



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Facultad de Medicina

Identificación y descripción
conductual y sonográfica de las
vocalizaciones agonísticas emitidas por
Ateles Geoffroyi, en dos poblaciones con
diferentes condiciones de cautiverio

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(AMBIENTAL)

P R E S E N T A

José Domingo Ordóñez Gómez

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS:
Dra. Ana María Santillán Doherty
COMITÉ TUTOR:
Dr. Juan Carlos Serio Silva
Dra. María del Carmen Bazúa Durán

MÉXICO, D.F.

Octubre, 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 17 de mayo de 2010, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)** del alumno **ORDÓÑEZ GÓMEZ JOSÉ DOMINGO** con número de cuenta **300586983** con la tesis titulada **"IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN CONDUCTUAL Y SONOGRÁFICA DE LAS VOCALIZACIONES AGONÍSTICAS EMITIDAS POR *Ateles geoffroyi*, EN DOS POBLACIONES CON DIFERENTES CONDICIONES DE CAUTIVERIO."**, realizada bajo la dirección de la : **DRA. ANA MARÍA SANTILLÁN DOHERTY.**

Presidente: DR. VICTOR ARROYO RODRÍGUEZ
Vocal: DRA. MARÍA GUADALUPE MÉNDEZ CÁRDENAS
Secretario: DRA. ANA MARÍA SANTILLÁN DOHERTY
Suplente: DR. JAIRO MUÑOZ DELGADO
Suplente: DR. JUAN CARLOS SERIO SILVA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 8 de octubre de 2010



Dr. Juan Núñez Farfán
Coordinador del Programa

Agradecimientos

Quiero agradecer primeramente al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM por ser mi casa de estudio y al CONACYT por el apoyo económico que recibí.

A mis Tutores:

Dra. Ana María Santillán Doherty
Dr. Juan Carlos Serio Silva
Dra. María del Carmen Bazúa Durán
Dr. Jairo Ignacio Muñoz Delgado
Dra. María Guadalupe Méndez Cárdenas
Dr. Víctor Arroyo Rodríguez

Al Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana por permitirnos utilizar las instalaciones de Papiapan, en particular al M. en C. Domingo Canales Espinosa y al M. en C. Francisco García Orduña.

Al Ing. Andrés Gaona González por desarrollar la parte técnica para la realización de los registros.

Agradecimientos personales

Esta tesis como todo lo que he realizado es producto del apoyo y amor que han depositado en mi muchas personas.

En primer lugar quiero agradecerle a mi papa, por preocuparse por mi y ponerme un ejemplo, que aunque todavía es muy difícil para mi seguirlo, me gustaría algún día ser una persona sencilla, que se preocupa por su entorno y pone su granito de arena para que este mundo mejore, “ser humanista”.

Tengo que agradecer también a mi hermano y a mi mama por ser compañeros y cómplices de mi viaje en esta vida. A mis primos por todas las travesuras que han hecho conmigo.

Otra persona fundamental en este proyecto, quizá la más importante fue Ana María Santillán Doherty, a ella no le quiero agradecer sólo por el interés que tuvo para que el proyecto se concluyera, ya que a final de cuentas considero que es una obligación que casi cualquier tutor puede cumplir. Yo le quiero agradecer por abrirme las puertas en el laboratorio y el respeto y confianza que me ha dado y me ha enseñado con su ejemplo. También por el apoyo que a muchos niveles me ha brindado. Para mi también es un ejemplo a seguir. Al Dr. Jairo Muñoz y a la Bióloga Rita Arenas, por la formación, la camaradería y el apoyo que me han dado.

Quiero agradecer ahora a mi familia que me han enseñado que no tenemos que compartir sangre para querer y apoyar a alguien, ellos son Xel, Pinky, Byron, Gaby, Isaac y Furber. Todos somos distintos pero nos brindamos confianza y apoyo.

A Pau por :-)) y provocarme el impulso de tratar de ser alguien mejor.

A Norma, por ser compañera en el viaje que realicé para hacer este proyecto, y la gran ayuda que me brindo para realizar los registros de Catemaco.

A Jessica y Gerardo, por su amistad y el apoyo para realizar el proyecto.

A Gil por ayudarme en el trabajo técnico con los monos en Pipiapan.

“Queremos entender el universo en lo que dura el destello de una luciérnaga durante la noche”

Ángel Tello

“Cuando uno sueña solo es una fantasía, pero cuando dos sueñan se puede volver una realidad”

lo leí en un bar :-/

“El amor es una acto de fe, que hay que realizar”

todos lo hemos sentido pero no todos lo han hecho

ÍNDICE

Resumen	4
Abstract	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Comunicación vocal en primates no humanos	6
1.2 Comunicación emocional por medio de las vocalizaciones en primates	14
1.3 Vocalizaciones emitidas por primates no humanos en encuentros agonísticos	17
1.4 Comunicación vocal del mono araña	22
1.5 Encuentros agonísticos en el mono araña	28
1.6 Planteamiento del problema	30
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	31
3. MATERIAL Y MÉTODOS	32
3.1 Sujetos de estudio	32
3.2 Sitios de estudio	32
3.3 Material utilizado en el registro de las conductas	33
3.4 Método utilizado para el registro de la conducta	34
3.5 Material utilizado para el registro de las vocalizaciones	37
3.6 Método utilizado para el registro de las vocalizaciones	37
3.7 Relación de las conductas con las vocalizaciones	43
3.8 Análisis estadísticos	43
4. RESULTADOS	46
4.1 Diferencias en frecuencia mínima entre las vocalizaciones de agresión y de sumisión.	49
4.2 Categorización de las vocalizaciones con respecto a las categorías conductuales por medio de los parámetros acústicos	49
4.3 Relación de las características cualitativas de las vocalizaciones con las categorías conductuales	52
4.4 Comparación entre las vocalizaciones emitidas en los dos distintos cautiverios por medio de los parámetros acústicos cuantitativos	57
5. DISCUSIÓN	58
6. CONCLUSIONES	64
7. BIBLIOGRAFÍA	65
8. GLOSARIO	70

Resumen

Dentro de la familia de los primates existen diferentes tipos de comunicación. En la comunicación de tipo vocal, se ha encontrado que son capaces de emitir vocalizaciones que conllevan dos tipos de contenido: el emocional y el referencial. Las vocalizaciones con contenido emocional son producidas por variaciones en el tracto vocal debidas al estado emocional del emisor (Hauser, 1993) y las vocalizaciones con contenido referencial, expresan información como la identidad y sexo, debido a las particularidades de la voz de cada individuo (Hafen et al., 1998).

En relación a las vocalizaciones emitidas durante los encuentros agonísticos, se ha encontrado que las vocalizaciones de miedo tienen frecuencias más altas que las agresivas (Hauser, 1993). Por otra parte también se encontró que si las conductas realizadas durante un encuentro agonístico involucran contacto físico, las vocalizaciones son ruidosas (se presenta un desorden de frecuencias) y, si la agresión no involucra contacto físico, las vocalizaciones son tonales (se detectan picos periódicos de frecuencias).

El objetivo general de esta investigación fue identificar, describir y analizar acústicamente las vocalizaciones agonísticas emitidas por 17 monos araña (*Ateles geoffroyi*) en dos condiciones de cautiverio diferentes.

Los resultados reflejaron que no hay diferencia entre los parámetros acústicos cuantitativos de las distintas vocalizaciones. Pero se encontró que si las conductas no involucran contacto físico la estructura de las vocalizaciones presenta armónicos y modulaciones, mientras que si la conducta involucra contacto físico la estructura de la vocalización es ruidosa. Respecto a las vocalizaciones emitidas en los distintos encierros no se encontraron diferencias.

Debido a que en estudios previos se ha encontrado que la estructura de la vocalización cambia dependiendo de la intensidad emocional del emisor, se puede concluir que estas vocalizaciones pueden ser de tipo emocional ya que la estructura varía en función de la severidad del encuentro. Además no se encontraron diferencias en las vocalizaciones entre los distintos encierros, lo que apoya la idea de que las vocalizaciones no son aprendidas.

Abstract

Within the primates order there are different types of communication. Regarding the vocal communication, it has been found that the primates are capable of emitting vocalizations that contain two types of content: emotional and referential. The vocalizations with emotional content are produced through variations in the vocal tract due to the emotional status of the sender (Hauser, 1993) and, the vocalizations with referential content express information such as the identity and sex of the sender due to the particularities of each individuals voice (Hafen et al., 1998).

Regarding the vocalizations produced during the agonist encounters, it has been found that vocalizations of fear have higher frequencies than the aggressive ones (Hauser, 1993). It has also been founded that if the actions that take place during an agonist encounter include physical contact, the vocalizations are noisy (there is a frequency disorder) but, if the aggression doesn't include physical contact the vocalizations are tonal (there are periodic frequency peaks).

The general purpose of this investigation was to make an acoustical identification, description and analysis of the agonist vocalizations emitted by 17 spider monkeys (*Ateles Geoffroyi*) in two different conditions of captivity.

Results reflect that the quantitative acoustic parameters didn't show any difference. On the other hand, it was observed that if the conducts didn't include physical contact the vocalization structure presented harmonics and modulations, but, if there was physical contact then the vocalizations were noisy. No differences were observed in the vocalizations emitted in the different captivity locations.

Since previous studies have showed that the structure of the vocalizations vary depending on the emotional intensity of the sender, we can conclude that these vocalizations can be classified as being of an emotional type because they vary according to the severity of the encounter. There were no differences in the vocalizations emitted in the different locations. This supports the idea that the vocalizations are not learnt.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Comunicación vocal en primates no humanos

La comunicación es el proceso mediante el cual el comportamiento de un individuo (emisor) provoca un cambio en otro individuo (receptor). Estos cambios pueden ser a nivel del comportamiento o únicamente fisiológicos (Simmons et al., 2003).

Las primeras teorías de la etología clásica plantean que en el proceso de comunicación la información que va del emisor al receptor es verídica y de esta manera tanto el emisor como el receptor obtienen un beneficio de este intercambio de información (Egnor et al., 2004). Shannon (1949) propuso que la comunicación se da si la incertidumbre del receptor sobre un evento se reducía por medio de la información contenida en la señal del emisor. Estos enfoques de la comunicación fueron completamente aceptados hasta que con el surgimiento de la revolución sociobiológica, los estudios sobre la comunicación se abrieron a una nueva perspectiva en la que Dawkins y Krebs (1978) propusieron que la transmisión de información no siempre tiene un contenido verdadero, argumentando que la función adaptativa de la comunicación es la de manipular el comportamiento del individuo que recibe la señal.

Actualmente se considera que la comunicación se encuentra en una carrera evolutiva constante en la que la selección natural favorece las señales diseñadas para manipular el comportamiento de los receptores y aumentar la adecuación del emisor, mientras que la contra selección favorece a los receptores para distinguir entre la información falsa y verdadera. Por ejemplo si una señal agresiva se seleccionó como una manera de llevar información sobre la probabilidad de escalar en la agresión, un mutante que de manera engañosa siempre señale el nivel más alto de intento agresivo, va a tener más probabilidades de ganar el encuentro agonístico debido a que el receptor aparentemente arriesgaría mucho al aceptar el encuentro (Egnor et al., 2004).

Dentro del orden de los primates existen diferentes tipos de comunicación. La comunicación de tipo visual se refiere a la información que conllevan los gestos faciales y los movimientos y posturas corporales del emisor. A partir del contexto en el que ocurren, pueden ser agrupadas como de agresión, de sumisión, sexuales, autodirigidas, múltiples o lúdicas. Mazur (1985) por ejemplo, encontró que diferentes tipos de gestos

faciales, como la muestra de dientes de un individuo a otro son agresiones y sirven para marcar una jerarquía dentro de un grupo evitando así enfrentamientos más costosos.

La comunicación de tipo olfativa se lleva a cabo mediante hormonas (Moulton, 1968), las cuales indican a otros el estado sexual de un individuo. Entre algunos homínidos como los gibones y los orangutanes, se ha reportado la presencia de glándulas esternales encargadas de la secreción de feromonas (Geissmann y Hultegger., 1994). Desafortunadamente aún no se ha comprobado que las feromonas provoquen estímulos en estructuras cerebrales que induzcan a cambios en el comportamiento de tipo sexual, como se ha encontrado en los humanos (Savic et al., 2001).

Respecto a la comunicación de tipo vocal, que es el tema central de este estudio, se ha encontrado que los primates no humanos son capaces de emitir sonidos vocales que conllevan dos tipos de contenido, el emocional y el referencial. Las vocalizaciones con contenido emocional son producidas por variaciones en el aparato fonador debidas al estado emocional del emisor de la vocalización (Hauser, 1993). Ghazanfar (2009), por ejemplo, propone que en primates los gestos faciales y los distintos cambios mandibulares que se producen por diferentes estados emocionales, provocan cambios en la articulación de las vocalizaciones, permitiendo así conocer el estado emocional del emisor por medio de un análisis acústico de la vocalización. Se ha demostrado que estas vocalizaciones pueden alterar la atención, la activación, la motivación y la emoción del receptor en primates no humanos y, probablemente en todas las especies que oyen (Owren y Rendall, 2001). Un ejemplo muy documentado de como se puede dar este proceso es mediante la estimulación del circuito del tallo cerebral involucrado en regular el total de la activación del cerebro, provocando un impacto dentro del sistema nervioso (Owren y Rendall, 2001).

Algunas de las características acústicas que evocan la atención e inducen una activación incluyen: 1) pequeños chasquidos de pulsos de energía, 2) golpes de frecuencia hacia arriba, 3) fluctuaciones rápidas de la amplitud y 4) espectrogramas ruidosos en la frecuencia (ver descripción de vocalizaciones ruidosas en Métodos), provocando vocalizaciones denominadas chillidos o gritos (ver Figura 1).

Por otro lado, las vocalizaciones con contenido referencial son vocalizaciones resonantes en su sonido y sus características acústicas son fuertemente moldeadas por las

cavidades del tracto vocal, lo que acentúa la energía en algunas regiones de la frecuencia y las atenúa en otras (ver Figura 1) (Owren y Rendall, 2001). Al estar ligadas las características del tracto vocal con la vocalización, es posible obtener distintos tipos de información como la identidad y sexo del emisor, debido a las particularidades de la voz de cada individuo (Hafen et al., 1998). Posiblemente, las vocalizaciones de tipo referencial pudieran estar dando un tipo de información semántica (ver definición en glosario), pero esta posibilidad aún no se ha demostrado.

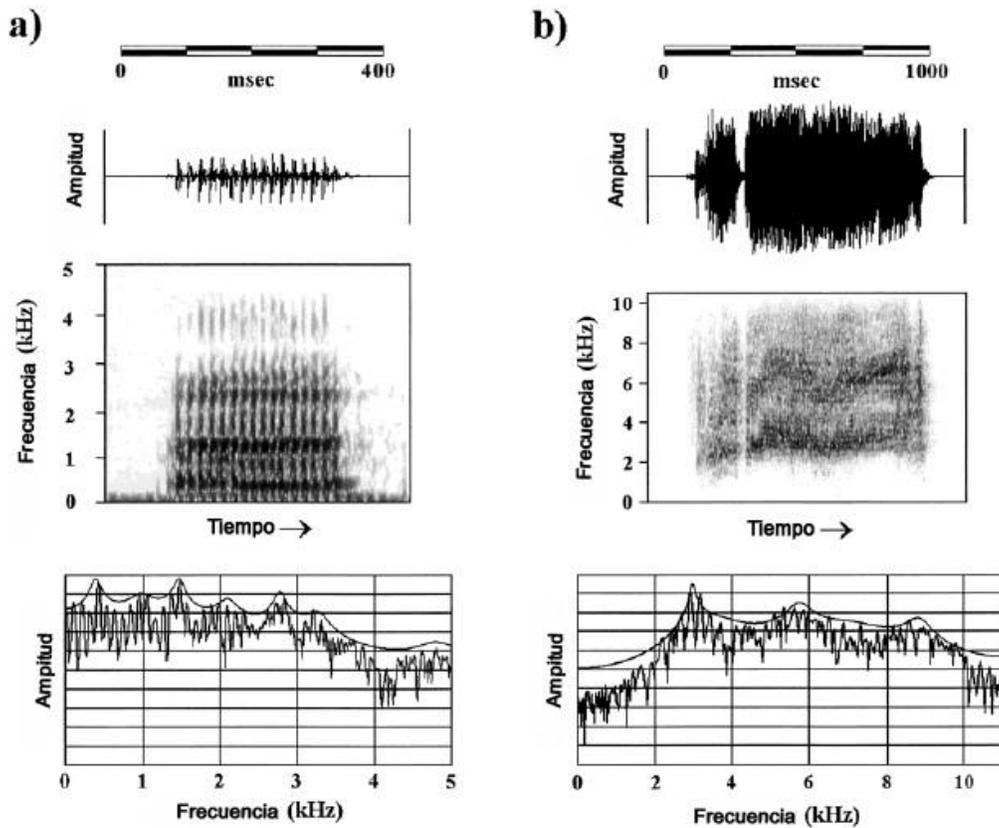


Figura 1. En la columna a) se pueden apreciar las características acústicas de una vocalización de tipo referencial, en el cuadro de arriba se observa como los cambios de amplitud son de forma periódica, en el de en medio como se producen resonancias en la vocalización y en el de abajo como se detectan picos de amplitud en determinadas frecuencias. En la columna b) se aprecian las características acústicas de una vocalización de tipo ruidosa, en el cuadro de arriba se observa como los cambios de amplitud no son de forma periódica, en el de en medio como no se detectan estructuras armónicas (ver definición en Glosario) y en el de abajo como no hay picos de amplitud claros a determinadas frecuencias.

Zuberhüler (2000) estudió la información semántica en *Cercopithecus diana* y *Cercopithecus campbelli* y encontró que las señales de alarma en presencia de depredadores varían en función del tipo de depredador que aceche. Así, las

vocalizaciones en presencia del leopardo *Pantera pardus* difieren en frecuencia y amplitud de onda respecto a las vocalizaciones en presencia del águila *Stephanoaetus coronatus*. Desafortunadamente, para comprobar que estas vocalizaciones tienen un contenido semántico, se tendría que encontrar que en el proceso de comunicación, los primates no humanos son capaces de expresar su conocimiento a otros (Fitch, 2005) y no simplemente ligar vocalizaciones que se encuentran de manera innata en el repertorio vocal de la especie con eventos externos mediante un proceso de aprendizaje y condicionamiento, como el avistamiento de un depredador o la búsqueda de alimento (Owren y Rendall, 2001).

De forma general, podríamos decir que las modificaciones en las vocalizaciones de los primates no humanos se dan principalmente por dos causas: (1) cambios provocados por los procesos de maduración (crecimiento del tracto vocal) y (2) procesos de aprendizaje relacionados con aspectos del grupo y del hábitat (Owren y Rendall, 2001). El primer caso es fácil de comprobar si se toma en cuenta que entre mayor es el tracto vocal de un organismo, sus vocalizaciones son de menor frecuencia (ver definición de frecuencia de onda en el glosario).

Respecto al proceso de aprendizaje vocal, se ha visto que en diversas especies de primates no humanos las vocalizaciones pueden modificarse por medio de la asociación de una respuesta benéfica hacia el emisor por parte de los integrantes del grupo (Egnor y Hauser, 2004).

Se ha encontrado que la relación madre-infante también tiene gran influencia en el desarrollo de las vocalizaciones. Las vocalizaciones de infantes adoptados por dos especies diferentes de macacos (*Macaca mulatta* y *Macaca fuscata*) mostraron tener una vocalización más parecida a la especie de su madre adoptiva que a la de la biológica, resultados que indican que existe una plasticidad fenotípica importante en la producción de las vocalizaciones en el género *Macaca* (Masataka y Fujita, 1989). Incluso, se ha discutido sobre la existencia de dialectos en distintos grupos de macacos de la misma especie. Green (1975) encontró que existen diferencias en la vocalización nombrada “Coo” en poblaciones que se encuentran separadas por barreras geográficas.

La relación madre-infante puede explicar una parte del aprendizaje vocal, ya que existen diferencias acústicas en los gritos producidos entre distintas matrilineas (grupos

conformados por el parentesco materno) de un mismo grupo (Gouzoules y Gouzoules, 1990). Otras evidencias indican que existen diferencias en las vocalizaciones de distintos grupos cautivos de primates no humanos pertenecientes a la misma especie, como *Macaca sylvanus*, *Pan troglodytes*, *Saguinus oedipus*, *Callithrix kuhlii* y *Microcebus murinus* (Egnor y Hauser, 2004). Todas estas especies pertenecen a diferentes géneros, por lo que sería factible pensar que en el mono araña también exista un aprendizaje influenciado por el medio ambiente y la relación madre-infante.

Las vocalizaciones de primates no humanos tienen una amplia variedad de funciones (Egnor et al., 2004). En trabajos realizados con el mono verde (*Cercopithecus aethios*), se encontró que existe una correlación entre ciertas vocalizaciones y las conductas de alarma, esto aún en infantes menores a cuatro años que no han desarrollado dichas vocalizaciones (Seyfarth y Cheney, 1986). Por otra parte, mediante análisis sonográficos y de conducta, Reamarkers y colaboradores (1984) encontraron que las vocalizaciones de los gibones (*Hylobates lar*) denominadas ruidosas, se pueden clasificar en siete según su función y cuatro de éstas sirven para coordinar al grupo cuando detectan la presencia humana.

Otro ejemplo respecto a la coordinación grupal utilizando vocalizaciones es mediante la vocalización “Pan-hoot” producida por los chimpancés, dicho llamado, además de servir para reclutar al grupo cuando se ha encontrado alimento, lleva información acerca de qué individuo produce el llamado, aspecto interesante ya que la llegada de los integrantes del grupo al lugar donde se produce la vocalización podría estar influenciado por la relación que estos tengan con el individuo que la produce (Clark y Wrangham, 1994).

Referente a vocalizaciones de tipo sexual, se ha encontrado que éstas pueden llegar a variar entre subespecies. En un estudio realizado en lémures (*Microcebus murinus* y *Microcebus ravelobensis*), se comparó las vocalizaciones de tipo sexual entre individuos pertenecientes a diferentes poblaciones, y se encontró por medio de diferencias en la amplitud y frecuencia de las vocalizaciones que poblaciones que se consideraban de la misma especie, pertenecen a distintas (Hafen et al., 1998).

De manera general el mecanismo que produce las vocalizaciones en los tetrápodos se conoce (grupo que comprende a los anfibios, reptiles, aves y mamíferos) y por

consiguiente también el de los primates. Para que se realice este mecanismo se necesitan tres componentes anatómicos: (1) un aparato respiratorio con pulmones, (2) una laringe que tiene como función principal la de proteger los pulmones y como función secundaria la de producir y moldear sonidos y (3) un tracto vocal supralaringeal que filtre el sonido antes de ser emitido al ambiente (Fitch, 2006). Específicamente, en el orden de los primates, el mecanismo mediante el cual se producen las vocalizaciones es el siguiente: (1) se da una compresión y expansión del tórax, los pulmones y la musculatura del diafragma que produce una corriente de aire que pasa a través de la laringe, (2) en la laringe se lleva a cabo una modulación de corriente de aire por medio de unos sacos de aire (estructuras membranosas que se encuentran unidas directamente a la laringe y que provocan una modificación del tamaño) y unas membranas en forma de bandas localizadas en las cuerdas vocales que permiten controlar el paso del aire por la laringe mediante una serie de músculos que cambian la tensión y separación de las cuerdas; (3) Una vez que la corriente de aire pasa por la laringe llega al tracto vocal, que se compone por la faringe y las cavidades nasales y orales, las cuales constituyen un filtro acústico que produce resonancias. (4) Finalmente, los labios, los dientes y la lengua también pueden alterar el sonido producido antes de ser liberado al ambiente (Kinsler et al., 2000).

Es importante resaltar que al igual que el humano, varios primates tienen una laringe descendida que provoca que se forme una cavidad faríngea movable, es decir, una cavidad que es capaz de adoptar distintas formas aunque no de manera voluntaria. Se ha propuesto que esta capacidad de mover la cavidad faríngea voluntariamente fue un gran salto para que se pudiera crear el lenguaje humano, debido a que requiere habilidades neuronales como el control voluntario sobre la producción de la vocalización y la habilidad de ligar un resultado auditivo con un resultado motor del aparato fonador (Fitch, 2005). Estas habilidades son importantes ya que son necesarias para la imitación de una vocalización.

Algo importante que habría que analizar en el aparato fonador del mono araña, es la ubicación del hueso hioides, ya que éste en los humanos no se encuentra conectado a otro hueso, por lo que trabaja en unísono con la laringe y la lengua, dándole al humano una capacidad más grande de articulación. Se sabe que el mono aullador *Alouatta palliata* (especie hermana del mono araña) tiene un hueso hioides de mayor tamaño que el resto

de los primates. Esta característica provoca que en las vocalizaciones del mono aullador exista un límite superior en la frecuencia de sus vocalizaciones. A diferencia del repertorio vocal de familias de monos del nuevo mundo como la *Cebidae* y *Pitheciidae*, el mono aullador no contiene vocalizaciones de frecuencias altas e intermedias, las cuales tienen funciones de hostilidad y señales sexuales (Cornick y Markowitz, 2002). Por este motivo, resulta sumamente interesante describir el aparato fonador de la especie y detallar las modificaciones que pudiera presentar.

Referente al estudio de las vocalizaciones existen distintas técnicas para describir el sonido en gráficas, uno de los métodos más usados es la transformación rápida de Fourier (TRF). El teorema de Fourier establece que toda onda compleja periódica, se puede representar como la suma de ondas simples. Esto hace posible analizar cualquier vibración periódica compleja en una variedad de armónicos de frecuencias componentes (Kinsler et al., 2000).

Los tipos de gráficas en las que se representan las vocalizaciones son diversas. Entre estas podemos encontrar al oscilograma, el espectrograma y el espectro. El oscilograma es una gráfica que muestra la amplitud de un sonido en el eje vertical Y y el tiempo en el eje horizontal X. Sirve para medir la sonoridad (intensidad del sonido medida en decibelios o pascales), la duración, las pausas, el acento y el ritmo (Figura 2).

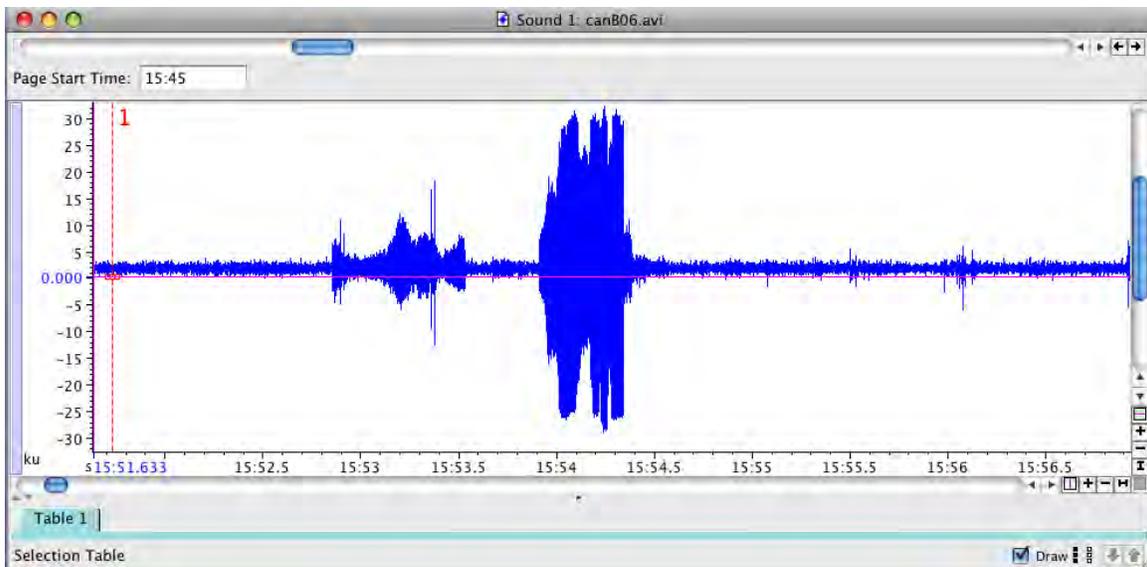


Figura 2. Oscilograma de vocalizaciones de agresión emitidas por el mono araña.

El espectrograma es una gráfica que muestra las variaciones de la frecuencia (eje vertical) e intensidad (escala de colores) (ver definición en glosario) a lo largo del tiempo (eje horizontal). Sirve para medir la sonoridad, la duración, las pausas, los acentos, el ritmo, la estructura formántica y la intensidad (Figura 3).

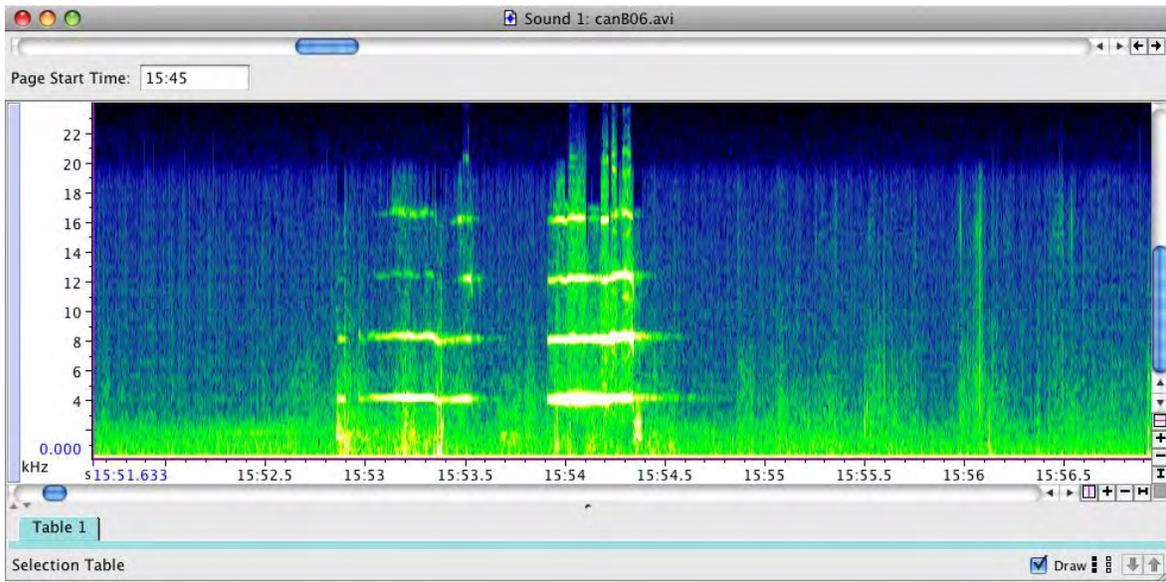


Figura 3. Espectrograma de vocalizaciones de agresión producidas por el mono araña (mismo segmento que el presentado en el oscilograma).

Por último, el espectro grafica las variaciones de la intensidad relativa (eje vertical) respecto a la frecuencia (eje horizontal) en un punto particular dentro del tiempo de la señal (Figura 4).

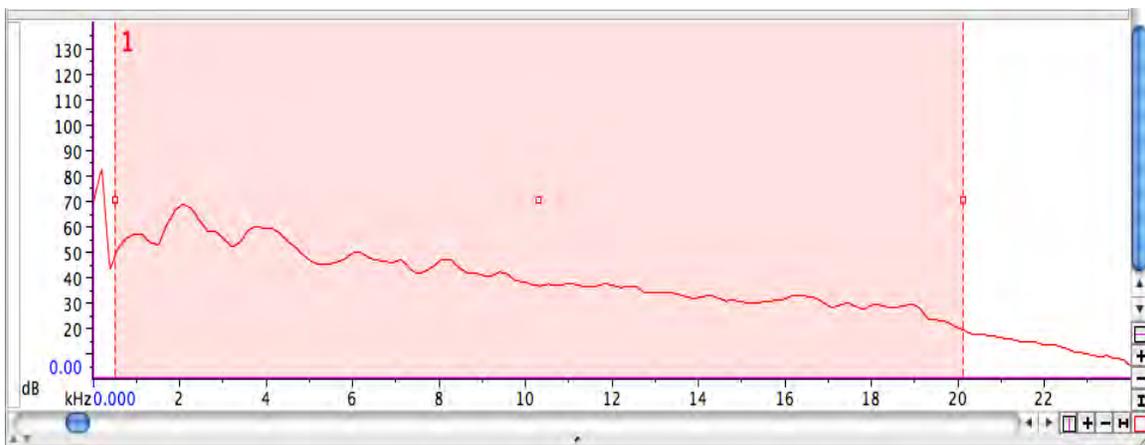


Figura 4. El área roja corresponde al espectro de una vocalización producida por el mono araña nombrada "whinny".

1.2 Comunicación emocional por medio de las vocalizaciones en primates

El reconocimiento de las emociones en las vocalizaciones producidas por humanos se ha convertido en un área de estudio muy importante debido a que, mediante análisis acústicos del discurso, se puede monitorear la psicología de los individuos en distintos ambientes y diversos tipos de actividades (Cichosz y Slot, 2006).

Una problemática de los estudios realizados en esta área, es que los experimentos se han realizado por actores en contextos simulados. Por consiguiente, la espontaneidad de las vocalizaciones se ha visto afectada, y por ello no se pueden replicar las características acústicas de las vocalizaciones que no pueden ser moduladas (Johnstone y Scherer, 1999).

En humanos, las características acústicas del discurso que se usan comúnmente para el reconocimiento de las emociones se agrupan en tres categorías (Johnstone y Scherer, 1999): 1) las características de la frecuencia (discurso y medidas derivadas del discurso) que se relacionan con los mecanismos generadores de la voz; 2) descriptores de energía que se relacionan con los procesos de producción del discurso (la media y la desviación estándar de la energía usada para la elocución); y 3) características temporales, que se definen como las características que se relacionan con los procesos de producción del comportamiento del discurso (elocución, duración y pausas).

Desafortunadamente se sabe muy poco acerca de qué características de la voz se relacionan con determinado tipo de emoción (Gobl y Ní Chasaide, 2003). Por lo general, en la mayoría de los trabajos que relacionan las características de las vocalizaciones con el estado emocional dividen las vocalizaciones en cuatro de acuerdo a sus cualidades acústicas; voz tensa, voz de exhalación, voz susurrante y voz chillante. Las características fisiológicas que definen estas cualidades vocales, se describen en términos de tres parámetros de tensión muscular, que son (Gobl y Ní Chasaide, 2003): 1) tensión abductiva (la acción de los músculos intertenoides abduciendo los aritenoides); 2) compresión media (fuerza abductiva de los procesos vocales); y 3) tensión longitudinal (tensión de las cuerdas vocales).

Usando las características fisiológicas mencionadas, las cualidades de la voz se describen de la siguiente manera: la voz tensa, se describe como una voz producida por un alto nivel de tensión en el tracto vocal entero a nivel de laringe con una presencia de

tensión abductiva y de compresión media. La voz de exhalación se caracteriza por tener una tensión mínima a nivel de laringe, la vibración de las cuerdas vocales es ineficiente y no se tensan todas las cuerdas vocales. La voz susurrante se caracteriza por tener una baja tensión en los músculos intertenoides, pero una alta compresión media, produciendo que el glotis cartilaginosa se encuentre abierto, de la misma manera la vibración laríngea es ineficiente y se acompaña por un alto ruido audible. La voz chillante se describe por tener una alta compresión media y tensión abductiva, acompañadas de una tensión longitudinal baja. Debido a la alta tensión abductiva, solo la parte del ligamento al glotis vibra (Gobl y Ní Chasaide, 2003).

Para conocer el mensaje emocional que producen estas vocalizaciones, se realizó un experimento en el que se reprodujeron las vocalizaciones y se preguntó al receptor que tipo de emoción le producía. Encontraron que la voz de exhalación producía intimidación y tristeza, la voz tensa enojo, la voz susurrante miedo y la voz chillante aburrimiento (Gobl y Ní Chasaide, 2003). Al igual que en este experimento Scherer (1986), sugiere que la voz tensa se asocia con el enojo y propone que también con el miedo.

Otra manera de clasificar las vocalizaciones respecto a sus estados emocionales, ha sido mediante el uso de características cualitativas como la proporción entre los armónicos y el ruido encontrado en las vocalizaciones, esta última característica se define como: la proporción de energía de la parte armónica de la vocalización respecto a la energía restante de la vocalización. Desafortunadamente aún no existen modelos apropiados para la medición del ruido (Drioli et al., 2004).

En cuanto a la similitud de las vocalizaciones producidas por los primates no humanos y humanos, se ha encontrado en los espectrogramas que las risas producidas por chimpancés y gorilas juveniles aplicados a contextos sociales tienen una estructura acústica similar al grito producido por humanos (Davila et al., 2010). La característica acústica más evidente en los espectrogramas de estas risas es el desorden contenido en las frecuencias en comparación con la estructura de las vocales producidas por los humanos y otro tipo de vocalizaciones producidas por primates no humanos. En estos espectrogramas también se puede apreciar que la ocurrencia de frecuencias, la pausa y la duración de la risa son muy diferentes entre las palabras y las risas producidas por

humano (Davila et al., 2010). Estas características se consideran una fuerte evidencia de que la actividad neuronal que produce estas vocalizaciones es muy distinta entre las risas y las palabras, debido a que para reconocer fonemas es necesario obtener vibraciones particulares y controladas de las cuerdas vocales con una posterior amplificación y resonancias, mientras que para la producción de una risa simplemente se necesita una transferencia de energía ocasionada por el aire expulsado hacia las cuerdas vocales, sin importar las resonancias producidas (Bea y Marijuán, 2003).

Por último, es importante tomar en cuenta en el estudio del estado emocional reflejado en las vocalizaciones, que las cualidades de la voz varían en un continuo y no en una moda categórica. Tomando este punto, un reto en el estudio de las vocalizaciones es encontrar cómo van cambiando los parámetros vocales conforme cambia el afecto de la emoción; por ejemplo, observar si los parámetros acústicos generados en la voz tensa varían en un continuo al mismo tiempo que varían los diferentes grados de enojo (Gobl y Ní Chasaide, 2003).

1.3 Vocalizaciones emitidas por primates no humanos en encuentros agonísticos

El comportamiento agonístico se define como el conjunto de conductas asociadas con la competencia o lucha entre individuos de la misma o de diferentes especies. Las conductas pueden abarcar desde el ataque inicial, la respuesta al ataque, la lucha, la persuasión, la amenaza y la sumisión. En estos encuentros los roles del agresor y del defensor se llegan a invertir con frecuencia. Las acciones que se han utilizado para medir estos encuentros en primates son: posturas, pautas de acción y vocalizaciones (King, 1973).

Respecto a la función del agonismo Wilson (1980) reconoce ocho funciones: defensa del territorio, dominancia, competencia sexual, disciplinaria, destete, moralizadora, depredación y antidepredación. En los distintos tipos de encuentros agonísticos, las conductas que se presentan pueden ser las mismas, pero la función es la que varía. Por ejemplo, una cara de amenaza emitida por un macho hacia un depredador o hacia otro macho de su mismo grupo difiere en su función, ya que la función ante el depredador puede ser de ahuyentarlo y hacia el macho del mismo grupo puede ser la del establecimiento de una jerarquía.

Algunos de los investigadores que han abordado la función de las conductas agonísticas en animales (Wilson, 1980; King, 1973 y Nieburg, 1970), presentan un consenso respecto a la función de los encuentros agonísticos intraespecíficos, proponiendo que sirven para establecer una estructura social dentro del grupo con base en la dominancia y sumisión que se da entre los individuos (Nieburg, 1970).

La estructura de un grupo de primates se empieza a establecer desde que los individuos son jóvenes, a través de una fase intensa de encuentros agonísticos, en la que aprenden y comunican su lugar dentro de la jerarquía social. Por lo general, la estructura entre los individuos jóvenes se mantiene hasta que los animales maduran, momento en el cual reinician los encuentros agonísticos para acomodarse en la jerarquía social completa del grupo. Dichas estructuras tienen normas que permiten a los individuos coordinar su comportamiento para que el grupo alcance un mayor éxito reproductivo mediante la reproducción de los individuos que presentan una mayor adecuación, siendo casi siempre los más dominantes (Morris, 1967) o el desarrollo de estrategias alternativas como las descritas en chimpancés que optan por ser machos oportunistas e interceptar a las hembras que se encuentran alejadas del grupo para copular.

Las diferencias en la expresión y frecuencia de las conductas asociadas a los encuentros agonísticos entre individuos, se deben tanto a estímulos internos fisiológicos como a estímulos externos relacionados a las variaciones del medio ambiente en el que habitan (King, 1973). Los estímulos internos pueden deberse a variaciones en el genotipo, provocando distintos niveles hormonales y diferentes procesos de desarrollo entre los individuos de un grupo. Por otra parte, los estímulos externos se deben a las interacciones entre individuos de la misma o diferentes especies, así como a variaciones en alimentación o en la abundancia y distribución de los recursos, en la humedad, la temperatura y el fotoperiodo. La relación que se da entre estímulos internos y externos puede entenderse mediante el estudio de la alteración de las secreciones endocrinas provocadas por el estímulo de la luz en distintos fotoperiodos (Farner y Lewis, 1973). Como se ha mencionado, la conjunción de los estímulos externos e internos provocan cambios en los organismos que pueden propiciar la emisión de vocalizaciones de agresión.

En un estudio en el que se analizaron las vocalizaciones emitidas durante encuentros agonísticos, se pudo asignar sin ambigüedad estados de miedo y agresión a 159 vocalizaciones de diferentes especies (Hauser, 1993). Se encontró que en 15 de las 23 especies analizadas las vocalizaciones de miedo son de frecuencias más altas que las vocalizaciones de agresión y de manera similar en 22 de 33 especies las vocalizaciones de agresión tienen frecuencias más bajas que las de sumisión (Figura 5).

Para el género *Ateles* el cual es el género al que pertenece nuestra especie de estudio el 100% de las vocalizaciones de miedo mostraron tener frecuencias más altas que las de agresión.

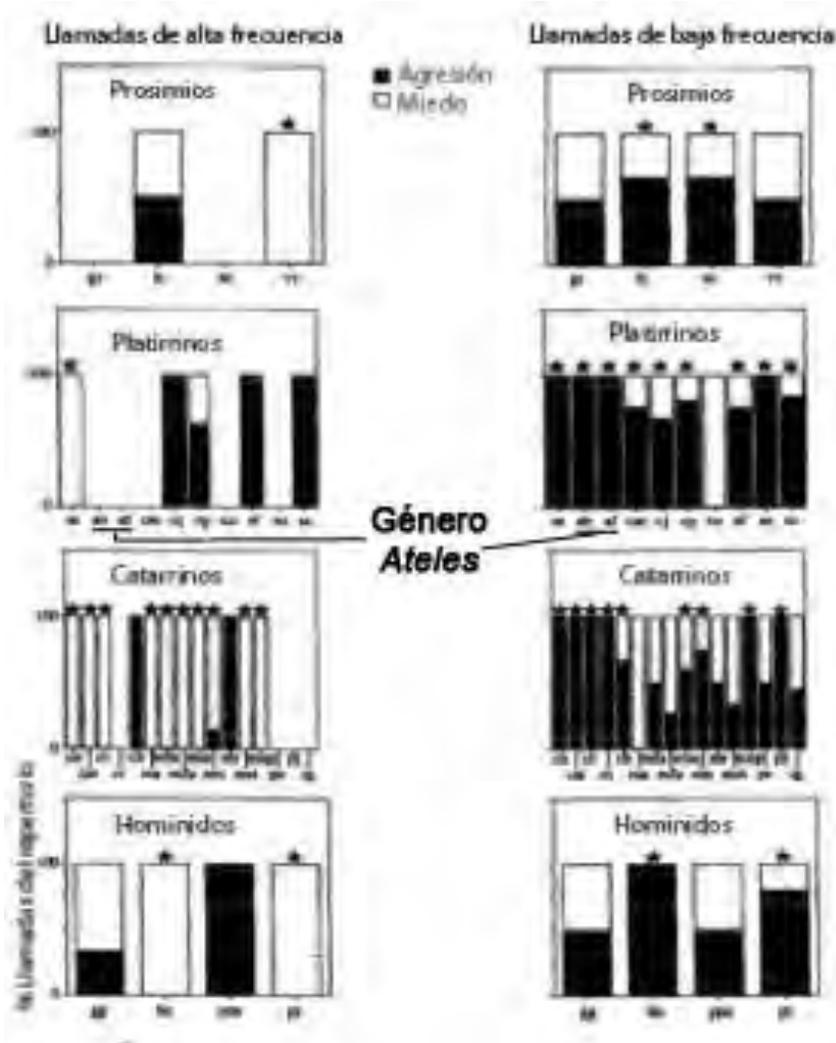


Figura 5. Representación de la variación entre la frecuencia de las vocalizaciones y los estados de miedo y agresión en primates no humanos. Las siglas “at” corresponden al género *Ateles* (tomado de Hauser, 1993).

Ahora bien, si se toma como premisa que los distintos grados de emoción provocan diferentes grados de tensión en los pulmones y el tracto vocal como consecuencia de cambios en la frecuencia respiratoria, el incremento en la actividad cardiovascular y el aumento de la tensión muscular, resulta lógico pensar que van a darse cambios en la velocidad de articulación y la morfología del tracto vocal, lo que conlleva a cambios en el rango e intensidad de la F0 (ver definición en método o glosario) y en la energía contenida en los armónicos (ver definición en método o glosario) (Banse y Scherer, 1996).

Existen pocos trabajos que estudien la variación de las características acústicas en relación a distintos tipos de agresión. Esto se debe a la carencia de una descripción

detallada del contexto en el que se realizan las conductas. En la mayoría de los trabajos las vocalizaciones sólo han sido clasificadas como de agresión, sin precisar los distintos tipos de vocalizaciones que se pueden dar bajo diferentes agresiones.

Dentro de los pocos trabajos que han tratado de clasificar las vocalizaciones dependiendo del tipo de agresión que se puede dar, está el de Gouzoules y colaboradores (1984), en el cual se determinó si existían diferencias en los gritos producidos por la especie *Macaca rhesus* dependiendo de la severidad de la agresión (dada por la cercanía y el tipo de contacto de la agresión) y el rango jerárquico del oponente. Se encontró que cuando la agresión involucra contacto físico y se da contra un oponente de jerarquía alta, los gritos son ruidosos, ya que no había picos de frecuencias. Sin embargo, si la agresión no involucraba contacto físico, los gritos son tonales, ya que, se detectan picos periódicos de frecuencias (frecuencias que se repiten cada determinado intervalo de tiempo) en el espectrograma y la variación de la frecuencia es de forma “ondulada” (Figura 6).

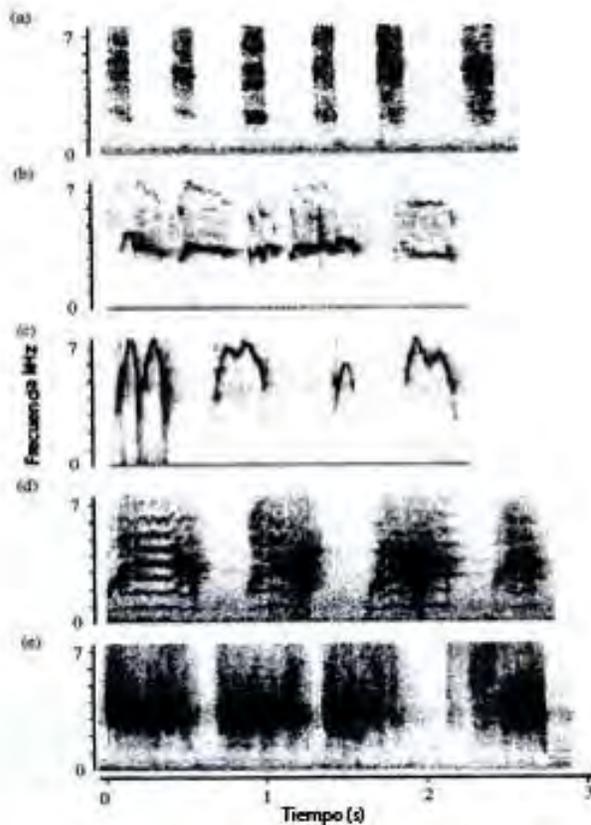


Figura 6. Espectrogramas de gritos de *Macaca rhesus* en encuentros agonísticos: (a) pulsos, (b) sonidos tonales, (c) sonidos arqueados, (d) sonidos ondulados y (e) sonidos ruidosos (Gouzoules et al., 1984).

Otro descubrimiento que se ha hecho mediante el estudio de las vocalizaciones agonísticas de los primates no humanos, es la capacidad que tienen los individuos de extraer información como la identidad y jerarquía del individuo que está agrediendo y la identidad y jerarquía del individuo que está siendo agredido (Slocombe et al., 2010). En un experimento realizado con un grupo de chimpancés (*Pan troglodytes*) se reprodujeron dos tipos de secuencias, las denominadas incongruentes que se componían por una vocalización de agresión de un individuo de jerarquía baja seguida de una vocalización de sumisión producida por un individuo de jerarquía alta y las denominadas congruentes que tenían la misma estructura que las denominadas incongruentes más la adición de un “pant hoot” (vocalización de reclutamiento) de un individuo de jerarquía más alta. Esta adición se hizo con el propósito de hacer la secuencia lógica y tratar de dar a comunicar a los chimpancés que la vocalización de sumisión del individuo de jerarquía alta se debía a una agresión por parte del individuo de jerarquía más alta que produjo el pant hoot. Se encontró que ante las secuencias incongruentes los chimpancés observan más tiempo en dirección a la bocina en comparación con las secuencias congruentes y se explica como consecuencia de lo poco común de la producción de dicha secuencia. El experimento fue importante ya que es probable que los chimpancés extraigan información acerca del rol social de los individuos que vocalizan durante un encuentro agonístico.

1.4 Comunicación vocal del mono araña

Antes de explicar el uso y función, de las vocalizaciones emitidas durante los encuentros agonísticos del mono araña es importante mencionar las características del sistema social de esta especie y los aspectos ecológicos relevantes para entender mejor los mecanismos, las funciones y la evolución de estas vocalizaciones.

El mono araña (*Ateles geoffroyi*) es una especie arborícola que habita preferentemente el estrato superior del dosel de los bosques tropicales. En una revisión que se hizo en 22 muestras a lo largo de Mesoamérica se encontró que su dieta está compuesta por frutas ($67\pm 16.3\%$), hojas ($21\pm 12\%$) y flores ($7.1\pm 8.9\%$) (González-Zamora et al., 2009). En tiempos de escasez pueden alimentarse en mayor proporción de hojas y flores (Felton et al., 2008). Los frutos consumidos preferentemente son de los árboles de las familias Moraceae (género *Ficus*), Anacardiaceae (género *Spondias*) y Myrteae (género *Myrciaria*) (Dew, 2005).

La organización social del mono araña es de fisión-fusión, ya que el grupo compuesto de entre 16 y 41 individuos, se divide durante el día en subgrupos de entre 4.3 y 3.3 individuos, los cuales recorren distancias de aproximadamente 2.3 km para buscar alimento (Ramos-Fernández y Ayala, 2003). Este sistema social permite a todos los miembros de la tropa conseguir alimentos de calidad sin depender del macho dominante, además de evitar la competencia reproductiva, ya que al dividirse la tropa disminuye la competencia entre los machos por el acceso a las hembras (Aureli y Schaffner, 2007).

Debido al tipo de organización social de fisión-fusión del mono araña, los individuos de un grupo pierden comunicación de tipo visual durante gran parte del día. Por esta razón se ha propuesto que el uso de vocalizaciones por esta especie es de gran importancia para mantener la comunicación entre todos los miembros del grupo y poder coordinar sus movimientos durante el forrajeo para explotar eficientemente su alimento (Chapman y Lefebvre, 1990; Teixidor y Byrne, 1997; Ramos-Fernández, 2008).

Al pertenecer a grupos sociales con interacciones complejas, el mono araña ha tenido que desarrollar capacidades cognitivas que les permitan un mejor reconocimiento de los individuos pertenecientes al grupo a través de los aspectos morfológicos, vocales y conductuales. De ello se concluye que la capacidad de inferir estados mentales y emocionales de los integrantes del grupo no se puede desechar (Brune y Brune-Cohrs,

2005). Esto es importante tomarlo en cuenta, ya que se podría estar dando una comunicación engañosa por parte de diversos individuos en base al conocimiento de los estados emocionales de los integrantes del grupo, si partimos de la premisa que un individuo no busca dar información que pudiera ser útil para otro individuo si ésta le provocará costos dados por la competencia de un recurso (Gouzoules y Gouzoules, 2001).

El primer estudio que se realizó sobre el estudio de las vocalizaciones del mono araña fue por Carpenter (1935) en la región de Coto, al oeste de Panamá. Este fue un estudio meramente descriptivo en el cual las vocalizaciones fueron descritas únicamente por las diferencias percibidas por el oído del investigador. En el estudio se identificaron tres tipos de vocalizaciones, siendo la más común el “ladrido”. Ésta se mencionó que se emitía cuando observadores se acercaban al grupo. La siguiente vocalización más emitida fue el “gruñido” que se definió como una vocalización realizada únicamente por los machos cuando se daban contiendas entre los grupos. Finalmente el “whinny”, se reportó como una vocalización larga en discurso y de baja amplitud. El nombre se le dio por su similitud con el relinchido producido por los caballos y se emitía cuando los subgrupos se separaban. La importancia del trabajo de Carpenter radicó en que si bien fue una descripción subjetiva, fue el primero en dar a conocer ciertas vocalizaciones del mono araña y dar una posible función para estas.

El siguiente estudio fue realizado por Klein (1972), en La Macarena, Colombia. Su estudio fue sumamente importante ya que incorporó la técnica del uso de espectrogramas para clasificar las vocalizaciones. El principal objetivo del estudio fue describir el comportamiento social del mono araña y como herramienta para localizar a los subgrupos se usó las vocalizaciones, de las cuales logró describir seis tipos; “chillidos”, “lamentos”, “ladridos”, “graznidos”, “tschoocks” y nuevamente los “whinnies”. El estudio fue trascendental debido a que se usó una técnica para describir las vocalizaciones que no es subjetiva. La desventaja fue, que los registros se realizaron a larga distancia ocasionando que los espectrogramas no fueran claros y, por consiguiente, de baja calidad para medir sus características acústicas, puesto que el objeto de estudio no eran las vocalizaciones sino el comportamiento general del mono araña.

El segundo estudio que usó la técnica de los espectrogramas fue el realizado por Eisenberg (1976). Este estudio ha sido el más completo ya que incorpora las vocalizaciones emitidas a larga distancia y a corta distancia. Para lograr la descripción de todo el repertorio vocal de la especie, estudió a dos grupos: uno ubicado en un cautiverio artificial (permitiendo la descripción de las vocalizaciones emitidas a corta distancia) y otro en su ambiente natural [registrando únicamente las vocalizaciones a larga distancia como consecuencia de la atenuación (pérdida de energía) de las vocalizaciones de corta distancia por la distancia]. Eisenberg logró clasificar 13 vocalizaciones (ver Tabla 1), unas ya descritas por Klein (1972), y siete vocalizaciones que no se habían descubierto. Desafortunadamente el método utilizado para el registro de las vocalizaciones no fue el óptimo, ya que los parámetros acústicos que se midieron fueron únicamente la intensidad, la calidad tonal, la presencia de modulación en la frecuencia y sus longitudes. Aunado a esto, las vocalizaciones que fueron registradas presentaban ruido, poca claridad en el espectrograma y solo se registraron las frecuencias menores a 5 kHz, siendo que llegan a alcanzar frecuencias que sobrepasan los 20 kHz (ver Figura 7).

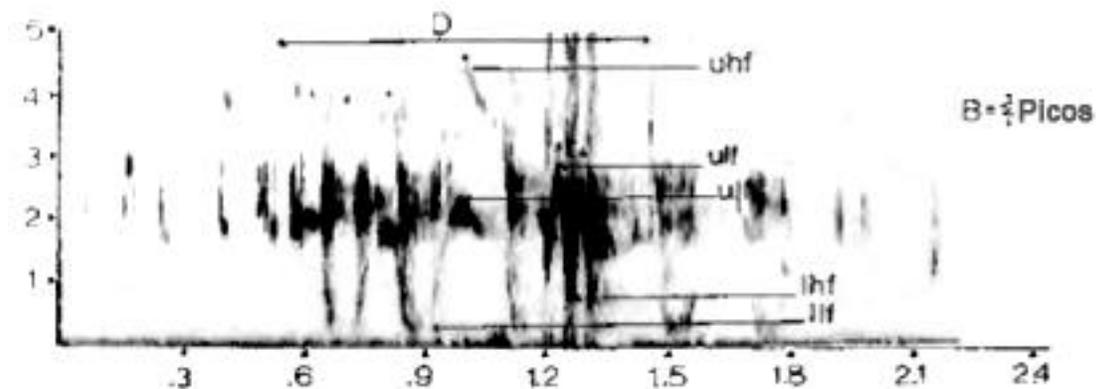


Figura 7. Whinny registrado por Eisenberg (1976).

A partir de 1990 la única vocalización que se estudió fue el whinny para tratar de estudiar su(s) función(es). Chapman y Lefebvre (1990), encontraron que cuando un grupo de monos araña se encuentra fisionado para forrajear, emiten whinnies al encontrar un árbol con frutas. Al analizar los datos, se observó una correlación positiva entre el número de whinnies emitidos por el subgrupo que se encuentra forrajear y el número de individuos que llegan al árbol en el que se encuentra el alimento, indicando que la

función más probable de los whinnies es la de reclutar al grupo cuando se ha encontrado un recurso alimenticio. De hecho, Teixidor y Byrne (1997) reprodujeron whinnies de individuos pertenecientes y no pertenecientes al grupo que se encontraba comiendo y encontraron que cuando las vocalizaciones reproducidas eran de individuos no pertenecientes al grupo, los integrantes llevaban a cabo conductas que se han descrito como de agresión (e.g., moverse, congregarse, sacudir ramas y emitir gritos). Por ello se propuso que el mono araña es capaz de reconocer las vocalizaciones emitidas por los miembros de su grupo, y que cuando un individuo no perteneciente al grupo emite una vocalización en un contexto de alimento en el territorio del grupo, éste va a tratar de defender su territorio.

De manera interesante la alimentación no es la única función propuesta para el whinny, Teixidor y Byrne (1999) realizaron un análisis espectrográfico de esta vocalización (Figura 8) y posteriormente reprodujeron los distintos tipos de whinnies a un grupo y se observó las conductas que se generaban. Los distintos contextos que se describieron durante la emisión de las vocalizaciones fueron: reunir al grupo cuando se ha encontrado alimento, mostrar una posición de alerta cuando se observaba un extraño durante la alimentación y cuando el grupo estaba en descanso o se encontraba en movimiento. Los resultados únicamente fueron significativos para los whinnies emitidos cuando el grupo se encontraba en movimiento ya que fue el único contexto en el que se pudo correlacionar la respuesta conductual, en este caso la de barrido (observar alrededor) con la vocalización. El estudio fue importante, debido a que se encontró que aunque los whinnies suenan semejantes al oído humano, tienen distinta estructura acústica.

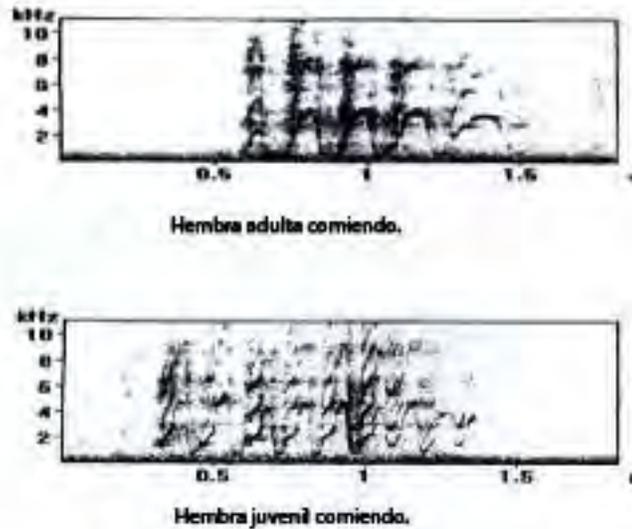


Figura 8. Espectrograma de dos “whinnies”. Arriba, uno dado por una hembra adulta y abajo, uno dado por una hembra juvenil (Teixidor y Byrne, 1999).

En un estudio más reciente respecto al whinny, Ramos-Fernández (2005) calculó el grado de afiliación que existe entre los integrantes del grupo y al igual que en los estudios realizados por Teixidor y Byrne (1997, 1999) reprodujo los whinnies registrados, aunque en esta ocasión únicamente a individuos pertenecientes al mismo grupo. Sus resultados mostraron que cuando un whinny era reproducido a un subgrupo que se encontraba forrajeando, el individuo que contestaba al whinny era en mayor frecuencia el que mostraba mayor grado de afiliación con el individuo del cual se había reproducido el whinny. Por ello se propuso que la función de los whinnies era la de mantener contacto entre los individuos más afiliados cuando estos se separan para forrajear.

Referente a las vocalizaciones emitidas a corta distancia, aún no se tienen suficientes datos que indiquen cuál es su función.

Tabla 1. Funciones propuestas de las vocalizaciones producidas por le mono araña (Ramos-Fernandez, 2008).

Tipo de llamada	Función sugerida	Referencia
Llamada larga (dura)	Indicador de posición e identificador.	Eisenberg 1976
Llamada larga (limpia)	Indicador de posición, probablemente promueve la unión del grupo	Eisenberg 1976
Ladrado	Indicador de posición, promueve la unión del grupo y señal de alarma	Eisenberg 1976; Symington 1987
Chitter	Previene a los conespecíficos de disturbios en el ambiente	Eisenberg 1976
Ti-ti	Indicador de posición, amistosa	Eisenberg 1976
Whinny	Indicador de posición, posiblemente indica comida viable, informa a otros de la identidad del emisor	Eisenberg 1976; Chapman y Lefebvre 1988; Teixidor y Byrne 1997, 1999; Ramos-Fernández 2005
Uk-uk-ak-ak	Invitación a jugar	Eisenberg 1976
Whinny gutural	Acercamiento amistoso	Eisenberg 1976
Gruñido	Acercamiento hostil	Carpenter, 1935; Eisenberg 1976
Chillido	Indicador de la posición del macho	Kein 1972

1.5 Encuentros agonísticos en el mono araña

Los monos araña presentan una dominancia difusa (Eisenberg y Kuehn, 1966), ya que si bien se ha observado que los miembros de un grupo se desafían agitando ramas, tosiendo, rugiendo, dándose manotazos, patadas y mordidas, estos comportamientos se producen raramente (Figura 9).

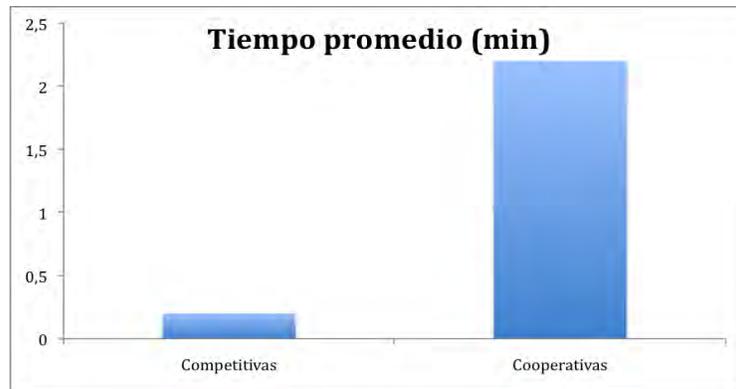


Figura 9. Comparación de la duración de las conductas competitivas y cooperativas del mono araña (Vargas-Pérez y Santillán-Doherty, 1998).

Los machos tienden a dominar a las hembras y los adultos a los jóvenes, aunque sin un orden lineal. En las coaliciones, se enfrentan todos los machos contra un macho, todos los machos contra una hembra, todas las hembras contra un macho, todas las hembras contra una hembra y en algunas ocasiones, se presentan coaliciones mixtas (Anaya, 1993).

Entre los estudios que han tratado de comprender las funciones que podrían tener las conductas agonísticas en el mono araña, encontramos el de Campbell (2003). En su estudio grabó durante 1000 horas a un grupo y registró 107 agresiones de los machos hacia las hembras. Explicó este fenómeno mediante dos hipótesis: 1) la dominancia de los machos sobre las hembras y 2) la defecación de las hembras producto del miedo ante la agresión, permitía a los machos conocer la fase de su periodo reproductivo.

Posteriormente Campbell (2006) llevó a cabo un estudio sobre la competencia reproductiva reportando tres casos de coaliciones de agresión de los machos dominantes contra los machos subadultos en la Isla Barro Colorado y propuso que la proporción 1:1 de machos a hembras provocó una competencia entre los machos.

Dentro de los estudios realizados sobre los comportamientos agonísticos en libertad, el que podría presentar una explicación más acertada respecto a la función de las agresiones podría ser el de Aureli y Schaffner (2007). En este estudio, se registraron los comportamientos presentados por los subgrupos de dos poblaciones ubicadas en Punta Laguna cuando estos se fusionaban. Se encontró que durante los primeros cinco minutos de la fusión, los individuos presentaban gran cantidad de conductas agonísticas como: jaloneos, fintas, golpes y vocalizaciones ruidosas hacia individuos de otros subgrupos. Mientras que la proporción de agresiones hacia los individuos de su mismo subgrupo era casi nula. Un aspecto interesante de este estudio fue que al pasar los primeros cinco minutos de una fusión, las conductas cambiaban drásticamente, es decir, aumentaban las conductas afiliativas, siendo la más frecuente el abrazo y disminuían las de agresión. La función que se planteó de estas agresiones fue la de establecer la jerarquía entre los individuos del grupo de manera rápida y de esta manera evitar agresiones posteriores.

Referente a las agresiones emitidas en cautiverio, Davis y colaboradores (2009) realizaron un estudio en el que se obtuvieron registros de 26 grupos cautivos. En el estudio se reportaron un total de 143 eventos agonísticos, de estos el 23.1% produjeron lesiones severas. Los machos adultos fueron los emisores del 66.7% de los incidentes, seis casos fueron letales, y la mayoría de las agresiones fueron entre los machos adultos y los machos juveniles.

A diferencia de las agresiones que se dan en estado natural las cuales en su gran mayoría son entre hembras y de machos a hembras, en este estudio se mostró que en cautiverio la mayor parte de las agresiones se dan entre machos. Los factores que se han propuesto para la explicación de este fenómeno son la presencia de visitantes humanos, la reducción del espacio de vivienda, los cambios en la composición del grupo, la variación del estado reproductivo y estatus social y la falta de control del ambiente físico y social.

1.6 Planteamiento del problema

Del marco teórico se derivan los siguientes cuestionamientos:

Los estudios realizados no permiten identificar con certeza la identidad y la conducta realizada por el emisor y por el receptor, debido a que los micrófonos utilizados para registrar las vocalizaciones han sido situados a distancias que van de los cinco a los 30 metros del grupo de monos araña en estudio. Por la misma razón, no se han medido parámetros acústicos de los armónicos debido a la atenuación de las vocalizaciones por la distancia. Así las mediciones de los parámetros acústicos únicamente se han realizado hasta los 10 kHz, siendo que las vocalizaciones del mono araña alcanzan frecuencias de al menos 22 kHz.

Únicamente se han descrito las vocalizaciones agonísticas del mono araña en el estudio de Eisenberg (1976), basado en 105 hrs de grabación en libertad y a cuatro monos en cautiverio. Provocando así que la parte estadística del trabajo carezca de significancia. Además, sólo se describieron las vocalizaciones a frecuencias de 5 kHz debido a la tecnología con la que se contaba en el año en el que se hizo el trabajo.

No existen trabajos en los que se analicen diferencias en los parámetros acústicos de las vocalizaciones producidas en dos condiciones de cautiverio diferentes. De tal forma que aún no se conoce, de qué manera factores ambientales como el clima, el espacio o la estructura del grupo pueden influir sobre desarrollo de las vocalizaciones del mono araña.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general de este trabajo es identificar, describir y analizar acústicamente las vocalizaciones emitidas por *Ateles geoffroyi* en encuentros agonísticos en dos condiciones de cautiverio diferentes. Los objetivos particulares derivados de este objetivo general son:

1. Identificar y determinar si existen diferencias en la frecuencia mínima de las vocalizaciones de agresión y de sumisión.
2. Encontrar, mediante los parámetros cualitativos y cuantitativos de las vocalizaciones y el contexto en el que se producen, si en las vocalizaciones emitidas ante distintos tipos de conductas agonísticas existen parámetros acústicos que indiquen si hay o no hay contacto durante el encuentro agonístico.
3. Probar mediante los parámetros acústicos cuantitativos de las vocalizaciones, si existen diferencias entre los distintos tipos de encierros.

Hipótesis:

1. Se espera que las vocalizaciones de agresión tengan menor frecuencia que las de sumisión.
2. Si en el encuentro agonístico hay contacto físico entre los monos, las vocalizaciones serán ruidosas y si no hay contacto serán tonales y pueden presentar modulaciones.
3. No se encontrarán diferencias en los parámetros acústicos cuantitativos entre los distintos encierros.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Sujetos de estudio

Se registraron las conductas y vocalizaciones de 17 monos araña, distribuidos en dos grupos: un grupo localizado en un cautiverio exterior en un ambiente natural y otro en un cautiverio exterior en un ambiente artificial. El grupo que se encuentra en el cautiverio artificial se compone de diez individuos, nueve adultos (siete ♀ y dos ♂) y un juvenil (♂). El grupo localizado en el cautiverio natural se compone de siete individuos, seis adultos (tres ♀ y tres ♂) y un juvenil (♂). Los registros del grupo localizado en el cautiverio artificial se realizaron entre julio del 2008 y marzo del 2009, mientras que los del cautiverio natural se realizaron de marzo del 2009 a julio del 2009.

3.2 Sitios de estudio

Cautiverio artificial.- Se localiza en el “Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz” en la Ciudad de México, situado en las coordenadas 19° 17’ de latitud norte y 99° 9’ de longitud oeste. La jaula de vivienda tiene una forma trapezoidal y mide 6.20 m por 6 m de ancho en la pared mayor por 1.70 m de la pared menor y 6 m de altura; no tiene techo, por lo que el clima (templado subhúmedo) y la iluminación diurna son naturales. Durante la noche los animales se encuentran expuestos a la iluminación natural y artificial de la calle. La jaula está situada a un costado de una vía rápida (el Anillo Periférico), por lo que los animales están expuestos al ruido constante del tráfico de la ciudad. La jaula está provista con aros y cuerdas.

Cautiverio natural.- Se localiza en la “Estación de Primatología de la Universidad Veracruzana” en el Municipio de Pipiapan, situada en las coordenadas 18° 27’ de latitud norte y 95° 2’ de longitud oeste, a 12 km al este de Catemaco en un pequeño valle a 330 m sobre el nivel del mar. Consta de una jaula rodeada por selva alta perennifolia, por lo que los animales están expuestos a las condiciones ambientales, clima, vegetación, sonido e iluminación, naturales. Los animales reciben el ciclo natural de luz-oscuridad, no tienen efectos de luz eléctrica ni de sonidos artificiales. El clima es cálido con precipitación abundante durante casi todo el año. La jaula tiene forma rectangular, midiendo 6.20 m de largo, 2.8 m de ancho y 3.15 m de altura. Se encuentra dividida en

tres secciones de 2.07 m cada una. Las secciones se encuentran comunicadas entre sí por puertas corredizas de forma cuadrangular que miden 1 m por lado. La jaula está provista con troncos.

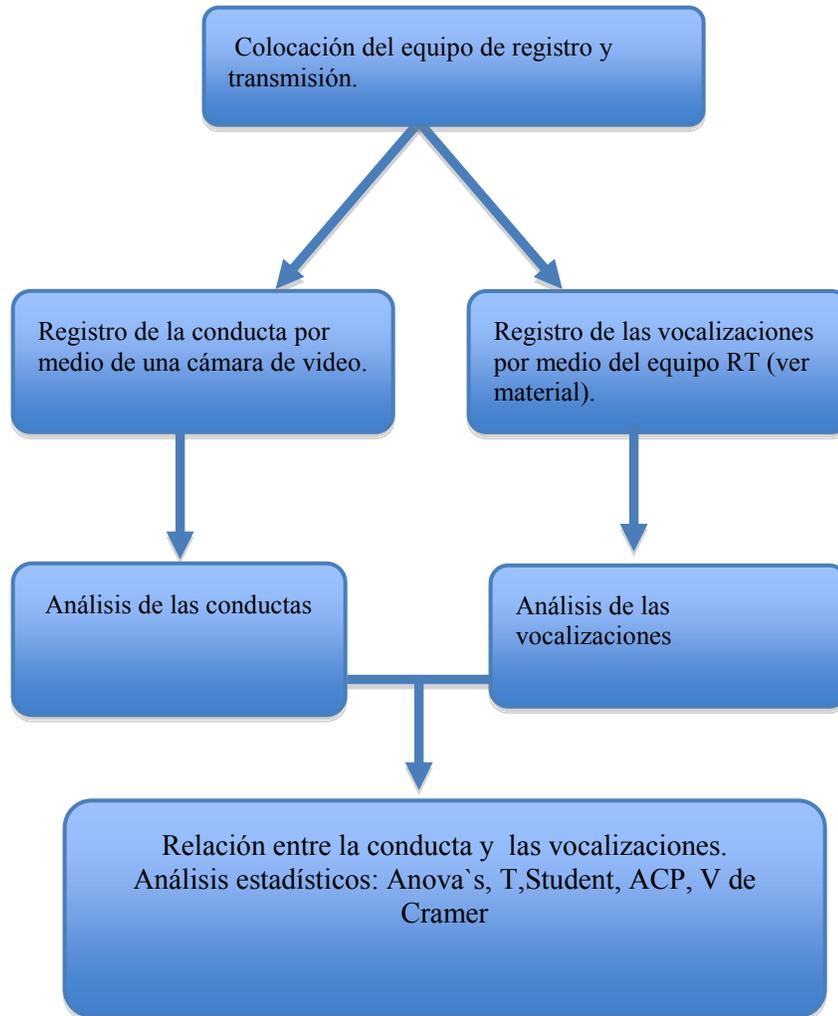


Figura 10. Diagrama de flujo del método.

3.3 Material utilizado para el registro de las conductas

1.- *Cámara de video Pelco 36mm MCA.* – En el cautiverio artificial se utilizó una cámara de video que registra en blanco y negro, con una sensibilidad MCA típica y es manipulada por controles a distancia que modifican el foco y el acercamiento del campo de visión desde el lugar donde se encuentra la computadora de colección de datos.

2.- *Cámara de video Handycam.*- En el cautiverio artificial y en el natural se usó una cámara Handycam marca Sony modelo HDR-CX12.

3.- *Grabadora.*- Computadora con procesador Core 2-Duo. Con la finalidad de guardar la información proveniente de la cámara de video.

3.4 Método utilizado para el registro de la conducta

Para el cautiverio natural se utilizó la cámara Handycam y para el artificial además de una cámara Handycam se utilizó la cámara marca Pelco que se encuentra fija en el observatorio. La señal de video digital se obtuvo por medio de una tarjeta de video. En cada sesión se grabaron las conductas emitidas en un perímetro de 2 m del individuo portador del equipo de registro y transmisión (RT) (ver material utilizado para el registro de las vocalizaciones). En el encierro artificial, se logró obtener información de la actividad de todos los monos por medio de la cámara Pelco. Esto con el fin de obtener la mayor información del contexto en el que se emitieron las vocalizaciones.

Posterior a la obtención de los videos, se llevó a cabo un muestreo por conducta (Martin y Bateson, 1991) de las conductas agonísticas (de agresión y de sumisión) descritas en el etograma de la Tabla 2. El etograma se realizó con base en las conductas agonísticas reportadas por Eisenberg y Kuehn (1966) y Aureli y Schaffner (2007). Las conductas agonísticas se clasificaron de acuerdo a si presentaban o no contacto físico.

Tabla 2. Etograma de las conductas de sumisión y agresión que se registraron, junto con su descripción.

Categoría conductual	Código	Conducta	Descripción
Conductas de agresión			
Agresión sin contacto físico	1	Cara de amenaza con o sin dientes	Con la boca semi- abierta, los labios se retraen con o sin mostrar los dientes
	2	Finta	Lanzar un manotazo al contrincante sin tocarlo
	3		Correr rápidamente hacia el contrincante, deteniéndose frente a él antes de establecer contacto
	4	Carga Intento de arrebatarse objeto	Intento de arrebatarse un objeto
	5	Arrebatarse objeto	Arrebatarse un objeto
	6	Perseguir	Correr detrás del contrincante.
Agresión con contacto físico	7		Ejercer presión sobre el contrincante con una mano, dos manos o con las patas, de manera que se le desplace de su lugar o se cambia su postura
	8	Empujar	Abrazar al cuerpo del contrincante y sacudirlo de un lado a otro. Pueden rodar por el piso o incluir otras conductas de agresión como morder y golpear
	9	Luchar	Sostener con las manos los brazos del contrincante y sacudirlo o jalarlo
	10	Jalonear cuerpo	Colocar entre los dientes cualquier parte del cuerpo del contrincante
	11	Morder Golpear	Azotar la(s) mano(s) o puño(s) en el cuerpo del contrincante
Agresión sin y con contacto físico	12	Se da cuando se emite una conducta agresiva en respuesta a una agresión que pasa de no involucrar contacto físico a involucrarlo.	
Conductas de sumisión			
Depende del tipo de agresión (con contacto, sin contacto, o sin contacto y posteriormente con contacto)			
	13	Encogerse	Flexionar los codos y rodillas encerrando el cuerpo.
	14	Evitar	Quitarse ante la presencia o aproximación de otro individuo.
	15	Huir	Desplazarse ante la persecución de otro individuo.
	16		Mantener una postura rígida y quieta durante más de tres segundos, frente a otro individuo.
	17	Congelarse	Al estar sentado, parado o acostado, levantar los brazos exponiendo el pecho y abdomen frente a otro sujeto
	18	Presentación frontal Echarse para atrás	Desplazarse hacia atrás del agresor, sin dar la espalda

3.5 Material utilizado para el registro de las vocalizaciones

A continuación se va a dar una lista de todos los componentes que usa el equipo de registro y transmisión (RT) para poder almacenar la información de las vocalizaciones. La operación del sistema RT se muestra en la Figura 10:

1.- Arnés utilizado para la colocación del equipo RT.- Se diseñó un arnés, el cual tiene las siguientes características:

- a) Medidas adecuadas para su colocación al cuerpo de un mono araña adulto o juvenil. Consta de un collar y un cinturón unidos por una correa que corre sobre la espalda del animal (correa dorsal). El collar tiene una circunferencia de 25 cm. La correa dorsal tiene 12 cm de largo y el cinturón 40 cm. Tienen broches ajustables que permiten adecuar el arnés al tamaño de cada animal.
- b) Para transportar y proteger el equipo de transmisión, se diseñó una bolsa cosida a la correa dorsal del arnés en la que se introduce una caja de plástico que carga el equipo de transmisión y, junto con una funda impermeable, lo protege de golpes y humedad.
- c) No impide la movilidad ni llama demasiado la atención del mono portador ya que el arnés es ligero y no tiene cintas ni listones que puedan ser maniobrados. Además el equipo RT se encuentra en la espalda, lo que le impide manipularlo.

2.- Micrófono: Micrófono direccional marca Electric model UCM 97100. Sus dimensiones son 0.97 cm por 1.0 cm, su sensibilidad es de -47 dB \pm 4 dB re 1V/Pa, a 1 kHz. El micrófono también funciona como filtro, con un ancho de banda (BW) de 20 Hz a 20 kHz, lo que permite registrar las señales con frecuencias de hasta 20 kHz que alcanzan las vocalizaciones del mono araña. Su máximo voltaje de operación es de 10 Volts con un voltaje estándar de operación de 1.5 Volts. La resistencia es de 680 Ohms y su consumo máximo de poder es de 0.5 mA. La relación señal-ruido es de 58 dB.

Para la óptima transmisión de la señal dentro del micrófono se incluyó un circuito preamplificador marca National Semiconductor modelo LM386N-1. Tiene un rango de amplificación entre 20 y 200 veces, con baja distorsión y un rango amplio en el voltaje de polarización. El circuito consume un total de 5 mA, incluyendo la energía utilizada por el micrófono. La fuente que alimenta al circuito es una batería recargable marca Sony modelo LIS2106 que proporciona 1 A por hora de rendimiento por lo que el circuito tiene energía para operar 200 horas continuas.

3.- Transmisor: Marca Philips modelo SHB2000/77, con perfil de Distribución Avanzada de Audio A2DP, el cual tiene las siguientes características: Para transmitir arriba de 1 Mbps funciona inicialmente con una frecuencia modulada binaria para minimizar la complejidad del transceptor. En el caso de una modulación EDR el cambio de código de fase presenta dos versiones; la 4-DQPSK para transmisiones de 2 Mbps y la 8DPSK para transmisiones de 3 Mbps. El transmisor tiene una banda de frecuencia operacional de 2.4 a 2.48 GHz, un radio de operación de 10 m, una alta calidad de audio y un peso de 13 g.

Dentro del transmisor se encuentra un codificador que permite transmitir la señal mediante la tecnología “Bluetooth”. Esta tecnología usa un algoritmo para cuatro u ocho subbandas y está diseñado para eliminar frecuencias traslapadas.

4.- Receptor: Marca Philips Modelo SHB2000/77 con perfil de audio A2DP. Tiene una alta calidad de audio en un radio de operación de 10 m y tiene bajo consumo de energía en el modo suspensión, una banda de frecuencia operacional de 2.4 a 2.48 GHz, un tiempo de conexión <4 segundos y un peso de 23.6 g. La batería que alimenta al receptor es de litio modelo CGR1860D. Su rendimiento es de 2.2 A por hora de uso cuando opera el receptor.

5.- Grabadora: Computadora con procesador Core 2-Duo, la cual usa una tarjeta de sonido marca Soundblaster que muestrea a 48 kHz (característica importante ya que se puede describir de manera adecuada la vocalización en forma de onda) y trabaja a 24 bits. Toda la información proveniente del equipo RT y de la cámara de video se guardó en el disco duro.

6.- Material para la colocación y protección del receptor.- Manguera con una longitud de 30 m, suficiente para introducir el cable que transmite la información del receptor a la computadora y protegerlo de la intemperie. Para proteger el receptor se diseñó una caja de acrílico de forma rectangular con 5.5 cm en la base y 9.6 cm de alto.

3.6 Método utilizado para el registro de las vocalizaciones

El micrófono fue transportado mediante un arnés por un mono portador que como se mencionó anteriormente permitió registrar las vocalizaciones de un total de 17 monos araña distribuidos en los dos encierros. En total se registraron 314 h, 194 h en el

cautiverio de tipo artificial y 120 h en el cautiverio de tipo natural. La diferencia de horas registradas en los dos encierros se debió a la dificultad para suministrar energía al equipo utilizado para el registro de las conductas y las vocalizaciones en el cautiverio natural.

Para ser tomadas en cuenta, las vocalizaciones debían tener una intensidad suficiente que permitiera ver y cuantificar la vocalización en todo el rango de frecuencias. De la misma manera, se registró el contexto durante el cual se emitió la vocalización.

El primer paso del método fue colocar el arnés con el RT. Para esto fue necesario anestesiarse al mono, por lo que se retiró todo el alimento de la jaula-vivienda para que el mono tuviera un ayuno de 12 h. Posteriormente, se retiró al mono seleccionado como portador de su jaula vivienda. Se le colocó en una jaula de restricción de 80 x 100 x 60 cm³ que permitió removerlos de la jaula-vivienda para su manejo y se le anestesió con Zoletil 50 (Tiletamina y Zolazepam) vía intramuscular con una dosis de 0.01 mg/kg, la cual es suficiente para permitir su manejo de manera segura. Este anestésico produce catalepsia rápida (sin agitación), relajación muscular, analgesia superficial inmediata y conservación de los reflejos laríngeos, faríngeos y palpebrales, además de que ofrece una recuperación suave y sin agitación (entre 30 min y dos horas), con recuperación rápida de la coordinación muscular. Una vez anestesiado el mono, se le colocó el arnés con el dispositivo RT.

El mono portador se monitoreó médicamente hasta su completo restablecimiento, se alimentó y liberó de inmediato a su jaula-vivienda. El procedimiento para retirar el arnés una vez concluido el registro fue el mismo. El registro comenzó hasta el día siguiente para permitir la completa recuperación del portador así como su adaptación al equipo.

Respecto a la señal acústica:



Figura 11. Diagrama de flujo del funcionamiento del equipo de registro y transmisión.

A) Recepción de la vocalización por el micrófono: El micrófono registró las vocalizaciones que se emitieron a su alrededor y como se explicó solo se tomaron en cuenta las vocalizaciones emitidas a un perímetro de 2 m del mono portador. El micrófono también funcionó como filtro, ya que solo registra sonidos que se encuentran entre los 20 Hz y los 20kHz, lo que permite que los datos digitalizados por la tarjeta de audio de la computadora sean los adecuados.

Posterior a la transducción del sonido, la señal eléctrica del audio se amplifica mediante un circuito preamplificador que se encuentra conectado a la salida del micrófono y a la entrada del transmisor.

B) Codificación: Después de que el sonido pasa por el circuito preamplificador llega al transmisor, donde la señal analógica se digitaliza mediante la técnica “Código sub banda” CSB para poder ser transmitida de manera digital. Esta técnica usa un algoritmo de baja complejidad que utiliza cuatro u ocho subbandas.

C) *Transmisión.*- Una vez que la señal digital ha sido codificada, ésta se transmite de forma inalámbrica al receptor que se encuentra colocado en el centro de la jaula de vivienda mediante la tecnología “Bluetooth”.

D) *Recepción.*- La señal digital inalámbrica se codifica mediante el receptor y posteriormente vuelve a ser decodificada. El receptor se conectó mediante un cable protegido por una manguera a la computadora, la cual tiene la función de grabadora.

E) *Muestreo y grabación.*- La señal analógica se captura por la computadora y se convierte a digital mediante la tarjeta de sonido de la computadora marca Sound Blaster que muestrea a 48 kHz y opera a 24 bits, tasa de muestreo que es mayor a la tasa máxima registrado por el micrófono (20 kHz). Esta información digital se guarda en el disco duro de la computadora para su posterior análisis en formato WAV sin compresión.

Posterior a la grabación de las vocalizaciones se llevó a cabo el análisis de estas mediante un procesamiento computarizado, a través del programa Raven Pro 1.4 que calcula la Transformada Discreta de Fourier (TDF). Mediante la TDF se obtiene una secuencia finita de valores de la amplitud de la señal, los cuales son digitalizados a intervalos regulares. El resultado es una secuencia de valores que especifican la amplitud de una secuencia de componentes discretos de la frecuencia, en este caso del sonido.

Para tener una resolución adecuada la vocalización se muestreó mediante una ventana tipo Hann debido a que la forma curva en la parte superior de la ventana permite muestrear de manera correcta las ondas con las que se representa el sonido. El solapamiento entre cada ventana fue del 50% lo que significa que cada ventana de medición empezó a la mitad de la ventana anterior y así sucesivamente, esto resulta conveniente ya que podemos describir de mejor manera la onda y tener una mayor probabilidad de encontrar los valores más altos y bajos de la señal. Por cada ventana de medición se realizaron 1024 muestras (Figura 12).

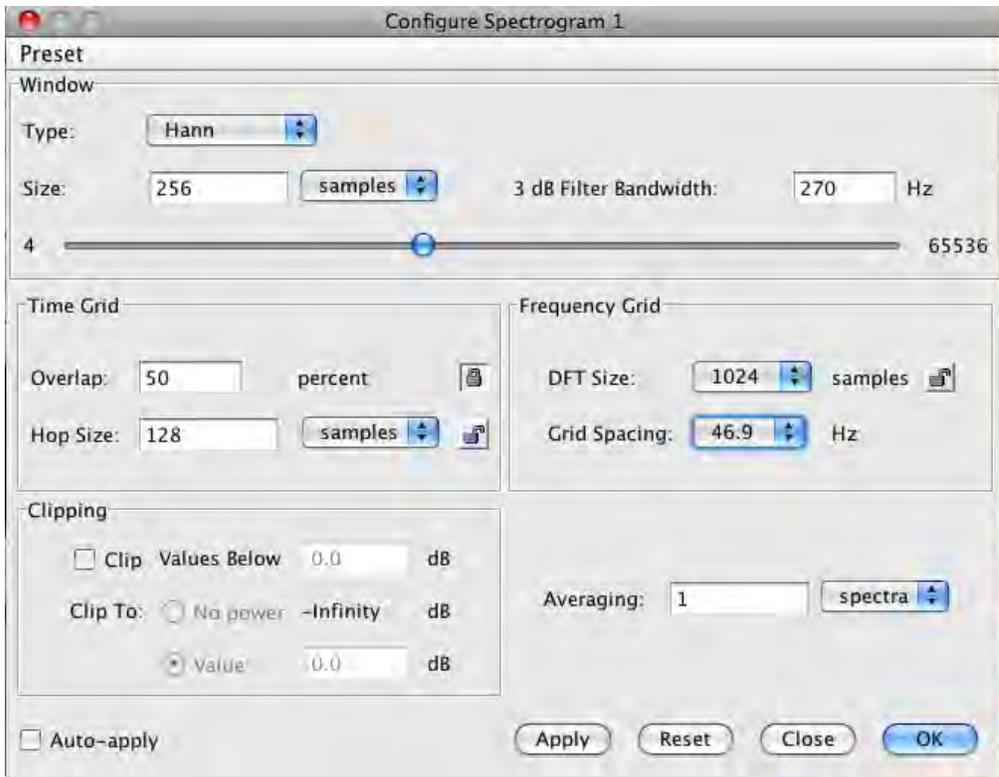


Figura 12. Configuración de los parámetros utilizados para calcular la FFT y obtener el espectrograma.

En los espectrogramas se despliega en la dirección horizontal (eje “X”) el tiempo y en la dirección vertical (eje “Y”) la frecuencia en hercios con un mínimo de 40 Hz y un máximo de 20 kHz. Las amplitudes se describen como cambios en la tonalidad de una coloración, siendo las de mayor energía los colores más oscuros y las de menor energía los colores más claros (Figura 13).

Se midieron 11 parámetros acústicos cuantitativos de cada vocalización (Tabla 3) dados automáticamente por el programa Raven Pro 1.4 y cuatro parámetros cualitativos (Tabla 4). Los dos tipos de parámetros se manejaron como variables independientes en los análisis estadísticos. Los valores de frecuencia se expresan en hercios.

Para llevar a cabo las mediciones mediante el programa Raven Pro 1.4, se sombrea en el espectrograma el área que se desea analizar, de esta manera, se obtiene una tabla con los parámetros acústicos cuantitativos que se desean medir para cada vocalización. El número de armónicos (F2, F3, etc.) que aparezcan en el espectrograma dependerá del tipo de la emisión vocal que produzca el sujeto experimental, así como de la F0.

Tabla 3. Parámetros acústicos cuantitativos que se midieron.

Parámetros acústicos cuantitativos	Definición
Duración (ms)	Tiempo desde el principio hasta el final de la vocalización (ver definición en glosario).
F central (Hz)	Frecuencia que divide la frecuencia fundamental en dos partes con igual cantidad de energía.
F pico (Hz)	Frecuencia en la que la frecuencia fundamental tiene la máxima energía
F máxima (Hz)	Máximo valor de frecuencia de la vocalización.
F mínima (Hz)	Mínimo valor de frecuencia de la vocalización.
F de la primera cuartilla (Hz): F Q1	Frecuencia que divide la vocalización en dos partes que contienen el 25% y el 75% de la energía respectivamente
F de la tercer cuartilla (Hz): F Q3	Frecuencia que divide la vocalización en dos partes que contienen el 75% y el 25% de la energía respectivamente.
Rango entre cuartillas (Hz): Bw IQR	La diferencia en la frecuencia de la primera y la tercera cuartilla de la vocalización.
Número de armónicos	Es el número de armónicos que se pueden detectar en una vocalización.
Duración entre cuartillas: Dur IQR	La diferencia en la duración de la primera y la tercera cuartilla.
Frecuencia delta	La diferencia entre la frecuencia más alta y la más baja de la vocalización.

Tabla 4. Parámetros acústicos cualitativos que se midieron.

Tipos de vocalizaciones	Definición
Tonales	Vocalizaciones que presentan estructuras armónicas
Moduladas	Una modulación es un aumento y una disminución en un segmento de la vocalización (#FM)
Ruidosas	Vocalizaciones en las que no se detectan estructuras armónicas
Tonales ruidosas	Vocalizaciones en las que en un segmento se detectan estructuras armónicas y en otro no se detectan.

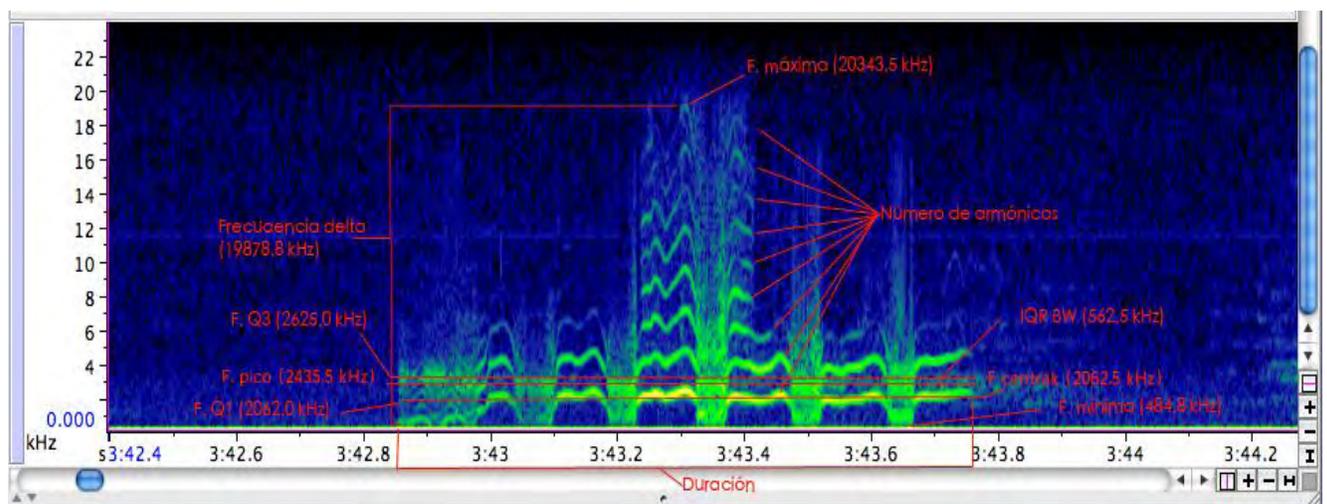


Figura 13. Parámetros acústicos cuantitativos que se midieron (vocalización de tipo modulada).

3.7 Relación de las conductas con las vocalizaciones

La relación entre las vocalizaciones y las conductas agonísticas se realizó mediante el programa Final Cut Pro 5.1. Este programa permite visualizar simultáneamente en dos ventanas (una de video y otra de audio) la conducta del sujeto focal y el oscilograma de los cambios de amplitud acústica en el medio. Por ello se pudo saber sin ambigüedad qué vocalización se emitió durante determinado encuentro agonístico.

3.8 Análisis estadísticos

Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa PASW 18. Para describir de manera general los parámetros acústicos de las vocalizaciones emitidas durante las seis categorías conductuales descritas anteriormente, se realizó estadística descriptiva. Los valores que se sacaron fueron el valor máximo, el mínimo, la media y la desviación estándar de cada uno de los once parámetros acústicos cuantitativos. Para evitar problemas de pseudoreplicación y eliminar el factor individual en las vocalizaciones se trabajó con los promedios de los parámetros acústicos de las vocalizaciones emitidas por cada individuo durante las distintas categorías conductuales.

Diferencias en la frecuencia mínima de las vocalizaciones de agresión y de sumisión

Para ver si existían diferencias estadísticas en el tono de las vocalizaciones emitidas durante las conductas de agresión y de sumisión se realizó una t-student para una sola muestra con una $p < 0.05$, en la que los grupos eran las vocalizaciones emitidas durante la realización de las conductas de agresión y de sumisión (sin importar la presencia o ausencia de contacto físico) y los valores promedio de las frecuencias mínimas por individuo. Se trabajó con las frecuencias mínimas debido a que este es un valor que nos indica que tan grave o aguda es una vocalización.

Clasificación de las vocalizaciones respecto a las categorías conductuales por medio de los parámetros acústicos cuantitativos

Lo primero que se realizó fue una ANOVA (de una vía con una $p < 0.05$) por cada uno de los 11 parámetros acústicos cuantitativos, con el fin de observar si había diferencias entre las categorías conductuales respecto a los parámetros acústicos cuantitativos. Después de

identificar si existían diferencias, se realizó el análisis de componentes principales (ACP) con el fin de obtener los parámetros acústicos que explican de mejor manera la variación entre las vocalizaciones emitidas bajo cuatro categorías conductuales. El ACP resultó conveniente para este estudio ya que este análisis se aplica cuando el número de individuos es pequeño y el número de parámetros es alto.

Para la aplicación del ACP, el procedimiento fue el siguiente: Primero, reducir el número de los parámetros acústicos cuantitativos medidos en una cantidad menor de datos no relacionados que expliquen la varianza obtenida en las mediciones acústicas por medio del ACP. Una vez calculados los componentes principales, el programa hace una rotación ortogonal del número de ejes. Cada eje que se rotó representa un componente principal. Este segundo paso se realizó para reducir aun más el número de componentes principales, ya que al rotar los ejes es posible aumentar aún más la varianza de cada componente.

Para comparar los componentes de las categorías conductuales únicamente se usaron los factores (representados por los parámetros acústicos cuantitativos) que fueran mayores a 0.7, debido a que el valor oscila entre cero y uno y entre más cercano se encuentra a uno mayor va a ser la correlación entre los factores y el componente.

Relación de los parámetros acústicos cualitativos de las vocalizaciones con las categorías conductuales

A diferencia de los análisis estadísticos previos, no se pudo trabajar con los promedios de los individuos por cada categoría conductual debido a que al ser datos nominales no se les pudo sacar promedio. Las características cualitativas se componen de: vocalizaciones tonales (presencia de armónicos), vocalizaciones moduladas (presencia de modulaciones), vocalizaciones ruidosas (ausencia completa de estructuras armónicas) y vocalizaciones con segmentos con ruido (presencia de segmentos tonales y segmentos con ruido).

Dado que se trabajó con variables policotómicas el análisis que resultó más pertinente fue el análisis de asociación de la V de Cramer. Se trabajó al igual que en todos los análisis con una $p < 0.05$.

Comparación entre las vocalizaciones emitidas en los dos distintos cautiverios por medio de los parámetros acústicos cuantitativos

Al igual que en la comparación entre encierros se utilizó el análisis de ACP. En esta ocasión se agruparon las vocalizaciones en cuatro categorías: 1. Vocalizaciones de sumisión emitidas en el cautiverio natural, 2. Vocalizaciones de sumisión emitidas en el cautiverio artificial, 3. Vocalizaciones de agresión emitidas en el cautiverio natural, 4. Vocalizaciones de agresión emitidas en el cautiverio artificial. A diferencia de los análisis previos no se dividieron las categorías de sumisión y agresión dependiendo de si se presentaba contacto o no, debido a que al dividir la n entre encierros se redujo demasiado y para poder realizar el análisis debe ser no menor a seis.

Para comparar los componentes obtenidos para cada categoría, únicamente se usaron los factores que fueran más altos que 0.7.

4. RESULTADOS

En total se registraron 314 horas, 194 h en el cautiverio de tipo artificial y 120 h en el cautiverio de tipo natural y se trabajó con un total de 214 vocalizaciones provenientes de 17 individuos emitidas bajo las seis categorías conductuales.

En la Tabla 5 se muestran los valores máximos, mínimos, la media y la desviación estándar de cada uno de los 11 parámetros acústicos cuantitativos de las 214 vocalizaciones medidas y agrupadas en las seis categorías conductuales.

Tabla 5. Estadística descriptiva de cada parámetro acústico cuantitativo.

Categoría conductual n total de vocalizaciones=20	Sumisión sin contacto n vocalizaciones=11				Sumisión con contacto n vocalizaciones =6				Sumisión sin y con contacto n vocalizaciones=3			
Parámetro acústico	Mínimo	Máximo	Media	Des. St.	Mínimo	Máximo	Media	Des. St.	Mínimo	Máximo	Media	Des. St.
F. mínima (Hz)	1355.9	3862.88	3119.14	790.19	480.0	2318	1086.32	723.54	772.07	2412.10	1569.65	820.93
F. máxima (Hz)	12162.2	24000	17436.3	3567.18	15121.93	22320	18886.91	2395.13	16337.72	19658.30	18428.0	1713.57
FQ1 (Hz)	2250	5471.58	3865.61	832.504	1312.93	2850	2209.37	552.60	2132.82	3750	2940.10	808.59
FQ3 (Hz)	2812.5	7875	4909.4	1572.22	3187.50	5625	4221.88	894.88	3773.42	4687.50	4320.30	482.80
F. central (Hz)	2437.5	7687.5	4409.64	1403.32	1687.50	375	2869.78	675.00	2437.50	4125	3520.83	940.27
F. delta (Hz)	9243.2	22644.1	14337.2	4187.45	14196.13	21840	17800.59	2662.18	15565.65	17246.20	16673.15	959.31
Duración (s)	0.41	1.268	0.643	0.240	0.39	1.44	0.82	0.48	0.51	1.52	1.07	0.51
Bw IQR (Hz)	187.5	3750	1043.83	1055.50	1387.50	3000	2012.51	599.01	750	1750	1380.20	548.50
Duración IQR (s)	0.1	0.5	0.178	0.111	0.10	0.80	0.29	0.25	0.17	0.40	0.28	0.11
Frecuencia pico (Hz)	2250	5565.33	3995.93	913.13	1312.50	4500.00	2827.08	1063.02	2373.42	4500	3603.64	1101.89
Número de armónicos	3	10	4.739	2.22	0.00	3.67	0.84	1.49	4	4.25	4.08	0.14

Categoría conductual n total de vocalizaciones= 23	Agresión sin contacto n vocalizaciones=13				Agresión con contacto n vocalizaciones=8				Agresión sin y con contacto n vocalizaciones=2			
Parámetro acústico	Mínimo	Máximo	Media	Des. St.	Mínimo	Máximo	Media	Des. St.	Mínimo	Máximo	Media	Des. St.
F. mínima (Hz)	1186.72	3408.52	2337.45	740.87	484.80	2463.30	1184.27	651.66	1085.40	1093.50	1089.50	5.79
F. máxima (Hz)	13458.6	19596.5	16790.3	1792.42	8981.60	20960.2	14872.87	5781.72	13989.90	14357.10	14173.50	259.64
FQ1 (Hz)	1593.74	5250	3419.33	985.79	1406.20	3937.50	2244.13	837.94	1546.20	1687.50	1616.85	99.91
FQ3 (Hz)	2587.50	6468.75	4707.89	1299.80	2437.50	4687.50	3369.13	756.84	2437.50	2641.20	2539.35	144.03
F. central (Hz)	1762.50	5625	3979.72	1106.35	1875	4031.20	2648.43	762.85	2062.50	2073.60	2068.05	7.84
F. delta (Hz)	10141.0	17868.6	14452.8	2125.74	7803.70	19757.6	13688.59	5658.31	12904.50	13003.200	12953.85	69.79
Duración (s)	0.39	1.09	0.59	0.20	0.39	0.92	0.65	0.19	1.80	1.93	1.86	0.09
Bw IQR (Hz)	187.50	2512.50	1288.55	686.47	93.80	2250	1125	645.63	750	821	785.50	50.20
Duración IQR (s)	0.08	0.35	0.17	0.08	0.00	0.30	0.15	0.09	0.50	0.60	0.55	0.070
Frecuencia pico (Hz)	1950.00	6337.50	3949.30	1362.64	1312.50	4031.20	2425.78	813.33	1875	1900	1887.50	17.677
Número de armónicos	3	6.69	4.59	0.99	0.00	12.50	3.25	4.56	4	4	4	0.00

Como se observa en la Tabla 5 se trabajó con una n de 43 vocalizaciones. Las vocalizaciones que se emitieron con menor frecuencia por los individuos, fueron las de agresión y sumisión que en un principio no involucraban contacto físico y posteriormente si, con un total de ocho vocalizaciones producidas por tres individuos para las de sumisión y dos vocalizaciones producidas por dos individuos para las vocalizaciones de agresión.

Los promedios en la frecuencia mínima tienden a ser más bajos en las vocalizaciones de agresión que en las de sumisión, excepto en las categorías conductuales que involucraban contacto físico. Por su parte la F. máxima tuvo valores más altos para las medias de las vocalizaciones de sumisión. Referente a la FQ1 no se encontró ninguna diferencia en las medias entre las vocalizaciones de sumisión y de agresión aunque, para la FQ2 se observó que los valores más altos correspondieron al grupo de las vocalizaciones de sumisión. La frecuencia central mostró tener medias más altas en las vocalizaciones que se emitieron bajo el grupo de las categorías conductuales de sumisión. Respecto a la F delta no existen diferencias entre el grupo de las vocalizaciones de sumisión y de agresión. Tampoco se encontró ninguna diferencia para el Bw IQR . En la duración de IQR las medias fueron más altas para las vocalizaciones de sumisión que para las de agresión. Las medias de la duración en las vocalizaciones que se emitieron bajo las categorías de agresión y de sumisión que en un principio no involucran contacto físico y posteriormente si, mostraron ser mayores al resto de las vocalizaciones emitidas bajo las distintas categorías conductuales. Para la frecuencia pico se observó una diferencia de apenas décimas en la que las vocalizaciones de sumisión tenían valores más altos en sus medias que las de agresión y por último en el número de armónicos no se presentaron diferencias entre ninguna de las dos categorías conductuales. Al analizar las desviaciones estándar solo se observó una diferencia clara en la FQ2 que nos indica que los valores en frecuencia fueron más altos para el grupo de vocalizaciones de sumisión.

4.1 Diferencias en la frecuencia mínima entre las vocalizaciones de agresión y de sumisión

Al igual que en la estadística descriptiva los datos solo muestran los promedios de las vocalizaciones emitidas por cada individuo en las categorías conductuales, la **n** total fue de 43, 23 para las de agresión y 20 para las de sumisión.

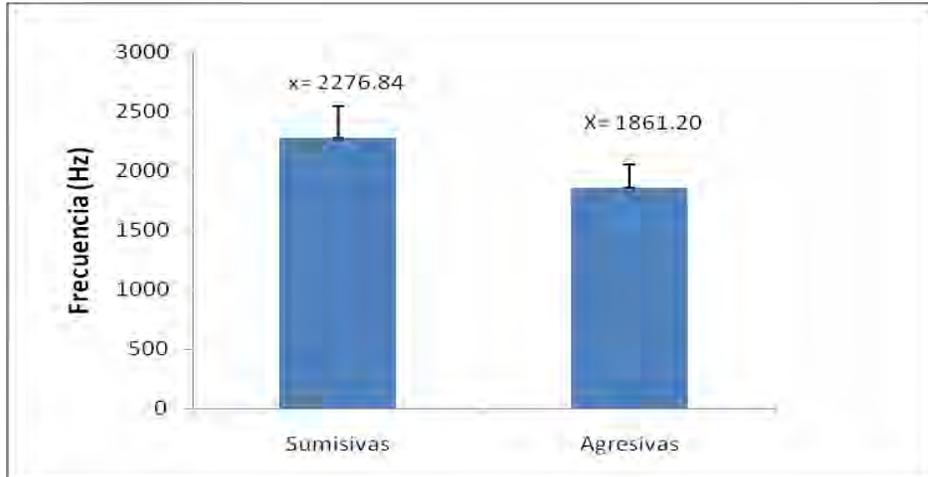


Figura 13. Promedios y error estándar de las F. mínimas de las vocalizaciones de agresión y de sumisión.

Si bien la media mostró que las frecuencias mínimas de las vocalizaciones de agresión son más bajas que las de sumisión, las diferencias no fueron claras debido al rango que se observó en el error estándar.

Los resultados de la prueba t-student mostraron que las varianzas entre ambos grupos fueron distintas ($p=0.048$). Las medias de las vocalizaciones de agresión y de sumisión fueron similares ($p=0.211$), lo que indica que las vocalizaciones de sumisión no son más agudas que las de agresión.

4.2 Categorización de las vocalizaciones respecto a las categorías conductuales por medio de los parámetros acústicos

Tabla 6. Resultados dados por la ANOVA para cada parámetro.

	Parámetros										
	F .min.	F. máxi.	FQ1	FQ3	F.cen.	F.delta	Duración	F.pico	BWIQR	DurIQR	N _{arm}
F	10.392	1.4	6.254	2.789	4.218	1.238	7.491	3.786	1.546	3.378	2.478
Sig p.	0.000	0.247	0.000	0.031	0.004	0.290	0.000	0.007	0.200	0.013	0.049

De los 11 parámetros analizados, ocho variaron en relación a la categoría conductual en las que se emitieron las vocalizaciones. Únicamente tres fueron similares entre las categorías conductuales ($p < 0.05$): F. máxima, F. delta y BWIQR (Tabla 6). Los resultados reflejaron que los parámetros al mostrar variación entre las categorías conductuales, son viables para tratar de clasificar las vocalizaciones dentro de los seis contextos conductuales.

Tabla 7. Componentes de las vocalizaciones emitidas bajo las diferentes categorías conductuales.

Parámetros acústicos	Categorías conductuales										
	Sumisión sin contacto (n vocalizaciones=11)		Sumisión con contacto (n vocalizaciones=6)			Agresión sin contacto (n vocalizaciones=13)			Agresión con contacto (n vocalizaciones=8)		
	Componentes		Componentes			Componentes			Componentes		
	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3
F. mínima	0.899					0.794					
F. máxima	-0.905		-0.943			0.920			0.795		
FQ1	0.898					0.911			0.775		
FQ3			0.773			0.758			0.974		
F. central			0.841			0.912			0.966		
F. delta	-0.940		-0.877						0.928		
Duración			0.843			0.767			0.967		
Bw IQR			0.966			0.789			-0.898		
Duración IQR			0.930			0.976			0.968		
F. pico	0.895					0.944			0.776		
Número de armónicos	-0.960		0.871								
% de la varianza por componente	60.8	27.36	47.95	27.5	12.43	44.9	24.66	17.11	50.25	21.45	15.84
% Total	88.43		87.43			82.65			87.58		

Los resultados del análisis de componentes principales mostraron que en las vocalizaciones emitidas bajo conductas de sumisión sin contacto, los parámetros acústicos se agruparon en dos componentes. El primero que explicó el 60.8% de la varianza se compuso por la F. mínima, la FQ1, la F. pico, el Número de armónicos, la F. delta y la F. máxima. Mientras que el segundo que explicó el 27.36% de la variación se compuso por: el Bw IQR, la Duración IQR, la duración, la F. central y la FQ3. Las vocalizaciones que se emitieron bajo una sumisión con contacto, se agruparon en tres componentes. El primero que explicó el 47.95% de la variación se compuso por el número de armónicos, F. máxima y la F. delta y el Número de

armónicos. El segundo que explicó el 27.5% de la variación se compuso por: la duración IQR, el Bw IQR y la duración. Mientras que el tercero que explicó el 12.43% de la variación se compuso por: la FQ1, la F. central y la FQ3, y la F. central (Tabla 7).

Referente a las vocalizaciones que se emitieron bajo una agresión sin contacto la agrupación se realizó en tres componentes que juntos explican el 82.65% de la variación. El primero que explicó el 44.9% se compuso por: la FQ3, F. central, F. pico, FQ1 y la F. mínima. El segundo que explicó el 24.66% de la varianza se compuso por: la F. delta y la F. máxima y el tercero que explicó el 17.11% de la variación se compone por: la duración IQR y la duración.

Por su parte las vocalizaciones de agresión que se emiten con contacto físico se describieron por tres componentes que explican el 87.58% de la variación. El primero se compuso por: la FQ3, la F. central y la FQ1. El segundo que explicó el 21.45% de la variación de compuso por: la F. pico, Bw IQR y la duración IQR. Y el tercero que explica el 15.84% de la variación se compuso por: la duración, la F. máxima y la F. delta.

Al comparar las distintas categorías, se encontraron diferencias entre el grupo de las vocalizaciones de sumisión y de agresión. La diferencia más clara se dio en los parámetros acústicos del primer componente en específico en los parámetros de la F. máxima y la F. delta de las categorías de sumisión ya que solo en estas dos categorías los parámetros tuvieron valores más altos que 0.7. En cuanto a las vocalizaciones de agresión, se encontró que fueron las únicas que presentaron valores mayores a 0.7 para la FQ3 y la F central.

Respecto a diferencias presentadas entre las categorías de sumisión que presentan y no contacto, se encontró que la F. mínima, la FQ1 y la F. pico solo tuvieron valores mayores a 0.7 para las vocalizaciones de sumisión sin contacto, por tanto estos valores son los que marcan una diferencia entre el grupo de las vocalizaciones de sumisión. En el segundo componente de los cinco parámetros que mostraron un fuerte variación tres fueron los mismos (Duración, Bw IQR y Duración IQR) lo que podría estar mostrando que no existe una fuerte diferencia en el segundo componente para este grupo de vocalizaciones.

Referente a las categorías de agresión los tres parámetros que mostraron tener mucho peso sobre el primer componente fueron la FQ1, la FQ3 y la F. central. Solo dos parámetros reflejaron diferencias entre estas dos categorías la F. mínima y la F. pico, ya que solo presentaron valores altos para las vocalizaciones de agresión sin contacto.

En cuanto a diferencias entre las categorías que presentan y no contacto físico se encontraron similitudes entre los parámetros de las categorías que no presentaron contacto físico, debido a que únicamente en estas la F. mínima y la F. pico tuvieron valores más altos a 0.07 en el primer componente. En las vocalizaciones que se emitieron bajo conductas con contacto no se encontraron similitudes en los parámetros mayores a 0.7 para el primero y el segundo componente (Tabla 7).

Entre las categorías conductuales que se pudo aplicar el ACP no se encontraron diferencias que pudieran separar las cuatro categorías. Debido a esto se buscaron diferencias entre las categorías que presentaron y no contacto físico y entre las categorías de agresión y de sumisión.

4.3 Relación de las características cualitativas de las vocalizaciones con las categorías conductuales

Se obtuvieron los porcentajes de las 214 asociaciones que se dieron entre las características cualitativas de las vocalizaciones y las categorías conductuales (Tabla 8). Posteriormente se realizó una V de Cramer con el total de las 214 vocalizaciones emitidas por los 17 monos durante los contextos conductuales que se reagruparon en tres (conductas con contacto, conductas sin contacto y conductas sin y con contacto). Las características cualitativas de las vocalizaciones (tonales, con modulaciones, ruidosas y tonales en un segmento) se representan en las figuras 15, 16, 17 y 18.

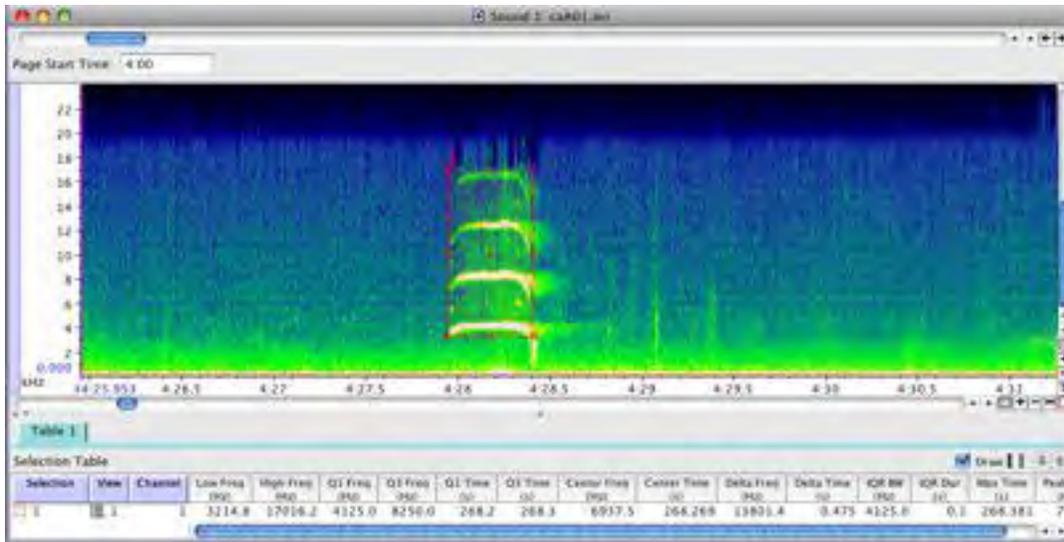


Figura 15. Vocalización de tipo tonal.

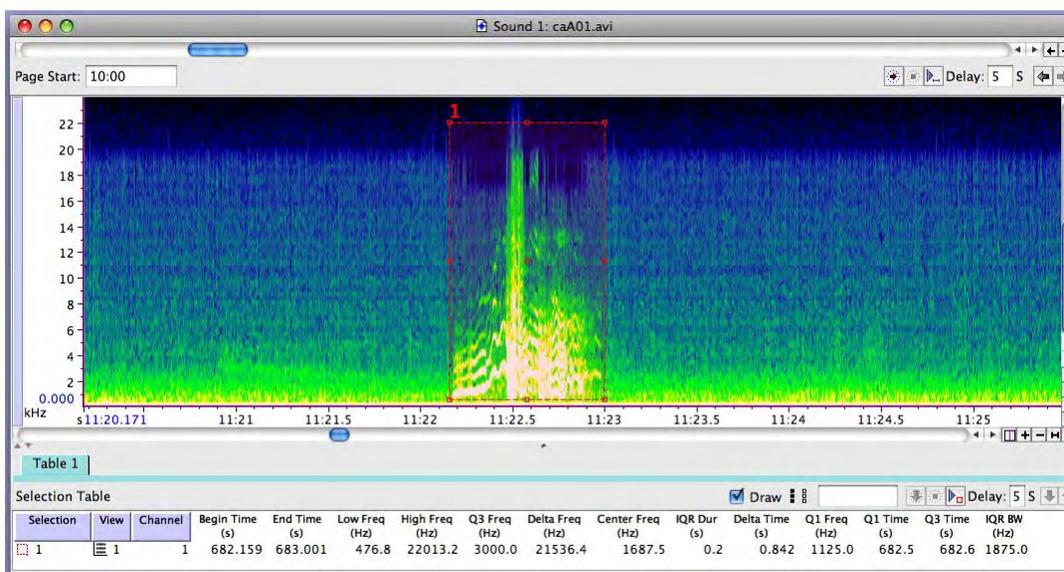


Figura 16. Vocalización de tipo modulada.

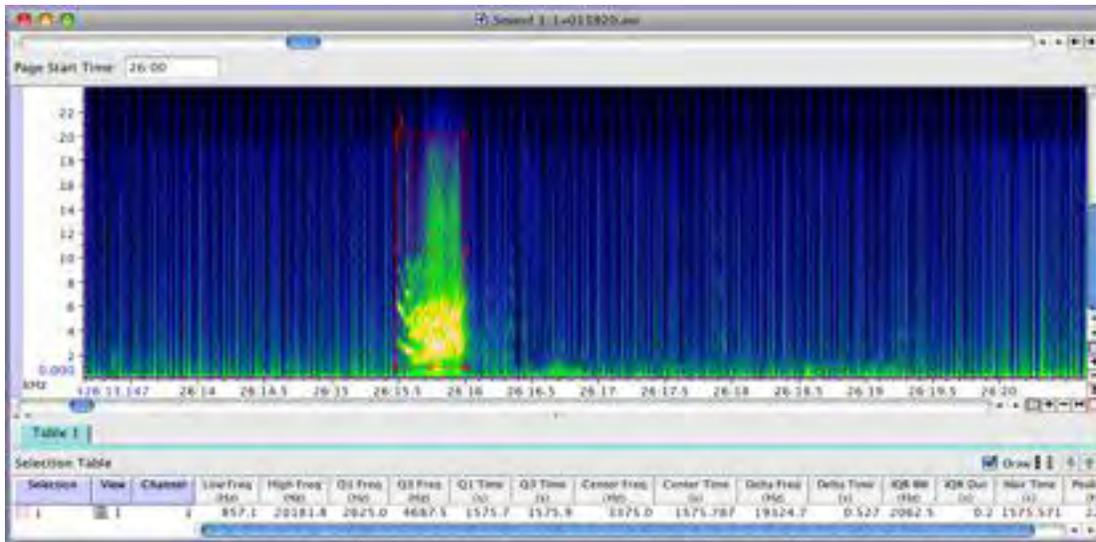


Figura 17. Dentro del cuadrado rojo se encuentra una vocalización de tipo ruidosa.

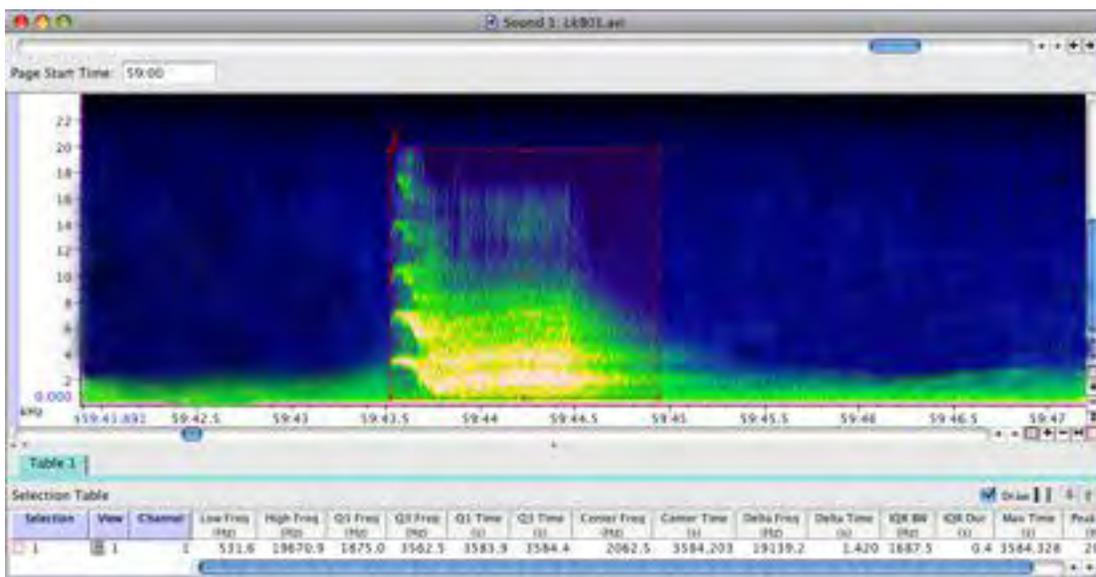


Figura 18. Dentro del cuadrado rojo se encuentra una vocalización que tiene un segmento tonal y otro ruidoso.

Tabla 8. Porcentajes de las asociaciones que se dieron entre los parámetros cualitativos de la vocalización y las tres categorías conductuales.

			Conducta			Total
			Conducta sin contacto	Conducta con contacto	Conducta sin y con contacto	
Parámetro	Tonales	# de vocalizaciones	136	3	0	139
		% del Parámetro	97.8%	2.2%	0%	100%
	Moduladas	# de vocalizaciones	33	1	0	34
		% del Parámetro	97.1%	2.9%	0%	100%
	Ruidosas	# de vocalizaciones	6	14	0	20
		% del Parámetro	30%	70%	0%	100%
	Tonales en un segmento y ruidosas en otro	# de vocalizaciones	6	6	9	21
		% del Parámetro	28.6%	28.6%	42.9%	100%
Total		# de vocalizaciones	181	24	9	214
		% del Parámetro	84.6%	11.2%	4.2%	100%

El 97.8% de las vocalizaciones tonales se dieron dentro de las categorías conductuales que no involucran contacto y solo un 2.2% durante las conductas con contacto. En las vocalizaciones moduladas, el 97.1% se emitieron en las categorías conductuales que no presentaron contacto y únicamente el 2.9% en las categorías conductuales con contacto. Dentro del grupo de las vocalizaciones ruidosas, dos grupos de categorías conductuales presentaron porcentajes representativos, el 30% se emitió en las categorías conductuales que no presentaban contacto y el 70% se emitió en las vocalizaciones con contacto. Referente a las vocalizaciones que presentaron segmentos tonales y con ruido, se presentaron porcentajes altos en tres grupos con respecto a los otros parámetros cualitativos, un 28.6% en las conductas que no involucraban contacto, nuevamente un 28.6% en las conductas con contacto y el porcentaje más alto 42.9% en las categorías conductuales que en un principio no involucraban contacto y posteriormente si (Tabla 8).

Tabla 9. Asociación que se dio entre los parámetros cualitativos de las vocalizaciones y las categorías conductuales por medio de la V de Cramer.

		Valor	Sig. Aproximada
Nominal por nominal	Phi	0.919	0.000
	V de Cramer	0.650	0.000
N de casos válidos		214	

El valor de asociación de la V de Cramer fue alto (0.650). Por los que podemos decir con base en los porcentajes y el índice de asociación, que se da una fuerte asociación entre las características cualitativas de las vocalizaciones y las categorías conductuales (Tabla 9).

4.4 Comparación entre las vocalizaciones emitidas en los dos distintos cautiverios por medio de los parámetros acústicos cuantitativos

Tabla 10. Componentes de las vocalizaciones emitidas bajo distintas categorías conductuales en los dos diferentes tipos de cautiverio.

Parámetros acústicos	Categorías conductuales en los distintos tipos de cautiverio											
	Sumisión cautiverio natural (n de vocalizaciones=8)			Sumisión cautiverio artificial (n de vocalizaciones=12)			Agresión cautiverio natural (n de vocalizaciones=7)			Agresión cautiverio artificial (n de vocalizaciones=16)		
	Componentes			Componentes			Componentes			Componentes		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
F. mínima	0.892			0.916					0.860	0.862		
F. máxima	-0.900					0.945		0.989			0.923	
FQ1	0.962			0.919			0.888			0.867		
FQ3	0.701			0.835			0.970			0.976		
F. central	0.916			0.908			0.909			0.945		
F. delta	-0.966					0.851		0.983			0.918	
Duración			0.887		0.842		0.861					0.915
Bw IQR		-0.798			0.936				-0.992			
Duración IQR		0.814			0.939							0.980
F. pico	0.884			0.732			0.898			0.931		
Número de armónicos			0.820					0.881			0.767	
% de la varianza por componente	54.28	26.26	10	44.07	24.58	15.56	48.89	28.64	16.98	48.89	21.30	14.20
% Total	90.54			84.15			94.52			84.40		

Al comparar el primer componente que explica el 54.3% de la variación total para cada vocalización de cada categoría conductual se encontró que se repiten tres factores (o parámetros acústicos) para las cuatro categorías, estos son: la FQ1, la FQ3 y la F. central. Para tres de las cuatro categorías se repitieron otros dos factores: la F. mínima y la F. pico, únicamente para la categoría de agresión en cautiverio natural no se repitieron estos factores. La única categoría que mostró tener una diferencia fue la de sumisión del cautiverio natural ya que la F. máxima y la F. delta mostraron tener una influencia negativa sobre el primer componente (Tabla 10).

Estos resultados muestran que son muy pocas las diferencias en los parámetros acústicos cuantitativos de las dos categorías conductuales analizadas al compararlas entre los dos tipos de encierros.

5. DISCUSIÓN

El objetivo general de este trabajo fue identificar, describir y analizar acústicamente las vocalizaciones agonísticas emitidas por *Ateles geoffroyi* en dos condiciones de cautiverio diferentes. Para ello, se compararon los parámetros cualitativos y cuantitativos de las vocalizaciones registradas con en el contexto conductual de agresión-sumisión.

Al comparar los resultados de los parámetros acústicos cuantitativos y cualitativos se descubrió que los parámetros cualitativos de las vocalizaciones fueron las que mostraron asociaciones más fuertes con las categorías conductuales y por tanto son los que podrían darnos una mejor herramienta para categorizar las vocalizaciones de acuerdo a su contexto. Referente a las diferencias entre encierros, éstas no se encontraron, lo que puede sugerir que en este tipo de vocalizaciones el aspecto emocional es más fuerte que el aprendido.

En cuanto a la estadística descriptiva, con las desviaciones estándar de cada uno de los parámetros cuantitativos medidos, no se encontraron diferencias entre las vocalizaciones de agresión y de sumisión, solo FQ3 mostró tener un valor más elevado para las vocalizaciones emitidas bajo una categoría conductual de sumisión. Desafortunadamente tratar de dar una explicación de por qué la FQ3 mostró tener un valor más elevado resulta complicado debido a que se refiere a la distribución de la energía producida por la expulsión de aire a lo largo de una vocalización y este mecanismo aún no ha sido descrito de manera precisa.

Relación entre la frecuencia mínima de las vocalizaciones y las conductas de agresión y sumisión (Hipótesis 1)

Respecto a la frecuencia mínima de las vocalizaciones de sumisión y de agresión, los resultados no mostraron que las vocalizaciones de sumisión fueran más agudas que las de agresión, a diferencia de los resultados encontrados por Hauser (1993) en el género *Ateles*. Esta falta de concordancia podría deberse a dos motivos. El primero, que en el mono araña Hauser solo analizó las frecuencias de las vocalizaciones de agresión sin compararlas con vocalizaciones de miedo (sumisión), por lo que proponer que estas vocalizaciones son de baja frecuencia sin compararlas con otro tipo de vocalizaciones del mismo género es incorrecto. El segundo factor podría deberse a que en los encuentros agonísticos en muchas ocasiones se invierte el papel entre el agresor y el sumiso. De tal manera que una vocalización emitida durante una conducta de agresión o de sumisión, probablemente no esté reflejando si la vocalización se emitió durante

una agresión o sumisión, sino el estado emocional provocado por otro factor el cual podría ser el encargado de provocar los cambios fisiológicos, como cambios en la frecuencia cardiaca y respiratoria, los cuales provocan diferentes grados de expansión de los pulmones y el tracto vocal [(estos cambios fisiológicos repercuten directamente en la producción de la vocalización) (Banse y Scherer, 1996)].

Referente a las ANOVA's realizadas, se mostró que hay variaciones entre ocho de los 11 parámetros analizados con respecto a las seis categorías conductuales. Pero por medio del ACP no se lograron encontrar diferencias claras entre las cuatro categorías conductuales que se pudieron tomar en cuenta, ya que como se mencionó en el método la n para el ACP debe ser mayor a seis. No obstante, se encontraron diferencias en los parámetros del primer componente, al agrupar las categorías en agresión (FQ3 y F. central) y sumisión (F. máxima y F. delta) o en con contacto y sin contacto (F. mínima y F. pico). Ahora ¿por qué se encontraron diferencias entre las de agresión y de sumisión y las que presentan y no presentan contacto físico?, podría explicarse por el estado emocional del emisor, es decir, si hay sumisión podría suponerse que el individuo tiene miedo y si hay agresión que tiene un estado de enojo, desafortunadamente las diferencias son pocas para hacer esta propuesta si se considera que de los 11 parámetros analizados solo en dos se mostraron diferencias.

Características cualitativas de las vocalizaciones y su relación con el contexto conductual (Hipótesis 2)

En cuanto a las características cualitativas de las vocalizaciones, con los porcentajes de las distintas asociaciones que se dieron entre las características cualitativas y conductuales, se observó que los porcentajes más altos de las vocalizaciones con armónicos y modulaciones se presentaron ante conductas sin contacto. Mientras que el porcentaje más alto de las vocalizaciones ruidosas se presentó en agresiones y sumisiones con contacto. Por su parte las vocalizaciones con segmentos ruidosos presentaron el porcentaje más alto en las conductas que en un principio no involucraban contacto y posteriormente si. Si bien este último porcentaje puede parecer bajo si se compara con el de los otros parámetros cualitativos, podemos observar que las conductas que cambiaban de ausencia a presencia de contacto físico durante la emisión de una vocalización únicamente presentaron esta característica cualitativa. Los porcentajes mostraron que las asociaciones que se dieron entre las categorías conductuales y las

características cualitativas fueron altas. Este análisis fue de gran ayuda ya que sirvió para proponer cuáles son las categorías conductuales en las que se presentan diferencias.

El análisis estadístico de la V de Cramer al igual que los porcentajes obtenidos, mostró una alta asociación entre las características cualitativas y las categorías conductuales.

El por qué se dieron estas asociaciones, podría explicarse por la intensidad emocional durante la emisión de la vocalización, por ejemplo durante una conducta agonística sin contacto en la que todavía no hay daño físico entre los oponentes, se podría pensar que la intensidad emocional es baja y por consiguiente las vocalizaciones de los monos todavía presentan una estructura tonal y con modulaciones, esto como consecuencia del control que tiene el mono del paso de aire por el tracto vocal. Ahora, si las conductas agonísticas ya involucran contacto y un posible daño corporal, se puede inferir que la intensidad emocional del mono es alta y por tanto la falta de control del aire en el tracto vocal y la fuerza con la que éste sale podría provocar que las vocalizaciones fueran ruidosas.

Por último, las vocalizaciones que se emitieron durante una conducta agonística que cambiaba de ausencia de contacto a presencia de contacto, únicamente presentaron una estructura en la que el primer segmento era tonal y el segundo ruidoso. Esta relación se podría explicar al igual que las anteriores, si asumimos que durante la ausencia de contacto la intensidad emocional es baja (por consiguiente se presentaban una estructura tonal) y durante la presencia de contacto la intensidad emocional era alta (por consiguiente se presentaban una estructura ruidosa).

En el trabajo de Bea y Marijuán (2003) al igual que en el presente, la presencia de ruido en las vocalizaciones se considera una posible evidencia de que la actividad neuronal que produce estas vocalizaciones es distinta entre vocalizaciones emocionales como gritos y risas y las referenciales como el whinny del mono araña (Teixidor y Byrne, 1997; Ramos-Fernández, 2005) y las palabras en humanos. Esto debido a que para producir cambios de amplitud de manera periódica, fonemas y resonancias, es necesario obtener vibraciones particulares y controladas de las cuerdas vocales (Bea y Marijuán, 2003).

Comparación de los parámetros acústicos cuantitativos, en dos condiciones distintas de cautiverio (Hipótesis 3)

Acercas de los resultados obtenidos al comparar los parámetros acústicos cuantitativos entre los cautiverios, se observó que para las cuatro categorías analizadas (dos en cautiverio natural y dos

en cautiverio artificial), la mayor parte de los factores que explican la varianza del primer componente fueron los mismos (FQ1, FQ3 y F. central). Este resultado podría señalar que los parámetros acústicos de las vocalizaciones agonísticas del mono araña no se ven afectados por la estructura del grupo ya que en ambos cautiverios la composición del grupo es diferente, ni por el medio ambiente donde se encuentran dado que las condiciones climáticas fueron distintas entre cautiverios. Al parecer las características de las vocalizaciones agonísticas del mono araña son resultado de los cambios que presenta la estructura anatómica del aparato fonador del mono araña ante distintas intensidades emocionales y no de factores externos.

Información referencial o emocional, ¿cual es la función?

Ya que se han descrito espectrográficamente las vocalizaciones agonísticas realizadas por el mono araña y el contexto en el que se realizan, es importante entender cuales son las funciones que este tipo de vocalizaciones desempeñan. En el marco teórico se habló de distintas funciones que tienen diversos tipos de vocalizaciones para otras especies de primates no humanos, las cuales se dividieron en emocionales y referenciales (Hauser, 1993; Owren y Rendall, 2001). Por medio de los análisis y los contextos que se analizaron, se observó que en estas vocalizaciones el componente emocional es más fuerte, debido a que el factor que más peso tuvo sobre la clasificación de las vocalizaciones de acuerdo a sus características acústicas, fue la presencia o ausencia del contacto físico, factor que como se mencionó puede alterar fuertemente el estado emocional del mono debido a los riesgos que puede llegar a implicar una agresión con contacto. De la misma manera al comparar los resultados obtenidos en ambos tipos de cautiverio, no se logró encontrar que las vocalizaciones variaran de acuerdo al medio ambiente en el que se encuentran, lo que vuelve a apoyar la idea de que los factores externos no influenciaron las vocalizaciones agonísticas del mono araña.

Si bien las alteraciones en el aparato fonador provocadas por un cambio emocional son las aparentes responsables de la producción de este tipo de vocalizaciones, nunca se puede considerar que no exista una influencia del medio ambiente sobre estas. En el presente estudio la influencia del medio ambiente parece reducirse únicamente a la provocada por los integrantes del encuentro agonístico que serían el sumiso o el agresor, debido a que los resultados muestran que el tipo de interacción agonística que estos realizan es a lo que hace referencia la información de

la vocalización y, esto permite que las vocalizaciones también se puedan clasificar dentro del tipo referencial.

Al revisar los estudios de vocalizaciones referenciales en primates no humanos como el realizado en *Cercopithecus diana*, parece ser que estas siempre tienen como función la de hacer referencia a un objeto (sea un depredador, alimento, estado sexual o ubicación) para poder compartir información importante con los otros individuos del grupo (Zuberbühler, 2000). En esta investigación, el hecho de que se maneje información referencial del tipo de interacción agonística que se realiza, no nos asegura que tenga la función de dar a conocer el tipo de interacción a los otros individuos del grupo, debido a que los intensos estados emocionales que se dan en estas interacciones hacen difícil que se realice una buena modulación de la vocalización y por consiguiente un manejo de información de manera conciente. Aunque esto no significa que ante el hecho de que el emisor de la vocalización no busque enviar información de manera conciente a otros integrantes del grupo que no participan en el encuentro agonístico, los integrantes del grupo no la interpreten, como lo encontró en chimpancés Slocombe y colaboradores (2010) y Gouzoules y Gouzoules (1984) quienes proponen que los gritos producidos en los encuentros agonísticos en *Macaca mulatta* tienen la función de pedir ayuda a otros integrantes del grupo. En el mono araña no podemos descartar esta función, ya que se registraron 11 alianzas durante los registros conductuales. Desafortunadamente el hecho de que hayan logrado formar alianzas no lo podemos atribuir a la comunicación vocal, ya que también se pudo haber dado por una comunicación de tipo visual, debido a que el tamaño de los cautiverios hace que los monos fácilmente tengan comunicación visual. Pero en un ambiente natural no se puede desechar esta función como consecuencia de que los monos pierden continuamente contacto visual debido a que el sistema social del mono araña implica que los monos se separen para forrajear y que el medio ambiente con alto forraje en el que se distribuyen impida un canal de comunicación visual siempre abierto (Ramos-Fernández, 1998).

Otra posible función de las vocalizaciones agonísticas producidas por el mono araña podría ser la de evitar un enfrentamiento severo que provocara lesiones graves en los integrantes del encuentro, ya que durante éstos, la mayoría de las vocalizaciones se emitieron durante la realización de conductas que no involucraban contacto físico y no hubo ningún individuo lesionado, dejando así la posibilidad de que la emisión de las vocalizaciones pudiera formar parte

de un ritual en el que se mide la severidad del posible enfrentamiento y las características del oponente.

Con respecto a los estudios realizados de las vocalizaciones del mono araña, al comparar las vocalizaciones ya estudiadas, con las vocalizaciones agonísticas del presente estudio, se encuentra que ya se han hecho estudios de las vocalizaciones a corta distancia incluyendo algunas emitidas en interacciones agonísticas (Eisenberg, 1976; Symington, 1987; Klein 1972). Esto no le resta importancia al presente trabajo, ya que es el primer estudio en el que se miden frecuencias de 22 kHz para describir las vocalizaciones (en los estudios anteriores solo se lograron describir las vocalizaciones hasta los 10 kHz).

Dentro de las clasificaciones que se han realizado a oído (Klein, 1972) y con espectrogramas (Eisenberg, 1976), el gruñido es la vocalización con la que se podría estar trabajando debido a que es ésta la que se emite cuando se realiza un acercamiento hostil. No obstante al observar que el gruñido siempre presenta una estructura tonal que va de los 800 Hz a los 1400 Hz y una duración que va de los 0.6 s a los 0.9 s, es evidente que se trata de otra vocalización. Ésta nueva vocalización que se propone en el presente trabajo suena como un grito a oído humano y se da en contextos agonísticos (agresión y sumisión) sin y con contacto físico entre monos araña del mismo grupo, monos araña de distintos grupos y entre monos araña y otras especies. Los parámetros acústicos de esta vocalización, pueden presentar una estructura tonal, con modulaciones o tonal en un segmento y con ruido en otro segmento, su F. mínima puede ir de los 480 Hz a los 3862 Hz, su F. máxima de los 8981 Hz a los 22000 Hz y su duración puede oscilar entre los 0.390 s a los 1.930 s. Probablemente la gran variedad de esta vocalización sea producto de los cambios en el estado emocional del mono araña.

5. CONCLUSIONES

Como conclusión es importante mencionar que en el estudio se realizaron mediciones de frecuencia de hasta 20 kHz por lo que se superó el rango de medición de frecuencia de 10 kHz de los estudios previos de las vocalizaciones del mono araña.

El principal hallazgo del presente trabajo fue encontrar que las vocalizaciones agonistas del mono araña varían en función de la presencia o ausencia de contacto físico durante el encuentro agonístico. En la discusión se propuso que estos cambios pudieran deberse a cambios en la intensidad emocional. Sin embargo, para poder comprobar que las variaciones entre las conductas agonísticas con contacto físico y sin contacto físico se dan debido a los cambios de intensidad emocional, es necesario realizar experimentos en los que se midan parámetros como frecuencia cardiaca o respiratoria a los monos durante la emisión de la vocalización y de esta manera obtener datos que permiten inferir con mayor objetividad el estado emocional de los sujetos en un determinado contexto.

Respecto a la función se concluye que puede ser desde simplemente una expresión del estado emocional, una solicitud de apoyo durante el encuentro agonístico o medir la severidad del posible enfrentamiento. Es importante mencionar que una función no tiene que ser excluyente de la otra.

Ahora para conocer con mayor certeza las posibles funciones de las vocalizaciones agonísticas del mono araña, es importante llevar a cabo experimentos de reproducción artificial de vocalizaciones a individuos del grupo y registrar la conducta que éstos realicen.

Por último, las vocalizaciones registradas en los encuentros agonísticos, no tienen una estructura parecida a los gruñidos descritos por Eisenberg (1976). Por el desorden de frecuencias y el sonido que producen estas vocalizaciones, se podrían nombrar “gritos”, y la gran variedad en su estructura podría estar en función del estado emocional del mono araña.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Anaya, M. 1993. Estudio fenomenológico de la socialización en una tropa de monos araña (*Ateles geoffroyi*) criados en celda. Tesis de licenciatura. Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Aureli, F. y Schaffner, C. 2007. Aggression and conflict management at fusion in spider monkeys. *Animal Behaviour*, Vol. 3, pp. 147-149.
- Banse, R. y Sherer, K. 1996. Acoustic profiles in vocal emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 10, pp. 614-636.
- Bea, J. y Marijuán, P. 2003. The informational patterns of Laughter. *Entropy*, Vol. 5, pp. 205-213.
- Bérubé, B. 1991. Data Collection Report on Language Minority Children. Prepared for the U.S. Department of Education. Augusta, State of Maine Department of Education.
- Brune, M. y Brune-Cohrs, U. 2005. Theory of mind-evolution, ontogeny, brain mechanisms and psychopathology. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, Vol. 30, pp. 437-455.
- Campbell, C. 2003. Female-directed aggression in free-ranging *Ateles geoffroyi*. *International Journal of Primatology*, Vol. 24, No. 2, pp. 223-237.
- Campbell, C. 2006. Lethal intragroup aggression by adult male spider monkeys *Ateles geoffroyi*. *American Journal of Primatology*, Vol. 68, pp. 1197-1201.
- Carpenter, C. R. 1935. Behavior of red spider monkeys in Panama. *Journal of Mammalogy*. Vol. 16, pp. 171-180.
- Chapman, C. y Lefebvre, L. 1990. Manipulating foraging group size: spider monkey food calls at fruiting trees. *Animal Behaviour*, Vol 39, pp. 891-896.
- Chichosz, J. y Slot, K. 2006. Emotion recognition in speech signal using emotion-extracting binary decision trees. Technical University of Lodz.
- Clark, P. y Wrangham, W. 1994. Chimpanzee arrival pant-hoots: Do they signify food or status. *International Journal of Primatology*, Vol. 15, pp. 185-205.
- Cornick, L y Markowitz, H. 2002. Diurnal vocal patterns of the black howler monkey (*Alouata pigra*) at Lamanai Belize. *Journal of Mammalogy*. Vol. 83, pp. 159-166.
- Davila, M. Owren, M. y Zimmermann, E. 2010. The evolution of laughter in great apes and humans. *Communicative and Integrative Biology*, Vol 3. pp. 191-194.

- Davis, N. Schaffner, C. y Wehnelt, S. 2009. Patterns of injury in zoo-housed spider monkeys: A problem with males? *Applied Animal Behaviour Science*, Vol. 116, pp. 250-259.
- Dawkins, R. y Krebs, J. 1978. *Animal signals: Information or manipulation*. Behavioral Ecology. Oxford University Press, pp. 282-309.
- Dew, L. 2005. Foraging, Food Choice, and Food Processing by Sympatric ripe-fruit specialists: *Lagothrix lagotricha poeppigii* and *Ateles belzebuth belzebuth*. *International Journal of Primatology*, Vol. 26, pp. 1107-1120.
- Dilmar, A. y Ades, C. 2004. Long distance calls in neotropical primates. *Annais Academia Brasileira de Ciencias*. Vol.76 no. 2 Rio de Janeiro.
- Drioli, C. Tisato, G. Corsi, P. y Tesser, F. 2004. Emotions and voice quality: Experiments with sinusoidal modeling. *Proceedings of Voqual*, pp.127-132.
- Egnor, R. Miller, C. y Hauser, M. 2004. *Nonhuman Primate Communication*. Encyclopedia of Language and Linguistics. Harvard University Press.
- Egnor, R. y Hauser, M. 2004. A paradox in the evolution of primate vocal learning. *Trends in Neurosciences*, Vol. 27, pp. 649-654.
- Eisenberg, J. F. 1976. Communication mechanisms and social integration in the black spider monkey, *Ateles fusciceps robustus*, and related species. *Smithsonian Contribution to Zoology*. Vol. 213, pp. 23-49.
- Eisenberg, J. y Kuehn, R. 1966. The behavior of *Ateles geoffroyi* and related species. *Smithsonian Miscellaneous*. Vol. 151, pp. 1-63.
- Farner, D. y Lewis, R. 1973. Field and experimental studies of the annual cycles of white-crowned sparrows. *Journal of Reproduction. Fertility*. Vol. 19, pp. 35-50.
- Felton, A. Wood, J. y Lindenmayer, D. 2008. Diet and feeding ecology of *Ateles chamek* in a bolivian semihumid forest: The importance of *Ficus* as a staple food resource. *International Journal of Primatology*. Vol. 29, pp. 379-403.
- Fitch, T. 2005. The evolution of language: a comparative review. *Biology and Philosophy*, Vol. 20, pp. 293-230.
- Fitch, T. 2006. Production of vocalizations in mammals. *Visual communication*. University of Andrews. pp. 115-121.
- Geissmann, T. y Hultegger, A. 1994. Olfactory communication in gibbon? *Current Primatology*, Vol. 2, pp. 199-206.

- Ghazanfar, A. 2009 Monkeys hear rising frequency sounds as looming. *Behavioral Neuroscience*, Vol. 123, pp. 822-827.
- Gobl, C. y Dí Chasaide, A. 2003. The role of voice quality in communicating emotion, mood and attitude. *Speech Communication*, Vol. 40, pp. 189-212.
- González, A. Arroyo, V. Chaves, O. Sánchez, S. Kathryn, S. y Riba, P. 2009. Diet of Spider Monkeys (*Ateles Geoffroyi*) in Mesoamerica : Current Knowledge and Future Directions. *American Journal of Primatology*, Vol. 71, pp. 8-20.
- Gouzoules, S. Gouzoules, H. y Marler, P. 1984. Rhesus monkey, *Macaca mulatta*, screams: representational signalling in the recruitment of agonistic aid. *Animal Behaviour*. Vol. 32, pp. 182-193.
- Gouzoules, H. y Gouzoules, S. 1990. Matrilineal signatures in the recruitment screams of pigtail macaques, *Macaca nemestrina*. *Behaviour*, Vol. 115, pp. 327-347.
- Gouzoules, H. y Gouzoules, S. 2001. Primate communication: By nature honest, or by experience wise? *International Journal of Primatology*, Vol. 23, pp. 821-848.
- Green, S. 1975. Dialects in Japanese monkeys: Vocal learning and cultural transmission of locate-specific behaviour? *Ethology*, Vol. 38, pp. 304-314.
- Hafen, T. Noveu, H. Rumpler, y. Wilden, I. Zimmerman, E. 1998. Acoustically dimorphic advertisement calls separate morphologically and genetically homogeneous populations of the grey mouse lemur (*Microcebus murinus*). *Folia Primatologica*, Vol. 69, pp. 342-356.
- Hauser, M. 1993. The evolution of nonhuman primate vocalizations: Effects of phylogeny, body weight, and social context. *The American Naturalist*, Vol. 142, pp.528-542.
- Johnstone, T. y Scherer, K. 1999. The effects of emotions on voice quality. In: *Proceedings of the XVth International Congress of Phonetic Sciences*, San Francisco, pp. 2029-2032.
- King, J. 1973. The ecology of aggressive behaviour. *Annual Review of Ecology and Systematics*. Vol. 4, 117-138.
- Kinsler, L. Frey, A. Coppens, A. y Sanders, J. 2000. *Fundamentals of acoustics*. John Wiley and Sons, Inc. Cuarta Edición. Estados Unidos.
- Klein, L. L. 1972. The ecology and social organization of the spider monkey, *Ateles belzebuth*. Tesis Doctoral, University of California, Berkeley.
- Martin, P. y Bateson, P. 1991. *La medición del comportamiento*. Ed. Alianza S.A. Madrid, pp. 69-91.

- Masataka, N. y Fujita, K. 1989. Vocal learning of Japanese and Rhesus monkeys. *Behaviour*, Vol. 109, pp.191-199.
- Mazur, A. 1985. A biosocial model of status in face to face primate groups. *Social Forces*, Vol. 64, pp. 377-402.
- Morris, D. 1967. *Primate Ethology*. Chicago Aldine, pp. 9-88
- Moulton, D. 1968. Communication by chemical signals. *Science*, Vol. 162, pp.1168-1170.
- Nieburg, H. 1970. *Agonistics-Ritual Conflict*. University of New York, Binghamton Press.
- Owren, M. y Rendall, D. 2001. Sound on the Rebound: Bringing form and function back to the forefront in understanding nonhuman primate vocal signaling. *Evolutionary Anthropology*, Vol. 10, pp. 58-71.
- Ramos-Fernandez, G. y Ayala, B. 2003. Population size and habitat use of spider monkeys at Punta Laguna México. En: *Primates in Fragments: Ecology and Conservation*. L.K. Marsh, Ed. Kluwer, New York, pp. 1-19.
- Ramos-Fernandez, G. 2005. Vocal communication in a fission-fusion society: Do spider monkeys stay in touch with close associates. *International Journal of Primatology*, Vol. 26, pp. 1077-1092.
- Ramos-Fernández G. 2008. Communication in spider monkeys: The function and mechanisms underlying the use of the whinny. En: *Spider monkeys: The biology, behavior and ecology of the genus Ateles*. C.J. Campbell, Ed. Cambridge University, pp. 220-235.
- Reamaekers, J. Reamaekers, P. y Haimoff, E. 1984. Loud calls of the gibbon (*Hylobates lar*): Repertoire, organization and context. *Behaviour*, Vol. 91, pp. 146-189.
- Savic, I. Berglund, H. Gulyas, B. y P. Roland. 2001. Smelling of Odorous Sex Hormone-like Compounds Causes Sex-Differentiated Hypothalamic Activations in Humans. *Neuron*, Vol. 31, pp. 661-668.
- Scherer, K. 1986. Vocal affect expression: A review and a model for future research. *Psychological Bulletin*, Vol. 99, pp.143-165.
- Seyfarth, R. y Cheney, D. 1986. Vocal development in vervet monkeys. *Animal Behavior*, Vol. 34, pp. 1640-1658.
- Shannon, C. 1949. *A mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- Simmons, A. Popper, A. y Fay, R. 2003. Acoustic communication. *Springer Handbook of auditory research*. New York. Vol 16, pp.1-404.

- Slocombe, E. Kaller, T. Call y J. Zuberbühler, K. 2010. Chimpanzees extract social information from agonistic screams. Plos one, Vol. 5, pp. 1-6.
- Symington, M. 1987. Ecological and social correlates and party size in the black spider monkey, *Ateles paniscus chamek*. Ph Thesis, Princeton University.
- Teixidor, P y Byrne, R. 1997. Can spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) discriminate vocalization of familiar individuals and strangers? Folia Primatologica, Vol. 68, pp. 254-264.
- Teixidor, P. y Byrne, R. 1999. The “whinny” of spider monkeys: Individual recognition before situational meaning. Behavior, Vol. 136, pp. 279–308.
- Vargas-Pérez, H. y Santillán-Doherty, A. M. 1998. Estudio de las conductas agonísticas y afiliativas de un grupo de monos araña (*Ateles geoffroyi*) en cautiverio. Salud Mental, Vol. 21 pp. 28-32.
- Wilson, E. 1980. Sociobiología, la nueva síntesis. Omega, Barcelona.
- Zuberbühler, K. 2000. Referential labelling in Diana monkeys. Animal Behaviour, Vol. 59, pp. 917-927.

7. GLOSARIO:

Amplitud de la onda acústica.- cambio en la presión en el medio por defecto del sonido (o presión sonora).

Armónico.- frecuencia o frecuencias producto de la resonancia del sonido que se producen al pasar el sonido por el tracto vocal cuya frecuencia es un múltiplo de la frecuencia fundamental

Frecuencia fundamental (F0).- frecuencia producida por las cuerdas vocales. La primera onda senoidal tiene una frecuencia por ejemplo de 200Hz. y recibe el nombre de primera frecuencia componente o "Frecuencia Fundamental".

Frecuencia de onda.- número de ciclos que se producen por segundo.

Intensidad sonora.- cantidad de [energía](#) acústica que contiene un sonido. Nos permite distinguir si un sonido es fuerte o débil.

Longitud de onda.- distancia que le toma a un ciclo recorrer una cierta trayectoria al propagarse el sonido en un medio.

Periodo de onda.- es el tiempo que tarda un ciclo en completarse (es la función inversa de la frecuencia de onda).

Ritmo.- pauta de repetición a intervalos regulares e irregulares de ondas con características de frecuencia y amplitud similares.

Semántica.- habilidad de codificar e intencionalmente comunicar un ilimitado grupo de distintos significados.

Tono.- característica acústica determinada por la [frecuencia](#) de las ondas sonoras (es lo que permite distinguir entre sonidos graves, agudos o medios), medida en ciclos por segundo o hercios (Hz).

Vocalización.- producción sonora inarticulada (ruido vocal antes del segmento lingüístico articulado), que es sostenida durante unos cuantos instantes después de la estimulación eléctrica del cerebro (Bérubé, 1991).