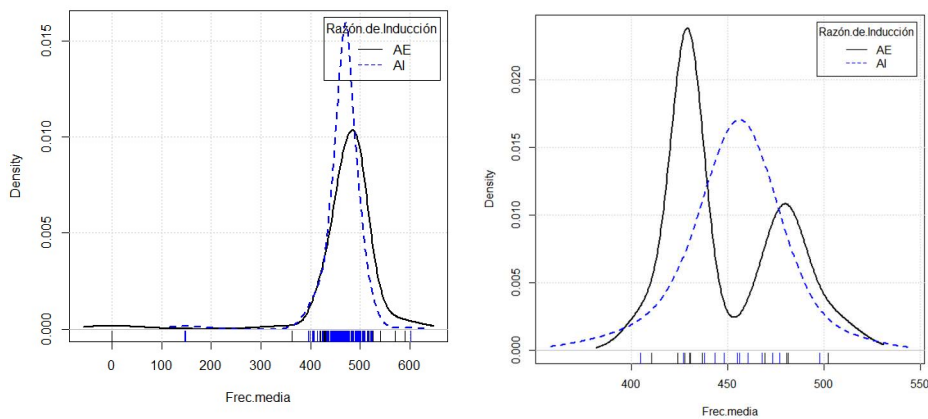


Fig. 10. Gráfica de densidad de la variable “Frecuencia media” para a) coro y b) solo en AE y AI.

5. DISCUSIÓN

Los lobos de Marcelle tienen un horario de emisión de aullidos marcado por la interacción comunicativa con los guías y visitantes del parque. Esto resulta ser una variable influyente en su conducta diaria durante los meses que realizan esa actividad, ya que ocupa una parte importante de su tiempo. Esta idea se ve reforzada con los datos de abundancia de aullidos espontáneos frente a los inducidos (68 %). Aún así, cabe destacar que los aullidos espontáneos suponen más de un 25% del total, lo cual no es desdeñable. Por otra parte, los AE abundan más durante las horas en las que se producen los AI, en algún caso precediendo o suplantando en el tiempo a alguno de ellos.

Los condicionantes y problemas de los animales en cautividad se alejan de aquellos para los que la especie está mejor adaptada. Además, la falta de objetivos periódicos, como la organización en manada para la búsqueda de alimento y la caza, o el cuidado de la prole, y la falta de factores motivadores (como puede ser la interacción con objetos de enriquecimiento o la interacción con otros individuos) pueden ser causa de comportamientos estereotipados, de la supresión del funcionamiento cognitivo y otros síntomas de ansiedad que disminuyen drásticamente la calidad de vida de estos animales (Vaz et al. 2017). Frézard y Le Pape (2003) no encontraron una disminución de bienestar con relación al tamaño de la parcela, pero sí vieron que varía mucho según las características y contenido de las mismas. En MarcelleNaturaleza llevan a cabo un plan de enriquecimiento de varios tipos, entre ellos de tipo sensorial con probable eficacia en la mejora del bienestar animal. La incitación al aullido que realizan los guías parece ser beneficiosa, al incluir una variable que les permite desarrollar parte de su etología natural, como es la comunicación con otros individuos. En este estudio, los lobos respondieron a todos los aullidos emitidos por guías, salvo en un par de casos. Además, la abundancia de AE en cada día, parece estar inversamente relacionada con la de AI. Así, aunque con precaución, esto podría considerarse un indicio de que los AI cubren al menos parte de las necesidades comunicativas del grupo, ya que emiten más AE ante la falta de AI. De hecho, aunque los estudios demuestran el efecto negativo que tiene el trasiego de visitantes en zonas colindantes a las parcelas (Shotkoski 2016), el entrenamiento de lobos en cautividad con humanos puede reducir sus niveles de estrés, ya que las interacciones con los cuidadores parecen ser beneficiosas en cánidos sociales (Da Silva Vasconcellos et al., 2016) al contrario de lo que sucede con la presencia sin interacción de grupos de humanos (Mazzini et al., 2013).

Un problema recurrente de las técnicas de enriquecimiento ambiental para animales en cautiverio es la habituación del individuo al estímulo. En el estudio de Palacios et al. (2015), se prueba cómo los lobos pasan por un periodo de máximo interés ante un estímulo auditivo, seguido por un periodo de habituación en el que disminuye la respuesta al aullido de la persona o grabación emisora. En

el caso de Marcelle Natureza, los grupos de visitantes son diferentes cada vez, con características y conductas variables. Por ello la inducción del aullido podría ser una herramienta de enriquecimiento que permitiría un interés continuado para los lobos.

En cuanto a los horarios de emisión de aullidos, algunos autores concluyen que las horas de mayor abundancia de vocalizaciones coinciden con las de máxima actividad del lobo en su hábitat natural. Esto es antes del alba y/o tras el ocaso. Así, por ejemplo, Gazzola et al. (2002) observó que los picos de abundancia de aullidos se daban en verano, en dos momentos del día, antes de las 23 pm y antes de las 5 am. Nowak et al. (2007) también sitúan en agosto el pico de abundancia máxima anual. Los picos de máxima actividad ocurren en este caso entre las 4- 8 am y entre las 18- 22 pm, horas bastante cercanas a las citadas previamente. Joslin (1967) registra el pico de abundancia entre las 22 pm y las 8 am.

Los lobos en cautiverio no comparten necesariamente las mismas rutinas que los lobos en libertad, por lo que la actividad diurna y nocturna podría ser diferente. Así, para el grupo de lobos estudiado, los momentos de mayor actividad serían aquellos en los que se emiten los aullidos inducidos (existe actividad por parte de visitantes) y la toma de alimentación a última hora de la tarde. Así, las horas de máxima actividad coincidirían en este caso con las de mayor abundancia de aullidos, al igual que sucede en la naturaleza.

En cuanto a las características de los aullidos, los de un solo individuo, como era de esperar, se caracterizan por ser en general cortos. El aullido de un lobo en una manada en libertad suele acabar siendo un aullido en coro al que se va uniendo cada miembro (Zimmen, 1971). Así, en el caso de este grupo, suele ser uno de los lobos el que comienza a vocalizar, uniéndose el otro la gran mayoría de las veces (en este trabajo sólo el 14% de los aullidos se realizan en solitario). La proporción de AE y AI es semejante entre este tipo de aullido, es decir, los aullidos solitarios parecen darse con la misma asiduidad, con o sin inducción

Por otra parte, dentro de los aullidos en coro, los AE duran más que los AI. Además los AE tienen una distribución bimodal, en la que los aullidos parecen organizarse en dos rangos de duración, uno corto (entorno a los 20 s) y otro largo (alrededor de 50 s). Los AI sin embargo siguen una distribución unimodal en la que los aullidos se agrupan formando un pico cerca de los 40 s, duración intermedia entre las de AE. En otros estudios con lobos en cautividad también se observa una duración media de AE superior a la de AI (Watson, 2018). En la naturaleza los lobos ibéricos (*Canis lupus signatus*) se caracterizan por realizar vocalizaciones de entre 26 y 183 segundos (Palacios, 2016). Por otro lado, Servín et al. (2000) comparan la duración media de los aullidos de lobo mexicano (*Canis lupus baileyi*), alrededor de 41 s, lobo norteamericano (*Canis lupus irremotus*), con media de 60 s, y lobo canadiense (*Canis lycaon*) con media de 85

s. Según Harrington (1989) la duración de los aullidos en climas templados es menor que la de las especies árticas, por lo que parece que la duración de los aullidos podría depender de múltiples variables.

A pesar de que los AE duran más que los AI en el presente estudio, éstos están conformados por entre 1 y 12 segmentos en proporciones semejantes, mientras entre los AE priman los constituidos por entre 6 y 10 segmentos. De este modo, parece que los AI podrían ser más variables, mientras que los AE presentarían características más semejantes entre ellos. Por el contrario, los AE muestran mayor variación tanto en la frecuencia máxima como en el rango dinámico. Frommolt (1999) señala que las modulaciones de frecuencia ejercen un papel en el aviso de defensa territorial. En definitiva, los AE se diferenciarían de los AI en que duran más tiempo, contienen más segmentos, tienen más variación de rango dinámico y de frecuencia máxima y se emiten a frecuencias máximas más altas.

Según Passilongo et al. (2010) el rango de frecuencias y la frecuencia máxima son los parámetros más importantes para estudiar estas vocalizaciones. Según su estudio, este tipo de comunicación a larga distancia se da a frecuencias bajas, como es el rango utilizado por los lobos. En los registros de Palacios et al. (2016) las frecuencias de los aullidos estudiados se dieron de entre 300 y 1900 kHz. En este trabajo la media de frecuencias máximas y mínimas emitidas se sitúa entre 290 y 650 kHz. Los rangos son más bajos para nuestros lobos en cautividad. Sería interesante comprobar si está directamente relacionado con la diferencia de distancias en las que los lobos se comunican (en libertad y cautividad).

Además, según nuestros resultados, los aullidos en coro también alcanzan frecuencias máximas mayores que en los aullidos en solitario (dentro del rango que ocupan los aullidos, que se dan a frecuencias bajas). Estas diferencias podrían tener que ver con el estado de ánimo del individuo o con el grado y tipo de interés provocado por el estímulo inductor del aullido. Watson (2018) postula que los aullidos varían de modo sistemático dependiendo del contexto motivacional o conductual en el que se produzcan, y Harrington (1987) asegura que el estado anímico puede influenciar en la frecuencia fundamental de los aullidos, por lo que sí puede existir una relación entre la frecuencia utilizada y el estado anímico del animal.

Así, para conocer mejor las diferencias y las características de estos tipos de aullido en el grupo de lobos estudiado debería ampliarse el registro a épocas del año en las que no se realizan visitas de grupos. Quizás el hecho de que esta actividad no se produzca todos los meses resulte ser beneficioso para evitar que deje de ser un elemento interesante para los lobos y se habitúen al mismo.

6. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este trabajo son:

- 1- Los dos lobos ibéricos del Parque Zoológico Marcelle Natureza emiten aullidos inducidos por los guías de visitantes, así como aullidos espontáneos, los cuales suponen más de un 25% del total en este trabajo.
- 2- Los lobos responden casi siempre a la llamada de los guías, y sólo muy excepcionalmente dejan de hacerlo.
- 3- El número de aullidos espontáneos parece ser inversamente proporcional al de aullidos inducidos, lo que podría constituir un indicio de que los aullidos inducidos cubren al menos parte de las necesidades comunicativas del grupo.
- 4- Los aullidos, tanto espontáneos como inducidos, se registraron mayoritariamente entre las 12:00 y las 20:00 horas, horario que difiere del que muestran en la naturaleza, que generalmente tiene dos picos en verano (uno al amanecer y otro al anochecer).
- 5- A pesar de esta diferencia en el horario, los aullidos son emitidos en las horas de más actividad, lo que sí coincide con las observaciones en el medio natural.
- 6- Los aullidos espontáneos emitidos en coro presentaron diferencias significativas respecto a los inducidos, siendo más largos, con mayor número de segmentos, frecuencia máxima más alta y mayor rango dinámico.
- 7- Los aullidos espontáneos e inducidos emitidos en solitario presentaron características similares.
- 8- Este estudio podría ser ampliado a otras épocas del año para comprobar si los patrones de emisión y las características de los aullidos se mantienen.

CONCLUSIONES

As principais conclusões deste trabalho son:

- 1- Os dous lobos ibéricos do Parque Zoológico Marcelle Natureza emiten aullidos inducidos polos guías de visitantes, así como aullidos espontáneos, os cales supoñen máis dun 25 % do total neste traballo.
- 2- Os lobos responden case sempre á chamada dos guías, e só moi excepcionalmente deixan de facelo.
- 3- O número de aullidos espontáneos parece ser inversamente proporcional ó de aullidos inducidos, o que podería constituir un indicio de que os aullidos inducidos cobren ao menos parte das necesidades comunicativas do grupo.
- 4- Os aullidos, tanto espontáneos como inducidos, se rexistraron maioritariamente entre as 12:00 e as 20:00 horas, horario que difere do que mostran na natureza, que normalmente ten dous picos no verán (un cerca do mencer e outro no anoitecer).
- 5- A pesar desta diferenza no horario, os aullidos son emitidos nas horas de máis actividade, o que sí coincide coas observacións no medio natural.
- 6- Os aullidos espontáneos emitidos en coro presentaron diferenzas significativas respecto ós inducidos, sendo máis longos, con maior número de segmentos, frecuencia máxima máis alta e maior rango dinámico.
- 7- Os aullidos espontáneos e inducidos emitidos en solitario presentaron características similares.
- 8- Este estudo podería ser ampliado a outras épocas do ano para comprobar se os patróns de emisión e as características dos aullidos se manteñen.

CONCLUSIONS

The main conclusions of this paper are:

- 1- Both the Iberian wolves of the MarcelleNatureza Zoological Park emit howls induced by visitor guides, as well as spontaneous howls, which account for more than 25% of the total in this study.
- 2- The wolves almost always responded to guides call, and very exceptionally stop doing so.
- 3- The number of spontaneous howls seems to be inversely proportional to induced howls, which could constitute an indication of that induced howls covers at least part of group's communicative needs.
- 4- Howls, both spontaneous and induced, were recorded mostly between 12:00 and 20:00 hours, time that differs from shown in nature, which has two peaks in summer (one at dawn and another at sunset).
- 5- In spite of this schedule difference, howls are emitted at more active hours, which does is the same than observations in natural environment.
- 6- Spontaneous howls emitted in chorus, showed differences with respect to those induced, being longer, with greater number of segments, higher maximum frequency and greater dynamic range.
- 7- Spontaneous and induced howls emitted have specifically similar characteristics.
- 8- This study could be extended to other times of the year to verify if emission patterns and howling characteristics are required.

7. BIBLIOGRAFÍA

Shotkosky k. 2016. *Effects of visitorss and enrichments on behavior of captive red wolves (Canis rufus) at the Great Plains Zoo, Sioux Falls, South Dakota*. Thesis and Dissertations. 1109. South Dakota State University.

Suter S., Giordiano M., Nietlispach S., Apollonio M. y Passilongo D. 2016. *Non-invasive acoustic detection of wolves*. Bioacoustics. Institute of Natural Resource Sciences, Zurich University of Applied Sciences.

Zaccaroni M., Passilongo D., Buccianti A., Dessi-Fulgheri, Facchini C., Gazzola A., Maggini I y Apollonio M. 2012. *Group specific vocal signature in free-rangin wolf packs*. Ethology Ecology & Evolution, 24:4, 322-331, DOI: 10.1080/003949370.2012.664569.

Palacios. V., Font E., Márquez R y Carazo P. 2015. *Recognition of familiarity on the basis of howls: a playback experiment in a captive group of wolves*. Behaviour. DOI: 10.1163/1568539X-00003244.

Kershenbaum A., Root-Gooteridge H., Habib B., Koler-Matznick J., Mitchell B., Palacios V. y Waller S. 2016. *Disentangling canid howls across multiple species and subspecies: Structure in a clomplex communication chanel*. Behavioural processes 124(2016) 149-157. DOI: 10.1016/beproc.2016.01.0006.

Root-Gooteridge H. Bencsik M., Chebli M., Gentle L., Terrel-Nield C., Bourit A. y Yarnell R. 2013. *Identifying individual wild Eastern grey wolves (Canis lupus lycaon) using fundamental frecuency and amplitude of howls*. Bioacoustics. DOI: 10.1080/09524622.2013.817317.

Passilongo D., Mattioli L., Bassi E., Szabó L. y Apollonio M. 2015. *Visualizing sound: counting wolves by using a spectral view of the chorus howling*. Frontiers in Zoology. DOI: 10.1186/s12983-015-0114-0.

Darden S., Pedersen S. y Dabelsteen T. 2003. *Methods of frequency analysis of a complex mammalian vocalization*. Bioacoustics. Vol 13. pp. 247-263.

Filibeck U., Nicoli M., Rossi P. y Boscagli G. *Detection by frequency analyzer of individual wolves howling in a chorus: a preliminary report*. Italian Journal of Zoology, 49:1-2, 151-154. DOI: 10.1080/11250008209439382.

Frommolt k. 1999. *Acoustic structure of chorus howling in wolves and consequences for sound propagation*. The Journal of acoustical Society of America. DOI: 10.1121/1.425663.

Palacios V., Font E. y Márquez R. 2007. *Iberian wolf howls: acoustic structure, individual variation, and a comparison with north American populations*. Journal of Mammalogy 88(3):606-613.

Root-Gutteridge H., Bencsik M., Chebli M., Gentle L. Terrel-Nield C., Bourit A. y Yarnell R. 2014. *Improving individual identification in captive Eastern grey wolves*

(*Canis lupus lycaon*) using the time course of howl amplitudes. *Bioacoustics*, 23:1, 39-53. DOI: 10.1080/09524622.2013.817318.

Gazzola A., Avanzinelli E., Mauri L. Scandura M. y Apollonio M. 2002. *Temporal changes of howling in south European wolf packs*. *Italian Journal of Zoology*, 69:2, 157-161. DOI: 10.1080/11250000209356454.

Kershenbaum A., Déaux E., Habib B., Mitchell B., Palacios V., Root_Gutteridge H. y Waller S. 2017. *Measuring acoustic complexity in continuously varying signals: how complex is a howl?* *Bioacoustics* 27:3, 215-229. DOI:10.1080/09524622.2017.1317287.

Frommolt K., Kaal M., Paschina N. y Nikolskij A. 1988. *Sound development of the wolf (Canis lupus L., Canidae L.)*. *Zool. Jb. Physiol.* 92, 105-115.

Palacios V., Lopez-Bao J., Llaneza L. Fernández C. y Font E. 2016. *Decoding group vocalizations: the acoustic energy distribution of chorus howls is useful to determine wolf reproduction*. *Plos ONE* 11(5):e0153858. DOI: 10.1371/journal.pone.0153858.

Llaneza L. Ordiz A., Palacios V. y Uzal A. 2005. *Monitoring wolf population using howling points combined with sign survey transects*. *Wildl. Biol.Pract.* 1(2): 108-117. DOI:10.2461/wbp.2005.1.13.

Slivinskas V., Simonyte V. y Pyz G. 2010. *Modeling of iron wolf howling*. *Solid state phenomena*, Vol. 164, pp. 249-254.

Nowak S., Jedrzejewski W., Schmidt K., Theuerkauf J., Myslajek R. y Jedrzejewska B. 2007. *Howling activity of free-ranging wolves (Canis lupus) in the Bialowieza Primeval Forest and the Western Beskidy Mountains (Poland)*. *J Ethol*, 25:231-237

Hennelly L. Habib B., Root_Gutteridge H., palacios V. y Passilongo D. 2016. *Howl variation across Himalayan, North African, Indian and Holartic wof clades: tracing divergence in the world's oldest wolf llineages using acoustics*. *Current zoology*, 1-8.

Comazzi C., Mattiello S., Friard O., Filacorda S. y Gamba M. 2016. *Acoustic monitoring of golden jackals in Europe: setting the frame for future analysis*. *Bioacoustics*, Vol.25, NO. 3, 267-278. DOI: 10.1080/09524622.2016.1152564

Passilongo D., Buccianti A., Dessi-Fulgheri F., Gazzola A., Zaccaroni M. y Apollonio M. 2010. *The acoustic structure of wolf howls in some eastern Tuscany (central Italy) free ranging packs*. *Bioacoustics*, Vol. 19, pp. 159-175.

Watson S. 2018. *Wolf howls encode both sender- and context- specific information*. *Animal Behaviour* 145:59-66. DOI: 10.1016/j.anbehav.2018.09.005.

