

**REPERTORIO VOCAL DE MARTEJAS (*Aotus lemurinus*) EN UN PAISAJE
INTERVENIDO (PIJAO, QUINDÍO, COLOMBIA)**

MARIANA ESPAÑA BELTRÁN

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE CIENCIAS
Programa de Biología
BOGOTÁ D.C
Diciembre de 2022**

**REPERTORIO VOCAL DE MARTEJAS (*Aotus lemurinus*) EN UN PAISAJE
INTERVENIDO (PIJAO, QUINDÍO, COLOMBIA)**

MARIANA ESPAÑA BELTRÁN

Trabajo de grado presentado para optar título de:

BIÓLOGA

Director: Felipe Aramburo Jaramillo

Biólogo

M.Sc. Ciencias biológicas

Co-Director: José Julián León Ortega

Biólogo

M.Sc. Ciencias biológicas

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE CIENCIAS

Programa de Biología

BOGOTÁ D.C

Diciembre de 2022

NOTA DE APROBACIÓN

FELIPE ARAMBURO JARAMILLO
Biólogo
M.Sc. Ciencias Biológicas
DIRECTOR

JOSÉ JULIÁN LEÓN ORTEGA
Biólogo
M.Sc. Ciencias Biológicas
CO-DIRECTOR

Jurado

Jurado

Jurado

AGRADECIMIENTOS

A los micos, por hacer posible este proyecto.

A mis padres por ser mi apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos.

A Felipe Aramburo, por su paciencia, dedicación, guía y consejos en el desarrollo de este proyecto. Pero sobretodo por su empatía y capacidad de enseñar desde el respeto y el amor a la ciencia.

A Julián León por su guía, consejos y préstamo del material para hacer posibles las grabaciones.

A Proyecto Primates por permitirme trabajar en su zona de estudio.

Al Instituto Alexander Von Humboldt, especialmente a Hoover Pantoja, por su amable ayuda y colaboración en el préstamo del material para hacer posibles las grabaciones.

A Liz, Juana, Valeria, Carolina, Juan, Carlos, Daniel y Camilo, por su amistad, ánimo, amor y apoyo para conmigo.

NOTAS DE SALVEDAD

"La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por el Investigador en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia".

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Comunicación animal	8
2.2 Comunicación vocal en primates	9
2.3 Vocalizaciones en el género <i>Aotus</i>.....	10
2.4 Vocalizaciones de <i>Aotus lemurinus</i>	11
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	13
4. JUSTIFICACIÓN.....	14
5. OBJETIVOS	16
5.1 Objetivo General.....	16
5.2 Objetivos Específicos	16
6. MATERIALES Y MÉTODO	17
6.1 Área de estudio	17
6.2 Grupo de estudio.....	19
6.3 Fase de muestreo	20
6.3.1 Registro de grabaciones	20
6.3.2 Registro de actividades	20
6.4 Análisis acústico.....	21

6.5 Análisis estadístico	22
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
7.1 Representatividad de la muestra	23
7.2 Descripción de las vocalizaciones	25
7.2.1 Chillido	25
7.2.2 Chasquido.....	26
7.2.3 Acetato.....	28
7.3 Registro de comportamiento	31
7.3.1 Estimación de actividades	31
7.3.2 Reacción entre las actividades y las vocalizaciones	34
8. CONCLUSIONES.....	36
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
10. ANEXOS	45

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Coeficientes de discriminantes lineales.</i>	31

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1. Mapa de ubicación del municipio de Pijao, Quindío, Colombia</i>	18
<i>Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio</i>	19
<i>Figura 3. Toma de grabaciones en la zona de estudio</i>	20
<i>Figura 4. Registro fotográfico de Aotus lemurinus realizando actividad de descanso</i>	21
<i>Figura 5. Diagrama de cajas de la diferencia entre la entropía de las vocalizaciones</i>	24
<i>Figura 6. Espectrograma para vocalización Chillido</i>	26
<i>Figura 7. Espectrograma para vocalización Chasquido</i>	28
<i>Figura 8. Espectrograma para vocalización Acetato</i>	29
<i>Figura 9. Análisis de Discriminantes Lineal (LDA)</i>	30
<i>Figura 10. Diagrama de barras donde se observan las diferencias entre las actividades registradas.</i>	32

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1

Tabla de caracterización de las vocalizaciones emitidas A. lemurinus (promedio \pm SD), con su respectivo contexto, número de vocalizaciones analizadas y variables.45

Anexo 2

Tabla de relación de vocalización y actividades realizadas por A. lemurinus.46

RESUMEN

La comunicación vocal juega un papel fundamental como regulador de las interacciones sociales entre los animales. En el caso de los primates, es un aspecto central de su comportamiento en especies con hábitos nocturnos o que viven en bosques con densa vegetación. La pérdida de hábitat y la fragmentación de estos bosques son las amenazas más directas para las poblaciones de primates en la naturaleza. La marteja o mono nocturno (*Aotus lemurinus*), es un primate neotropical que se encuentra en estado de conservación vulnerable y del que se tiene poca información sobre su comportamiento y ecología; incluyendo su comportamiento vocal. El objetivo de este proyecto es describir un repertorio vocal de martejas *A. lemurinus* en un paisaje intervenido (Pijao, Quindío) y asociar las actividades que tienen los individuos a este repertorio, con el fin de contribuir a la escasa información sobre la ecología y comportamiento de *A. lemurinus*. Durante 30 noches entre junio y noviembre del 2022, se grabaron las vocalizaciones de un grupo de *A. lemurinus*. Posteriormente se realizó un análisis bioacústico cualitativo y cuantitativo de las vocalizaciones. Se registraron 3 tipos de vocalizaciones y se identificaron las actividades de alimentación, movimiento y descanso como las más frecuentes. La vocalización que se emite con mayor frecuencia es *chillido*, la cual está asociada a actividad de movimiento, siendo esta la actividad de mayor realización. Los resultados encontrados aportan a llenar el vacío de información que hay sobre la comunicación vocal y su relación con el comportamiento y ecología de *A. lemurinus*. Este estudio aporta una información de referencia sobre la comunicación vocal de *A. lemurinus*, que puede utilizarse en futuros estudios sobre la socioecología de monos nocturnos.

Palabras Clave:

Comunicación vocal, vocalizaciones, bioacústica, fragmentación, Aotidae.

ABSTRACT

Vocal communication plays a fundamental role in regulating social interactions among animals. In the case of primates, it is a central aspect of their behavior in species with nocturnal habits or living in forests with dense vegetation. Habitat loss and fragmentation of these forests are the most direct threats to primate populations in the wild. The marteja, or night monkey (*Aotus lemurinus*), is a neotropical primate that is in a vulnerable conservation status and for which little information is known about its behavior and ecology, including its vocal behavior. The objective of this project is to describe a vocal repertoire of martejas *A. lemurinus* in a disturbed landscape (Pijao, Quindío) and to associate the activities of individuals to this repertoire, in order to contribute to the scarce information on the ecology and behavior of *A. lemurinus*. During 30 nights between June and November 2022, the vocalizations of a group of *A. lemurinus* were recorded. Subsequently, a qualitative and quantitative bioacoustic analysis of the vocalizations was performed. Three types of vocalizations were recorded and feeding, movement and resting activities were identified as the most frequent. The most frequently emitted vocalization is squeak, which is associated with movement activity, this being the most frequently performed activity. The results found contribute to fill the information gap on vocal communication and its relationship with the behavior and ecology of *A. lemurinus*. This study provides baseline information on the vocal communication of *A. lemurinus*, which can be used in future studies on the socioecology of nocturnal monkeys.

Keywords:

Vocal communication, vocalizations, bioacoustics, fragmentation, Aotidae.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los componentes más importantes al momento de realizar estudios comportamentales en animales con estructuras sociales complejas, como en el caso de los primates, es la comunicación (Searcy & Nowicki, 2010). En la comunicación de los primates se utilizan una serie de señales diferentes; muchas de las cuales han evolucionado directamente como abreviaturas ritualizadas de comportamiento más básico o procesos fisiológicos, entre las cuales se encuentran las señales olfativas, visuales y acústicas. (Di Fiore *et al.*, 2006; Spence-Aizenberg *et al.*, 2018). Las señales olfativas transmiten información química, la cual se encarga de proporcionar pistas acerca del estado reproductivo de los animales y la presencia de competidores (Ceugniet & Izumi, 2004) y otros rasgos genéticos (Wedekind *et al.*, 1995). Por otro lado, la comunicación visual es repetidamente interrumpida por múltiples obstrucciones, tales como la densa vegetación, que suele encontrarse particularmente en los bosques tropicales (Teixidor & Byrne, 1997; Bradbury & Vehrencamp, 2011).

Por el contrario, las señales acústicas son muy prácticas y favorables al momento de transmitir información en cuanto a espacio, tiempo y contenido se refiere (Seyfarth & Cheney, 1997). Gracias a lo mencionado anteriormente, la comunicación vocal es una herramienta fundamental para el desarrollo de diversas e indispensables funciones como lo son las interacciones sociales (McComb & Semple, 2005), estrategias antidepredatorias (Neal, 2009), la defensa del territorio (Strier, 2000) y de los recursos (Mitani & Stuht, 1998; Cowlshaw, 1992), la localización grupal (Chapman & Weary, 1990) y la atracción de la pareja (Caselli *et al.*, 2014). Además, la comunicación vocal se basa en repertorios específicos de la especie (Méndez-Cárdenas & Vargas, 2015). Por su parte, esta proporciona beneficios puntuales, pues las señales pueden ser propagadas a largas distancias y puede practicarse mayor control sobre la duración, ya que no permanecen en el ambiente después de su emisión (Bradbury & Vehrencamp, 2011).

La correlación que existe entre la bioacústica y otras aplicaciones como la conservación, ecología, etología, filogenia y sistemas de poblaciones es importante pues la conducta vocal de los primates puede ayudar a identificar especies o individuos de una población, asimismo para realizar censos y comprender las acciones y comportamientos de individuos en un hábitat específico (Ruiz *et al.*, 2006; Girard *et al.*, 2022). Sin embargo, existen desventajas en cuanto a la comunicación vocal y estudios realizados en tití grises, mencionan que ante la presencia de depredadores y al momento de que estos emiten vocalizaciones difíciles de identificar, los titís se ven obligados a constituir una estrategia adaptativa y de supervivencia diferente, lo cual les implica un mayor gasto energético (Bradbury & Vehrencamp, 1998; Rueda & Ordoñez, 2009).

Numerosos estudios en otras especies de primates han demostrado que diversos factores pueden afectar el comportamiento vocal de los primates en varias maneras, aún a nivel individual, como en la filogenia, (Meyer *et al.*, 2012), su rango de actividad (Koda *et al.*, 2008), su edad (Lemasson *et al.*, 2010), su alimentación (Snowdon, 2009), la cohesión espacial del grupo (Delgado, 2006) y momento del día (Bezerra *et al.*, 2010), el tamaño del área de distribución (Mitani & Stuht, 1998), ubicación o espacio entre grupos locales (Wich *et al.*, 2002) y el ruido de fondo del espacio donde se encuentren (Brumm *et al.*, 2004). De igual forma, los estudios de la estructura acústica y el comportamiento vocal en primates neotropicales son de gran importancia, pues demuestran que hay diferentes factores que afectan estos dos componentes debido a las diferencias intrínsecas de cada lugar (León *et al.*, 2014).

La fragmentación y pérdida del hábitat son procesos de cambios ambientales generados por dinámicas como la agrícola-ganadera, la construcción de obras civiles, entre otras; que modifican la estructura, composición y función de éste mismo. (Metzger *et al.*, 2006; Fahrig,

2010); es más, hacen parte de las principales amenazas sobre la biodiversidad en el mundo y son factores precisos en la pérdida global de las especies (Fischer & Lindenmayer, 2007).

Los primates ocupan uno de los grupos de animales más vulnerables a estos procesos antrópicos de degradación y fragmentación de los ecosistemas, con aproximadamente el 60% de las especies clasificadas como amenazadas (Estrada *et al.*, 2017). Son además un grupo clave para el mantenimiento de la biodiversidad y el buen funcionamiento de los ecosistemas debido a los roles ecológicos que ejercen, por ejemplo, la dispersión de semillas de una gran diversidad de plantas o la aportación de biomasa a los suelos (Cortés & Francisco, 2009).

Las implicaciones de la fragmentaciones sobre los individuos pueden ser de diversas maneras, y entre ellas destacan los efectos sobre las interacciones intraespecíficas, como son los sistemas de comunicación animal que son los motores de la selección social (Fahrig, 2003; Wolf *et al.*, 1999). Por ejemplo, la fragmentación desencadena respuestas con potenciales efectos negativos sobre la reproducción por la falta de facilitación social (ésto debido a la erosión de la diversidad acústica en poblaciones pequeñas), y así afectar su viabilidad (Laiolo *et al.*, 2008). Además, unas variables importantes como la dieta y el comportamiento alimentario de los primates pueden verse afectadas por diferentes factores entre los cuales se encuentra la fragmentación y otras perturbaciones (Stevenson *et al.*, 2015).

Las martejas, o monos nocturnos andinos (*A. lemurinus*) son una de las ocho especies de monos nocturnos que viven en Colombia. Su distribución está restringida a las montañas andinas del norte de Sudamérica entre 1000 y 3200 msnm (Defler, 2010). *A. lemurinus* habita en bosques sobre la cordillera de los Andes, bosques húmedos tropicales del Caribe y el valle del Río Magdalena desde el nivel del mar hasta los 1000 msnm (Link *et al.*, 2019). Vive en grupos

unidos por parejas, la mayoría de las veces compuestos por una pareja reproductiva adulta con hasta tres crías (Defler, 2010). Debido a la transformación y degradación de los bosques andinos, estos primates están clasificados como Vulnerables (VU) según la lista roja de la IUCN (Link & Moscoso, 2021). Los estudios sobre *A. lemurinus* silvestre son escasos y solo unos pocos describen su ecología en bosques fragmentados y agroecosistemas (Castaño *et al.*, 2010; Montilla *et al.*, 2021). Además debido a las dificultades relacionadas en el estudio de los primates nocturnos (Stevenson *et al.*, 2010) y el hecho de que este grupo de primates dan prioridad a otros medios de comunicación, tales como la comunicación olfativa (Fernández-Duque, 2012), hacen que sean muy escasos los estudios sobre su comportamiento vocal.

Teniendo en cuenta el vacío existente en cuanto a estudios de la comunicación vocal y su relación con el comportamiento de *A. lemurinus* se planteó como objetivo de este trabajo la descripción del repertorio vocal de martejas *A. lemurinus* y su asociación con las diversas actividades de los individuos en un paisaje intervenido (Pijao, Quindío). Es importante resaltar que la zona de estudio cuenta con una clasificación de fragmento de bosque inmerso en cultivos (Montilla *et al.*, 2018). Adicional a esto, se buscó realizar un reconocimiento en campo que favoreciera la especificidad del contexto en el que se hicieron las vocalizaciones. A modo de resultados se genera un catálogo de vocalizaciones que adicionalmente se relacionan con las actividades que realizaron los individuos. Finalmente, los resultados obtenidos podrán ser empleados en futuros estudios con el propósito de conservar y comprender las conductas ecológicas de estos individuos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Comunicación animal

La comunicación animal se fundamenta a partir de señales emitidas, las cuales varían según la especie, sus receptores y el ambiente donde habitan (Bradbury & Vehrencamp, 1998). El estudio de la comunicación animal ha sido tradicionalmente uno de los temas más explorados por los etólogos. Esto debido a que algunos de los comportamientos más llamativos que exhiben los animales, generalmente, funcionan como señales comunicativas (Font & Carazo, 2009). En animales no humanos se presentan diferentes tipos de señales que son usadas para comunicarse con conespecíficos, individuos de otras especies. Estas señales comunican información relacionada a rituales de apareamiento, defensa de territorios, fuentes de alimento, prevención de amenazas por parte de un depredador, establecimiento de dominio o sumisión, entre otras más (Searcy & Nowicki, 2010).

Existen diferentes tipos de señales como las olfativas, táctiles, visuales y vocales, cada una asociada a una serie de contextos específicos. De esta manera, las señales expresan información, de manera intencional o no, sobre de la identidad del individuo, sexo, edad, posición social, localización en el ambiente, información significativa sobre el ambiente en el que habita y de la actividad del animal (Zerda, 2004).

Por otro lado, la bioacústica es empleada como una herramienta investigativa para el conocimiento y manejo de especies clave (Herran & Muñoz, 2013). Además de ser un elemento que permite fortalecer el conocimiento sobre grupos biológicos y orientar esfuerzos de conservación de las especies animales y los ambientes que habitan, especialmente aquellas en riesgo de extinción (Herran & Muñoz, 2013).

La importancia de realizar estudios enfocados a la bioacústica radica en la comprensión de distintos aspectos de ecología y evolución de la comunicación de los animales (Font & Carazo, 2009).

2.2 Comunicación vocal en primates

La comunicación vocal juega un papel importante como regulador de las interacciones sociales, ya que los mensajes que son emitidos cuentan con información que facilitan el entendimiento y la relaciones entre individuos (Méndez-Cárdenas & Vargas, 2015; Todt & Symmes, 2012). Para los primates arbóreos, las vocalizaciones son de vital importancia, debido a que el follaje bloquea la visibilidad de los individuos. De igual manera el sonido no se restringe por el nivel de luz en el ambiente, además de viajar a cortas y largas distancias, y transmitir información de manera rápida y efectiva. En contraste de las señales visuales, las vocalizaciones se transmiten fácilmente a través de la oscuridad, la densa vegetación o la niebla, y pueden ser percibidas a largas distancias (Fragaszy *et al.*, 2004).

En un estudio realizado en monos araña, se reportan vocalizaciones comunes como las relacionadas con la respuesta de grupos no habituados a la presencia de humanos (u otros depredadores), así como también las que son empleadas en contextos sociales (León & Link, 2013), además de las señales características de relaciones afiliativas y agonísticas entre miembros del grupo o rivales. Sin olvidar las llamadas de alarma, asociada a depredadores (León & Link, 2013).

Las vocalizaciones de alarma de los primates del nuevo mundo varían si el depredador es aéreo, terrestre o es una serpiente (Fichtel & Gros-Louis, 2005). Sin embargo, los sonidos asociados

con la alimentación, que tienen la función de disminuir el riesgo de depredación o incrementar las oportunidades de apareamiento (Gros-Louis, 2004).

Los repertorios vocales de los primates pueden dividirse entre discretos y graduados (Fragaszy *et al.*, 2004). Los repertorios discretos están compuestos por vocalizaciones que se distinguen con facilidad entre ellas, mientras que en los repertorios graduados diferentes vocalizaciones se traslapan entre sí en el espacio espectrotemporal (Marler, 1976). Por otro lado, se ha demostrado que el repertorio vocal en primates no humanos es bastante más amplio de lo que el oído humano podría percibir y que es posible que, como en los humanos, los primates perciban más de un conjunto de sonidos de una manera discreta (de Martín-Marty, 2005). Asimismo, como otros grupos, los primates presentan una comunicación de conducta subsiguiente que informan al resto del grupo sobre su localización y su identidad (Green, 1975; Barbosa *et al.*, 2018).

2.3 Vocalizaciones en el género *Aotus*

Las vocalizaciones del género *Aotus* son de frecuencia alta, con frecuencias máximas de más o menos 6 kHz. Las vocalizaciones más características del género son los llamados de largas distancias y alcance, los cuales son escuchados hasta 500 m. Las vocalizaciones suelen diferir entre hembras y machos, de manera que es un elemento importante en la atracción del sexo opuesto (Depeine *et al.*, 2008). Aún para los llamados más sobresalientes, existen muy pocos datos e información (Fernández-Duque 2012). La escasez de estudios con estos primates (*Aotus*) acerca de sus vocalizaciones puede estar relacionada con las dificultades características al estudio de animales nocturnos o al hecho de que este grupo de primates dan prioridad a otros medios de comunicación, tales como la comunicación olfativa (Fernández-Duque 2012).

Solo se encuentran pocos estudios claros acerca de la composición vocal y estructura acústica de las vocalizaciones y los respectivos contextos para especies como *A. azaraea* (Kantha *et al.*, 2009), donde se identificaron cuatro tipos de llamadas en individuos en cautiverio y seis tipos de llamadas en una simulación casi salvaje. Además de lo reportado por (Moynihan, 1964) quien describe vocalizaciones comunes para varias especies del género. Sin embargo, en especies como *Aotus miconax* se han registrado actividades vocales que presentaban un pico de actividad entre las 19:00 y las 21:00 hrs. Dichos registros vocales consistían en series de gruñidos y ladridos con duraciones de menos de dos minutos, cuando los individuos se encontraban solos. En grupo sus vocalizaciones se prolongaban durante ocho minutos. La mayoría de estos combates vocales se presenciaban durante las noches de luna llena. Las vocalizaciones son acompañadas de la actividad de marcado de olores (Shanee *et al.*, 2013).

2.4 Vocalizaciones de *Aotus lemurinus*

Los monos nocturnos andinos cuentan con parámetros de comunicación que ayudan a describir la variación de las pocas categorías vocales (Defler, 2010). Asimismo la especie emite vocalizaciones de baja intensidad, bastante variables (Moynihan, 1964), dentro de las cuales se describen nueve categorías vocales: 1) *Gruñido ronco (rough grunt)*: tono bajo que se produce al inflar sacos gulares, es producido en dirección al grupo; 2) *gruñido resonante (resonant grunt)*: tonos bajos secuenciales y repetidos; 3) *chillido (scream)*: tono alto y variable; 4) *trino bajo (low trill)*: trinos secuenciales a modo de burbujeo, que suben de intensidad progresivamente; 5) *gemido (moan)*: sonido breve y suave; 6) *estornudo-gruñido (sneeze grunt)*: sonidos secos, acompañados de gruñidos; 7) *trago (gulp)*: sonido fuerte y “líquido”; 8) *grito de buho (hoot)*: sonido similar al emitido por un buho, puede ser una señal del contacto entre los individuos del grupo; 9) *chirrido de infante (infant squeaks)*: tonos muy altos secuenciales que representan un comportamiento de auxilio o que pide ayuda (Moynihan, 1964).

Adicionalmente, estudios recientes han descrito y caracterizado mediante repertorios vocales de *A. lemurinus*, vocalizaciones estereotipadas como *trino bajo*: relacionada con comportamiento de alimentación, *chasquido*: con actividades no sociales, *chillido*: con roles multifacéticos con las crías, *jadeo*: con actividades sociales, *acetato*: con alimentación y movimiento (Barajas, 2020; Erazo, 2020).

Es importante mencionar que los pocos estudios sobre la comunicación vocal de *A. lemurinus* que existen hasta la fecha se han realizado en poblaciones de bosques primarios. Los primates son particularmente vulnerables a procesos antrópicos de degradación y fragmentación de los ecosistemas, con aproximadamente el 60% de las especies clasificadas como amenazadas (Estrada *et al.*, 2017). Son además un grupo clave para el mantenimiento de la biodiversidad y el buen funcionamiento de los ecosistemas debido a los roles ecológicos que ejercen, por ejemplo, la dispersión de semillas de una gran diversidad de plantas o la aportación de biomasa a los suelos (Cortés & Francisco, 2009). Por todo lo anterior es importante realizar estudios sobre la comunicación vocal de *A. lemurinus* en bosques secundarios y áreas intervenidas.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el repertorio vocal de un grupo de martejas en un paisaje intervenido (Pijao, Quindío)?

4. JUSTIFICACIÓN

La comunicación es un elemento significativo en el comportamiento social de los animales, particularmente para aquellos que viven de forma gregaria y poseen relaciones sociales complejas como la mayoría de los primates (Barbosa *et al.*, 2018). Estos animales suelen transferir información mediante señales olfativas, visuales y táctiles, las cuales suelen ser limitadas en términos de espacio o tiempo (Di Fiore *et al.*, 2006). Por otro lado las señales acústicas son independientes de las condiciones de luz y pueden recorrer distancias relativamente largas en intervalos temporales cortos (Bradbury & Veherencamp, 2011). Además, estas transfieren información en cuanto la sincronización de sus movimientos, amenazas, defensa territorial, oportunidades de forrajeo, entre otros contextos sociales o ecológicos (Zerda, 2004).

El mono nocturno, *Aotus lemurinus*, cuenta con una distribución condicionada a las montañas andinas del norte de Suramérica. Esta especie se encuentra en estado vulnerable de conservación, debido a la constante intervención del paisaje y a la pérdida de hábitat producto de la deforestación y la expansión agrícola (Morales-Jiménez & de la Torre 2008, Link & Moscoso, 2021). En el departamento del Quindío, las amenazas para *A. lemurinus* han aumentado principalmente por las modificaciones en los cultivos de café, provocadas por la eliminación de los cafetales con sombrero, generando la pérdida de conectividad entre los fragmentos de bosque (Montilla *et al.*, 2018). Estas dinámicas influyen en todos los comportamientos de la especie, entre estos la comunicación (Metzger *et al.*, 2006; Fahrig, 2010). Además, esta especie pertenece a uno de los géneros de primates con mayor importancia biomédica en Colombia, por poseer similitud inmunológica con el ser humano (Vargas, 2011), lo cual resulta ser un motivo de alto interés de estudio de la especie.

Dado el importante papel de las señales acústicas en los primates nocturnos y la falta de información sobre la composición vocal de *A. lemurinus*, se pretende proporcionar datos de referencia sobre su diversidad vocal, utilizando análisis bioacústicos. Asimismo procurar contribuir al aporte en estrategias de conservación y manejo de una especie vulnerable, haciendo uso del repertorio vocal y la relación de las actividades del grupo de estudio, para que esta información sea utilizada en futuros estudios.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Describir el repertorio vocal de martejas (*Aotus lemurinus*) en un paisaje intervenido (Pijao, Quindío).

5.2 Objetivos Específicos

- Identificar y describir las vocalizaciones de un grupo de martejas (*Aotus lemurinus*) en un paisaje intervenido (Pijao, Quindío).
- Identificar las actividades realizadas por un grupo de martejas (*Aotus lemurinus*) en un paisaje intervenido (Pijao, Quindío).
- Asociar los comportamientos observados con las vocalizaciones emitidas por un grupo de martejas (*Aotus lemurinus*) en un paisaje intervenido (Pijao, Quindío).

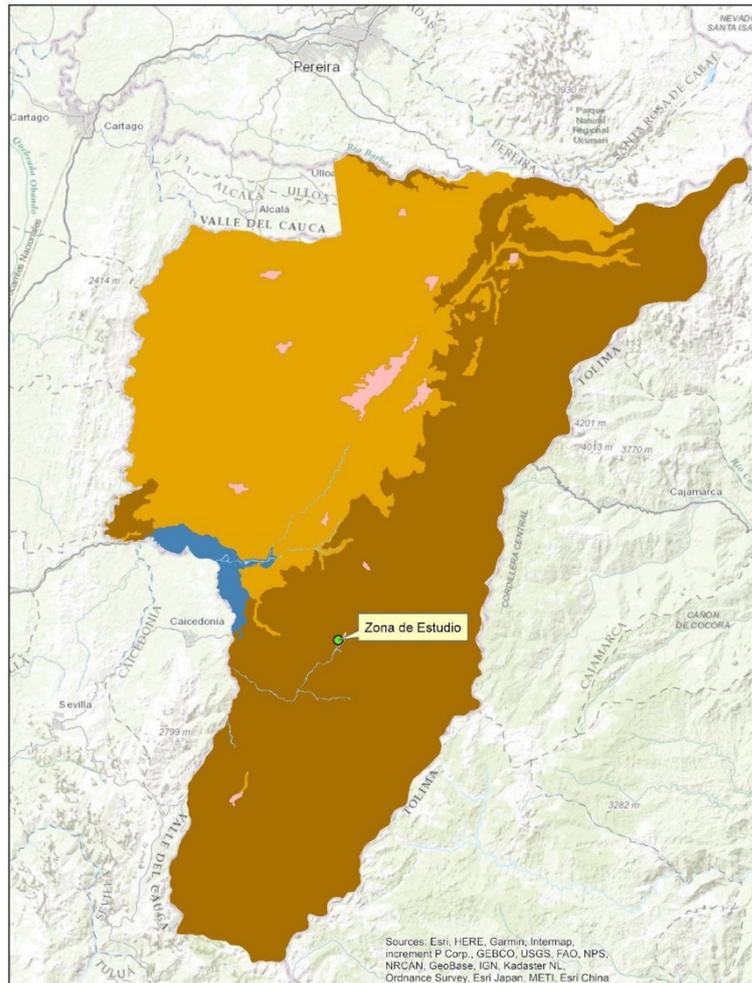
•

6. MÉTODO

6.1 Área de estudio

El presente estudio se realizó en el municipio de Pijao (Quindío), en la finca El Billar ubicada entre las coordenadas 4°19'53.02" - 4°20'8.33" norte y una longitud 75°42'49.62" - 75°42'32.89" oeste. La zona de estudio cuenta con una clasificación de fragmento de bosque inmerso en cultivos (Montilla *et al.*, 2018). Este municipio se encuentra en el extremo sur del Departamento de Quindío y su altitud va de los 1100 a los 3800 msnm y la cabecera municipal a 1700 msnm. Cuenta con una extensión total de 243,12 km², donde el área urbana equivale al 0,24% y el área rural representa el 99,76% del área total del municipio (**Figura 1**). El municipio posee características ambientales definidas por bosques nativos, reforestaciones, relictos de palma de cera y nacimientos de agua principalmente con extensos registros de flora y fauna en la zona junto con una gran variedad de ecosistemas con distinto grado de conservación (Alcaldía Municipal de Pijao en Quindío, 2001).

Figura 1. Mapa de ubicación del municipio de Pijao, Quindío, Colombia

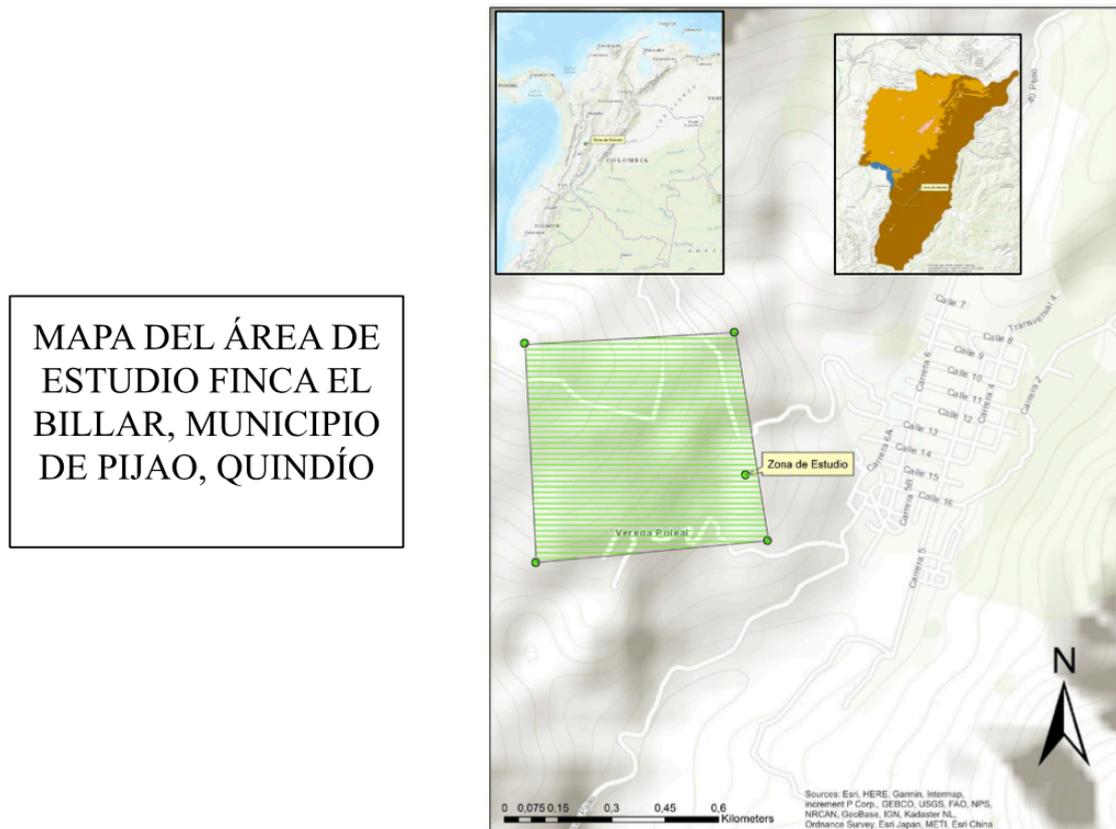


Fuente: España, 2022

La zona de estudio cuenta con características de bosque intervenido a menos de 1 km del casco urbano a una altitud entre 1750 y 1800 msnm (**Figura 2**).

Los mapas (**Figura 1**); (**Figura 2**) se realizaron con el software ArcGIS, que permite organizar y distribuir la información geográfica de la zona de estudio.

Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio



Fuente: España, 2022

6.2 Grupo de estudio

Los muestreos se realizaron sobre un grupo previamente habituado de *A. lemurinus* compuesto por parentales (hembra y macho) adultos, dos hembras y tres crías (de sexo no identificado). El grupo se encuentra en el municipio de Pijao (Quindío), en la finca El Billar (**Figura 2**). Es pertinente mencionar que estos monos pueden llegar a encontrarse en bosques maduros mayores a 2000 ha, así como en zonas altamente transformadas por cultivos y potreros menores a 1,5 ha, e incluso en parches de bosque cercanos a asentamientos humanos (Montilla *et al.*, 2018).

6.3 Fase de muestreo

6.3.1 Registro de grabaciones

Para la toma y obtención de datos del comportamiento vocal de los monos nocturnos, se realizaron seguimientos de los individuos, desde las 18:00 horas hasta las 6:00 horas, comenzando y terminando en sus sitios de descanso diurno, esto durante periodos de una semana, por 30 noches comprendidas entre los meses de junio y noviembre del año 2022, durante los cuales se acumularon en total 360 horas efectivas de muestreo. Para la grabación de las vocalizaciones de los monos nocturnos se utilizó una grabadora Tascam dr-05, con un micrófono unidireccional (Wildtronic Pro Mono Parabolic Microphone) y una parábola Telinga modular. Las grabaciones se realizaron en formato WAV y a distancias lo menor posibles (entre 5 y 25 metros), según la técnica de muestreo *ad libitum* (Altman, 1974).

Figura 3. Toma de grabaciones en la zona de estudio



Fuente: Aguilar, 2022

6.3.2 Registro de actividades

Para el registro de los comportamientos de alimentación, movimiento y descanso de *Aotus lemurinus* se empleó el método de monitoreo nocturno por seguimiento directo y animal focal (Altman, 1974). Realizando registros escritos y fotográficos de los datos de actividad en

intervalos de dos minutos hacia el individuo focal (**Figura 4**). Las actividades se clasificaron en: *Movimiento*, *Descanso*, *Alimentación* y *Otras actividades*. Para luego realizar una correlación entre las vocalizaciones y los comportamientos.

Es importante aclarar que no se contó con registro de los individuos en un tiempo fuera de vista.

Figura 4. Registro fotográfico de Aotus lemurinus realizando actividad de descanso



Fuente: España, 2022

6.4 Análisis acústico

Inicialmente las vocalizaciones fueron analizadas por medio del software RAVEN PRO 1.6. 4 (Bioacoustics Research Program, Cornell Lab of Ornithology), con el fin de obtener las medidas de parámetros acústicos como la entropía (que mide que tan “ordenadamente” se encuentra distribuida la energía dentro de la selección de un sonido), ancho de banda, tiempo

delta y frecuencia central (Charif *et al.*, 2010). Además de generar los respectivos espectrogramas para cada vocalización, para su posterior comparación (Charif *et al.*, 2010).

6.5 Análisis estadístico

Para evaluar y determinar diferencias entre y de los parámetros acústicos medidos, se evaluó la normalidad de las diferentes variables que componían la estructura vocal se realizó una prueba de Shapiro-Wilk. Se realizaron comparaciones entre las diferentes categorías vocales y de contexto mediante un ANOVA de una dirección y la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Después se aplicó un Análisis de Discriminantes Lineal (LDA), teniendo en cuenta las diferentes variables que componían la estructura vocal y según el tipo de vocalización. Cabe resaltar que se utilizó este método estadístico porque se ajusta al objetivo del proyecto, analizando la capacidad predictiva de las funciones discriminantes e identificando las variables más explicativas e informativas, además, de establecer criterios adecuados para permitir una óptima ejecución de éstas pruebas estadísticas de forma práctica. Todos los análisis de los datos obtenidos fueron realizados con el software estadístico R statics 4.2.1.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Representatividad de la muestra

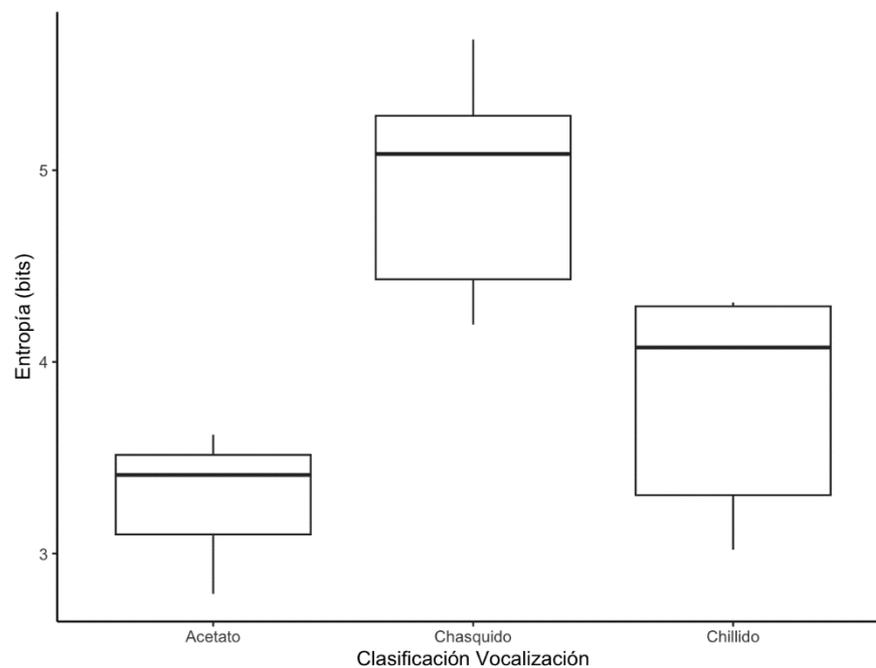
En 360 horas de muestreo se registraron 325 grabaciones para las vocalizaciones de *A. lemurinus*. En función de éstas, se encontraron 3 vocalizaciones representativas y diferentes entre sí (**Anexo 1**) (**Figura 5**). Donde, chillido que es una vocalización emitida por las crías del grupo cuando no estaban cerca de sus parentales. De igual manera es emitida por individuos adultos cuando se aproximaban a los demás individuos del grupo. El segundo tipo de vocalización registrada es el chasquido, una vocalización emitida por los individuos cuando se realizaban movimientos estacionarios o desplazatorios. Finalmente esta la vocalización de acetato, emitida por los individuos del grupo en eventos de movimientos estacionarios, descanso con contacto, vigilante y con vista al investigador. También fue emitida en eventos de alimentación. Estas vocalizaciones se seleccionaron y clasificaron respectivamente por función distinguible al oído humano y la posterior revisión de los espectrogramas.

Otros autores han registrado entre tres y nueve vocalizaciones para otras especies de *Aotus* (Andrew, 1963; Moynihan, 1964; Kantha *et al.*, 2009; Vargas, 2011; Erazo, 2020). Esta diferencia en el tamaño del repertorio vocal encontrado en este estudio pudo deberse a que durante el tiempo de muestreo no se pudo observar ningún comportamiento de lucha o interacción agonística, ni ningún encuentro con un depredador; condiciones que suelen ser un estímulo importante para emitir vocalizaciones.

La población de *A. lemurinus* en la que se encontró un mayor tamaño del repertorio vocal (Erazo, 2020) se encontraba distribuida en un bosque primario con un grado de intervención casi que nulo. Por el contrario, el grupo de estudio del presente proyecto se encuentra en un fragmento de bosque inmerso en cultivos (Montilla *et al.*, 2018); factor que puede alterar de

manera indirecta sobre las interacciones intraespecíficas como lo es la comunicación vocal de los individuos (Fahrigm 2013; Wolf *et al.*, 1999), pues los sistemas de comunicación están intrínsecamente relacionados a las características de la población y del hábitat donde ésta se encuentre (Laiolo & Arroyo, 2021). Al actuar sobre las propiedades de las poblaciones, la fragmentación, influye indirectamente en características de los sistemas de comunicación animal que dependen de ellas. Además, hay que tener en cuenta que la función principal de la comunicación animal es el cortejo y otras interacciones agonísticas, también es empleada en contextos sociales más complejos (Laiolo & Arroyo, 2021). Se sugiere que futuros estudios investiguen más a fondo el impacto de la degradación del hábitat en el repertorio vocal de *A. lemurinus* y otras especies monos nocturnos.

Figura 5. Diagrama de cajas de la diferencia entre la entropía de las vocalizaciones. Prueba Shapiro-Wilk ($p=0.73$). Las diferencias son significativas, realizando un ANOVA de una sola vía ($p=0.004$).



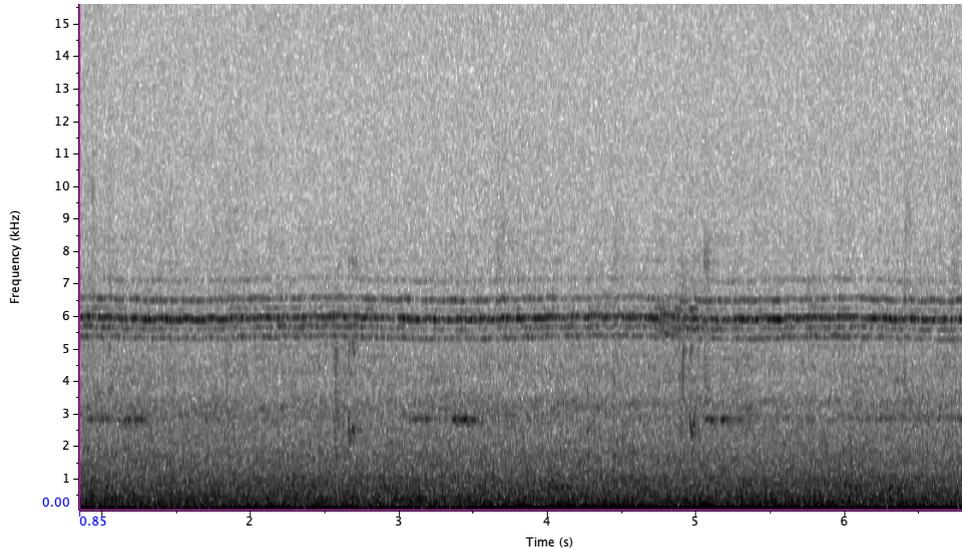
Fuente: España, 2022

7.2 Descripción de las vocalizaciones

7.2.1 Chillido

Se tomaron 115 grabaciones para realizar la descripción de esta vocalización. Estos sonidos se dieron a modo de tonalidades altas y en secuencias largas (**Figura 6**). A pesar de que para Marler (1976), los repertorios vocales de primates que se encuentran en hábitats con visibilidad reducida, las vocalizaciones tienden a ser discretas, Bouchet *et al.* (2013) mencionan que el nivel de discreción o continuidad varía entre vocalizaciones dependiendo de su función, así como se presenta en la vocalización de *chillido*. Se evidencia que la entropía promedio para esta vocalización oscila entre $(3,81 \pm 0.25 \text{ bits})$ (**Anexo 1**), siendo la entropía la variable que se distribuye de manera normal, gracias a lo arrojado por la Prueba Shapiro-Wilk ($p=0.73$). Las diferencias son significativas, realizando un ANOVA de una sola vía ($p=0.004$). (**Figura 5**). Lo que concuerda con el trabajo realizado por Erazo (2020), ya que se indica que hay varias modulaciones para *chillido*, entre las cuales se encuentra el *chillido modulante* que se caracteriza por tener una entropía promedio de $(3.26 \pm 0.37 \text{ bits})$ lo que puede deberse a lo que sugiere Moynihan (1964), pues esta vocalización suele ser una serie de tonos muy altos que reflejan un comportamiento et-epimelético, que se refiere al llamado que por lo general hacen las crías o individuos subadultos/juveniles, cuando se separan de la manada. Componente fundamental para explicar la variación acústica y parece ser lo que explica la continuidad observada en el *chillido*.

Figura 6. Espectrograma para vocalización “Chillido”



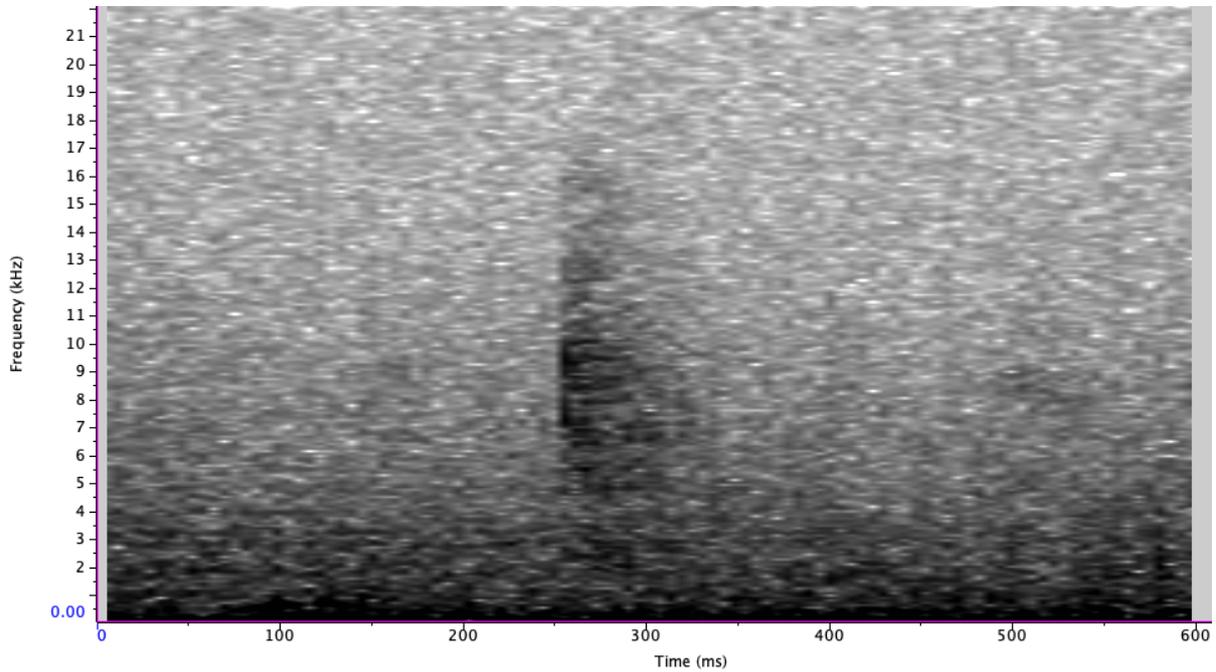
Fuente: España, 2022

7.2.2 Chasquido

En lo que respecta a esta vocalización, se tomaron 113 grabaciones para realizar la descripción de ésta. Se caracteriza porque presenta una entropía promedio mayor (4.94 ± 0.27 bits), un ancho de banda (2118.87 ± 659.69 Hz) y una frecuencia máxima (2549.53 ± 477.54 Hz) (Anexo 1) (Figura 7). Es la vocalización que varios autores reconocen para el repertorio de pocas especies del género *Aotus* (Andrew, 1963; Moynihan, 1964; Kantha *et al.*, 2009; Vargas, 2011). Pues en múltiples estudios en especies como *A. griseimembra* realizados por Andrew (1963) y Moynihan (1964), donde se reconoce y clasifica una vocalización similar a esta, pues cuenta con frecuencias entre (100 ± 9000 Hz), (120 ± 900 Hz). Por otro lado, Kantha *et al.* (2009) describe una vocalización para *A. azarae*, la cual es llamada *Gulp* y que cuenta con una frecuencia entre (1800 ± 5800 Hz). Finalmente, Vargas (2011) realiza un estudio con *A. brumbacki*, en el cual describe una vocalización llamada *GGGLU* con una frecuencias de ($253,0 \pm 593,5$ Hz).

Autores han demostrado que estímulos que se basan en alterar el estado de motivación o agitación del individuo afectan directamente la estructura de las señales acústicas emitidas, cambiando parámetros como la frecuencia fundamental, la duración, la frecuencia pico, entre otros (Titze, 1994; Weary et al., 1998; Watts et al., 1999; Fichtel et al., 2001; Pollermann & Archinard, 2002; Liao et al., 2018). Efectivamente, ésta vocalización según Mohynihan (1964) es muy común y se emite en actividades de movimiento, específicamente desplazamiento y funcionan como llamados de contacto entre individuos.

Figura 7. Espectrograma para vocalización “Chasquido”



Fuente: España, 2022

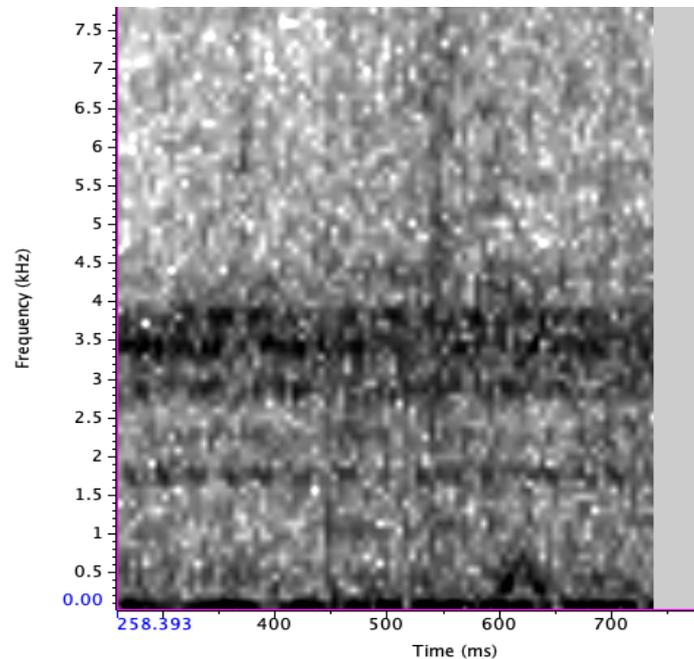
7.2.3 Acetato

Ésta vocalización es reconocida por ser la que cuenta con un tiempo de emisión menor (0.39 ± 0.20 s) (**Anexo 1**). Cabe destacar que es la vocalización con menos grabaciones, esto debido a que se emitía durante los comportamientos de descanso o alimentación, lo cual no permitía que fuera fácilmente distinguible al oído del investigador. Lo que concuerda con lo reportado por Erazo (2020), pues es una vocalización con sonidos de baja frecuencia, poco moduladas y con un ancho de banda reducido (**Anexo 1**). Sin embargo, no existen otros artículos a parte que reporten un sonido similar a este (**Figura 8**).

A pesar de esto, vocalizaciones discretas como ésta son señales emitidas cuando el individuo se encuentra inmóvil, vigilando a los demás integrantes del grupo mientras éstos se desplazaban

o se alimentaban. También puede ser una respuesta a la vocalización de *chillido*. (Morton, 1975; Erazo, 2020).

Figura 8. Espectrograma para vocalización “Acetato”



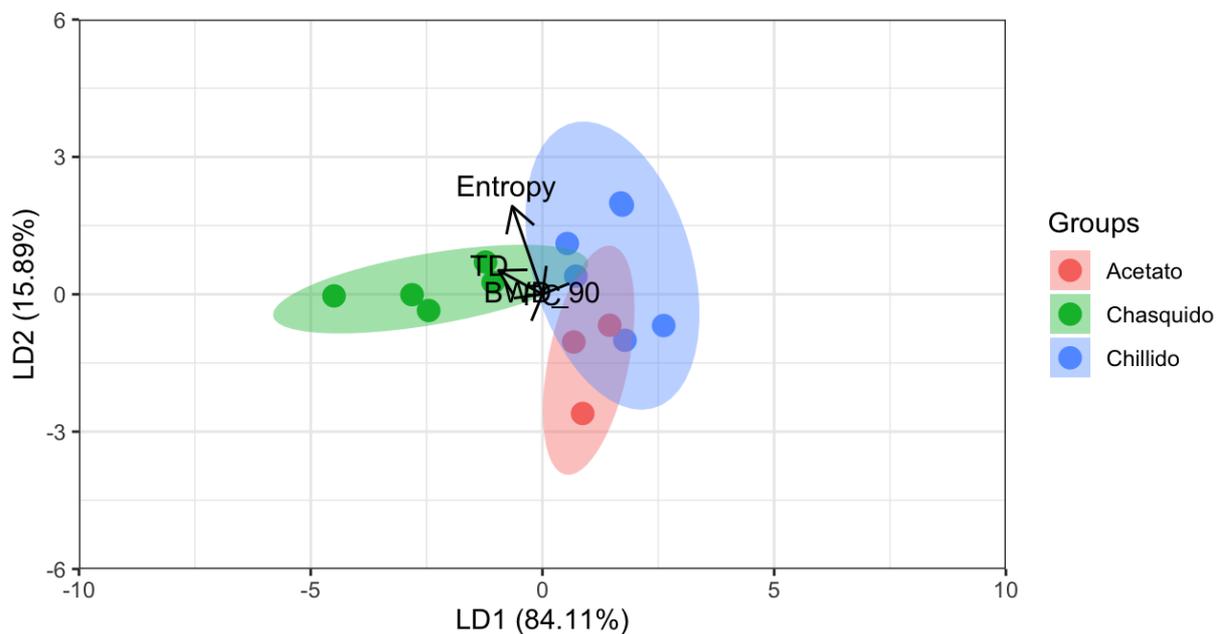
Fuente: España, 2022

Análisis de Discriminantes Lineal (LDA)

En lo que respecta al Análisis de Discriminantes Lineal (LDA), se usaron los parámetros acústicos de entropía y delta de tiempo para crear el espacio adimensional que permitiera la comparación de las tres vocalizaciones (**Figura 9**). Las dos funciones discriminantes resumen la totalidad de la variación de los parámetros acústicos (LD1 resume el 84,11% y LD2 el 15,89% de la información de los parámetros acústicos asociados a esa función). Además se observa que los comportamientos vocales se agrupan en el espacio dadas las características principales que componen cada vocalización. La vocalización *chillido* es bastante variable y tiende a superponerse con respecto a las otras dos vocalizaciones, por lo que puede considerarse como una vocalización gradual. Por el contrario, las categorías vocales de *chasquido* y *acetato* son de tipo discreto (vocalizaciones muy bien definidas y con diferencias acústicas marcadas)

(Marler, 1976). Estos resultados concuerdan con lo propuesto por Green & Marler (1979), pues es más común que los primates tengan repertorios vocales mixtos (teniendo vocalizaciones tanto discretas como continuas). Hay evidencia de repertorios vocales mixtos en otras especies de primates del Nuevo Mundo: *Saimiri sciureus* o *Cebus capucinus* (Schott, 1975; Gros-Louis *et al.*, 2008). Sin embargo, Erazo (2020) reporta que el repertorio vocal de *A. lemurinus* en un bosque primario es mayormente discreto. A pesar de esto, el nivel de discreción o continuidad de una categoría vocal puede cambiar dependiendo de su función (Bouchet *et al.*, 2013).

Figura 9. Análisis de Discriminantes Lineal (LDA), medido con la entropía promedio, el tiempo delta, el ancho de banda y la frecuencia.



Fuente: España, 2022

Los Coeficientes de discriminantes lineales (**Tabla 1**) muestran la combinación lineal de variables predictoras que se utilizan para formar la regla de decisión LDA. Además se puede observar cuánto vale la media para cada variable en cada una de las categorías vocales, y así deducir qué variable es más importante para realizar este análisis.

Tabla 1. Coeficientes de discriminantes lineales.

Parámetro acústico	LD1	LD2
Entropía	-0.65	1.92
Ancho de Banda	0.00	0.00
Tiempo Delta	-0.94	-0.52
Frecuencia	0.00	0.00

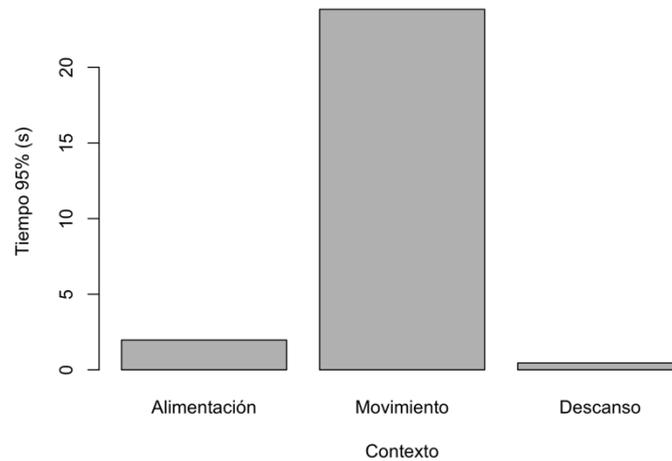
Además, gracias a esto la función discriminante (LD2), permite ver la diferencia del parámetro acústico de entropía entre cada una de las categorías vocales (**Figura 10**).

7.3 Registro de comportamientos

7.3.1 Estimación de actividades

Se registraron aproximadamente 280 eventos de actividad del grupo de estudio. Además se recopiló la información en cuanto a número de vocalizaciones registradas relacionadas con las tres categorías actividades clasificadas (**Anexo 2**). Se destaca que la actividad que se realiza con mayor frecuencia es la de Movimiento (**Figura 10**). Se muestra la diferencia entre el tiempo (promedio) de los contextos. Es importante reconocer que este diagrama demuestra que estos contextos son claramente diferentes en función del tiempo. A la hora de hacer las comparaciones estadísticas se observó que la distribución del tiempo no seguía un comportamiento normal (Shapiro-Wilk, $p < 0.05$) por lo cual se procedió a realizar una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis que mostró las diferencias significativas ($p = 0.007$) en el tiempo invertido para la vocalización dependiente del contexto.

Figura 10. Diagrama de barras donde se observan las diferencias entre las actividades registradas.



Fuente: España, 2022

Tal y como se observa en los resultados, teniendo en cuenta que se analiza el tiempo que invirtían los individuos en emitir una vocalización durante cada actividad, se logra deducir que la actividad en la que mayor tiempo invirtieron realizando las vocalizaciones fue la de movimiento (62.85 %), seguido de alimentación (22.5 %) y descanso (14.64 %). Lo cual coincide con los datos obtenidos por Barajas (2020), con su investigación con *A. lemurinus* y Wright (1978), con *A. trivirgatus*, pues reportan que el comportamiento que siempre va a predominar sin importar es el movimiento respecto a cada vocalización. Además, un factor que puede influir en este resultado, es que el grupo de estudio está conformado por una pareja de parentales adulta (hembra y macho) y tres crías, las cuales suelen realizar la vocalización de chillido, esto debido a la agitación y constante movimiento de éstas (Erazo, 2020); adicionalmente, este grupo familiar se encuentra en un fragmento de bosque inmerso en cultivos, que además se encuentra intervenido (Montilla *et al.*, 2018), lo que puede afectar en su rango de actividad y su comportamiento vocal (Laiolo & Arroyo, 2021). El patrón puede

estar asociado al corto tiempo de muestreo, pues en anteriores investigaciones se realizan dos meses de muestreo y cuentan con 32 noches (Wright, 1978; Castaño *et al.*, 2010).

Sin embargo, otros autores como Vargas (2011), con su estudio con *A. brumbackii* menciona que durante la noche, la actividad que presenta el mayor pico de actividad es el reposo. Además reportado por Guzmán y colaboradores (2016), pues sugieren que la actividad de reposo (en este caso descanso) es en la que mayor tiempo invierten los individuos.

Adicionalmente, en estudios realizados con grupos similares taxonómicamente, como los monos aulladores rojos, se describe el patrón de actividad de dos poblaciones, una en un bosque continuo y otra en un bosque fragmentado, Stevenson y colaboradores (2015) reportan que existen diferencias en el tiempo invertido en la alimentación. Además de reportar diferencias en el tiempo en el que realizaban diferentes actividades y sugieren que, a causa de las limitaciones espaciales y a la baja productividad del bosque fragmentado, estos primates deberían invertir mayor parte del tiempo al descanso que a la alimentación, el movimiento y otras actividades. Asimismo, Behie & Pavelka (2015) mencionan que en una población de *Alouatta pigra* tras el paso de un huracán (disturbio de tipo natural) por el área donde se encontraban distribuidos, se genera un cambio bastante marcado en el comportamiento. Se reporta además, que los periodos en los que no se consumieron frutos debido a la poca disponibilidad de estos, los porcentajes de tiempo destinados al descanso fueron mayores en contraste al porcentaje de tiempo invertido al movimiento.

Por lo expuesto anteriormente, se han encontrado diferencias en cuanto a la actividad predominante en diferentes especies de primates que habitan bosques con diferentes características y grados de intervención. Pese a la revisión en la literatura, aún no se ha llegado

a un consenso de un factor comprobado que pueda determinar la causa de estas diferencias. Sin embargo, es necesario que se lleven a cabo metodologías que permitan medir diversas variables que puedan estar afectando las actividades predominantes y la correlación significativa con las vocalizaciones.

7.3.2 Relación entre las actividades y las vocalizaciones

En los resultados obtenidos se puede decir que *chillido* es una vocalización que predomina en la actividad de movimiento, dado a que es una vocalización asociada a los individuos de menor edad del grupo (Defler, 2010; Moynihan 1964). Además es una vocalización que cumple la función de llamado o aviso, así como *chasquido* para el encuentro de individuos del grupo. Es importante mencionar que puede ser una vocalización de aprendizaje o de las primeras vocalizaciones que realizan los infantes, a medida que hacen uso de las demás vocalizaciones (Méndez-Cárdenas & Vargas, 2015).

Por otro lado, *chasquido* es una vocalización relacionada con los movimientos estacionarios y desplazatorios, sin embargo, también se evidenciaron en otras actividades. Es una vocalización que posiblemente es emitida para el encuentro entre individuos en momentos de desplazamiento (Moynihan, 1964).

Finalmente, la vocalización *acetato* evidencia mayor relación en la ejecución de la actividad de alimentación (**Anexo 1**), sin embargo Moynihan (1964) menciona que es una vocalización que se emite en actividades de desplazamiento y alimentación. Por su parte, Erazo (2020) menciona que se utiliza esta vocalización con el objetivo de mantener la cohesión del grupo. Debido a que son actividades que requieren que los individuos se separen a distancias largas, hace relación y coincide con lo mencionado anteriormente.

Adicional a esto, las vocalizaciones son de baja frecuencia y de largo alcance, siendo usadas entre grupos sociales (Moynihan, 1964; Wright, 1985), debido a la densa vegetación en la que se encuentran.

8. CONCLUSIONES

Este estudio permite responder a cuál sería parte del repertorio vocal de *Aotus lemurinus* en un paisaje intervenido, esto, gracias a la clasificación de las tres vocalizaciones encontradas y determinación de parte del repertorio vocal, como uno de carácter mixto, pues posee categorías vocales tanto graduales como es el caso de *chillido*, pues es bastante variable y tiende a sobreponerse con respecto a las otras dos categorías vocales de tipo discreto como lo son *chasquido* y *acetato*, vocalizaciones muy bien definidas y con diferencias acústicas marcadas. Contando también con la relación entre estas vocalizaciones y las actividades realizadas por los individuos.

La mayoría de las vocalizaciones están asociadas al movimiento de los individuos donde es el *chillido* el que posee un rol variado en crías y que además puede ser una vocalización genérica, ya que hay un tipo de aprendizaje mientras hacen uso de las demás vocalizaciones.

SUGERENCIAS

El paisaje intervenido puede ser un factor negativo en cuanto a la emisión de las vocalizaciones, pues puede interferir de manera indirecta ante las interacciones intraespecíficas entre las cuales se encuentra la comunicación vocal. Sin embargo para futuros trabajos hace falta entender más a profundidad cómo la degradación de estos ecosistemas afectan patrones comportamentales acústicos. Para esto sería interesante implementar una estrategia de comparación entre las vocalizaciones de *A. lemurinus* en un paisaje no intervenido y uno que si lo sea, con el fin de comprender la relación que existe entre la fragmentación sobre el comportamiento y el repertorio vocal de esta especie.

Es importante destacar que las diferencias entre las actividades son demasiado grandes, dado a que influye el hecho de que es más fácil ver a un individuo moviéndose que a uno descansando o alimentándose.

Pese a que existieron dificultades de tipo logístico y climático en la realización de este proyecto pues fue realizado en temporada de lluvias, se recomienda trabajar en época seca (meses de diciembre a marzo) para evitar el desfase de datos y el poco tiempo de muestreo. A pesar de las dificultades el trabajo logra aportar información relevante a una de las especies de primates de Colombia menos estudiada y sirve como una plataforma para la profundización de temas bioacústicos de la especie al futuro.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía Municipal de Pijao en Quindío. (2001). Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pijao, Quindío. <http://www.pijao-quindio.gov.co/planes/esquema-de-ordenamiento-territorial-del-municipio-de>.
- Altman J (1974) Observational study of behavior: Sampling methods. *Behavior* 49(3):227–267
- Andrew RJ (1963) The origin and evolution of the calls and facial expressions of the primates. *Behaviour* 20(1-2):1-107
- Arbib, M. A., Liebal K. & Pika, S. (2008). *Primate Vocalization, Gesture, and the Evolution of Human Language*. The University of Chicago Press on behalf of Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research.
- Barajas, S. L. (2020). Evaluación de la relación entre vocalizaciones y el comportamiento de los monos nocturnos (*Aotus lemurinus*) en la cordillera oriental de Colombia. No publicado.
- Bezerra, B. M., Souto, A. S., Jones G (2010) Vocal Repertoire of Golden-backed Uakaris (*Cacajao melanocephalus*): Call Structure and Context. *International Journal of Primatology* 31(5):759–778.
- Bouchet H, Blois-Heulin C, Lemasson A (2013) Social complexity parallels vocal complexity: A comparison of three non-human primate species. *Frontiers in Psychology* 4:1–15.
- Bradbury, J. W., & Vehrencamp, S. L. (1998). *Principles of animal communication*.
- Bradbury, J. W., & Vehrencamp, S. L. (2011). *The principles of animal communication*. 2nd edition. Sinauer Associates. Sunderland, USA. 882 pp.
- Brumm H, Voss K, Köllmer I, Todt D (2004) Acoustic communication in noise: regulation of call characteristics in a New World monkey. *J Exp Biol* 207:443–448
- Caselli, C.B. Mennill, D.J., Bicca-Marques, J.C., Setz, E.Z.F. (2014) Vocal behavior of black-fronted titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*): Acoustic properties and behavioral contexts of loud calls. *American Journal of Primatology* 76(8):788–800 <https://doi.org/10.1002/ajp.22270>.
- Castaño, J. H. & D. M. Cardona. (2005). Presencia del mono nocturno andino (*Aotus lemurinus*). Geoffroy-St. Hilaire, 1843) en fragmentos de bosque de la cuenca del río Cauca. *Boletín Científico del Museo Historia Natural Universidad Caldas* 9:111-117.

- Castaño, J.H., Ramírez, D.C., Botero, J.E. (2010) Ecología del mono nocturno andino (*Aotus lemurinus*) en fragmentos de bosque subandinos de Colombia. En: Pereira-Bengoa V, Stevenson PR, Bueno ML, Nassar-Montoya F (Eds.) *Primatología en Colombia: avances al principio del milenio*. Gráficas San Martín, Bogotá, Colombia, pp 69-90.
- Ceugniet M, Izumi A (2004) Vocal individual discrimination in Japanese monkeys. *Primates* 45:119–128.
- Chapman CA, Weary DM (1990) Variability in spider monkey's vocalizations may provide basis for individual recognition. *Am J Primatol* 22:279–284
- Charif RA, LM Strickman, AM Waack (2010) Raven Pro 1.4 User's Manual. The Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY.
- Cortés, A., & Francisco, F. (2009). Densidad poblacional y ecología de *Ateles hybridus* (L. Geoffroyi- St. Hilaire, 1829) en un fragmento de bosque húmedo tropical en la Hacienda San Juan De Carare, Municipio de Cimitarra, Departamento de Santander, Colombia [B.S. thesis]. Facultad de Ciencias.
- Cowlshaw, G (1992) Song Function in Gibbons. *Behaviour* 121(1-2):131-153 <https://doi.org/10.1163/156853992X00471>
- Defler, T. R. (2010). Historia natural de los primates colombianos. Universidad Nacional de Colombia.
- Depeine CD, Rotundo M, Juárez CP & E Fernández-Duque (2008) Hoot calling in owl monkeys (*Aotus azarai*) of Argentina: sex differences and function. *American Journal of Primatology* 70:69.
- Di Fiore A, Link A, Stevenson PR (2006) Scent marking in two western Amazonian populations of woolly monkeys (*Lagothrix lagotricha*). *American Journal of Primatology: Official Journal of the American Society of Primatologists*, 68(6):637-649.
- de Martín-Marty, M. (2005). Aportaciones de los driles (*Mandrillus leucophaeus*) al estudio de la comunicación vocal en primates. *REV NEUROL*, 41(Supl 1), S17-S23.
- Erazo Hernández, P. A. (2020). Repertorio vocal de un grupo en vida silvestre del mono nocturno andino (*Aotus lemurinus*). No publicado.
- Estrada, A., Garber, P. A., Rylands, A. B., Roos, C., Fernandez-Duque, E., Di Fiore, A., Nekaris, K. A.-I., Nijman, V., Heymann, E. W., & Lambert, J. E. (2017). Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science Advances*, 3(1), e1600946.

- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematic* 34:487- 515.
- Fahrig, L. (2010) Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Review Literature And Arts Of The Americas*, 34, 487–515.
- Fernández-Duque E (2012) Owl monkeys *Aotus* spp. in the wild and in captivity. *International Zoo Yearbook* 46:80-94.
- Fichtel, C., Perry, S., & Gros-Louis, J. (2005). Alarm calls of white-faced capuchin monkeys: an acoustic analysis. *Animal behaviour*, 70(1), 165-176.
- Fischer, J., & Lindenmayer, D. B. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: A synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, 16(3), 265–280.
- Font, E., & Carazo, P. (2009). *La Evolución de la Comunicación Animal*.
- Fragaszy, D., Izar, P., Visalberghi, E., Ottoni, E. B., & de Oliveira, M. G. (2004). Wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) use anvils and stone pounding tools. *American Journal of Primatology: Official Journal of the American Society of Primatologists*, 64(4), 359-366.
- Garibello PJC, Cruz JAE, Baruffol GM (2005) Plan de manejo ambiental de la Cuchilla de Peñas Blancas y del Subia. Convenio CAR-Fundación Bachaqueros.
- Girard-Buttoz, C., Zaccarella, E., Bortolato, T., Friederici, A. D., Wittig, R. M., & Crockford, C. (2022). Chimpanzees produce diverse vocal sequences with ordered and recombinatorial properties. *Communications biology*, 5(1), 1-15.
- Ghazanfar, A. A., & Hauser, M. D. (2001). The auditory behaviour of primates: A neuroethological perspective. *Current Opinion in Neurobiology*, 11(6), 712-720. doi:10.1016/S0959-4388(01)00274-4
- Green, S. (1975). Variation of vocal pattern with social situation in the Japanese monkey (*Macaca fuscata*): a field study.
- Green, S., Marler, P. (1979) The analysis of animal communication. In: Marler P, Vandenberg JG (Eds.) *Handbook of behavioral neurobiology: social behavior and communication*. Plenum Press, New York, USA, pp 73–147
- Gros-Louis, J. (2004). The function of food-associated calls in white-faced capuchin monkeys, *Cebus capucinus*, from the perspective of the signaller. *Animal behaviour*, 67(3), 431-440.

- Gros-Louis JJ, et al. (2008) Vocal repertoire of *Cebus capucinus*: Acoustic structure, context, and usage. *International Journal of Primatology* 29(3):641–670 <https://doi.org/10.1007/s10764-008-9263-8>
- Guzmán, A., Link, A., Castillo, J. A., y Botero, J. E. (2016). Agroecosystems and primate conservation: Shade coffee as potential habitat for the conservation of Andean night monkeys in the northern Andes. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 215, 57-67.
- Herrán Borja, J. G., & Muñoz Pinilla, J. H. (2013). La bioacústica: una herramienta investigativa para el conocimiento y conservación de especies de aves focales en las Cascadas de Sueva (Junín, Cundinamarca).
- Hauser, M. D. (1996). *The evolution of communication*. MIT Press. Cambridge, Massachusetts. USA. 776 pp.
- Kantha SS, Koda H, Suzuki J (2009) Owl Monkey Vocalizations at the Primate Research Institute, Inuyama. *Neotropical Primates* 16(1):43–46
- Koda H, Shimooka Y, Sugiura H (2008) Effects of caller activity and habitat visibility on contact call rate of wild Japanese Macaques (*Macaca fuscata*). *Am J Primatol* 70:1055–1063.
- Laiolo, P., Tella, J.L. (2008). Social determinants of songbird vocal activity and implications for the persistence of small populations. *Animal Conservation* 11:433-441.
- León, J. & Link, A. (2013). Repertorio vocal de los monos araña café (*Ateles hybridus*). En: T. R. Defler, P. R. Stevenson, M. L. Bueno & D. C. Guzmán-Caro (Eds.), *Primates Colombianos en Peligro de Extinción*, (pp. 281-293). Asociación Primatológica Colombiana, Bogotá D. C.
- León, J. J., Vargas, S. A., Ramírez, M. A., Galvis, N. F., Cifuentes, E. F., & Stevenson, P. R. (2014). Vocal communication in woolly monkeys (*Lagothrix lagothricha lugens*) in Cueva de los Guacharos National Park, Colombia. In *The Woolly Monkey* (pp. 187-205). Springer, New York, NY.
- Lemasson A, Gandon E, Hausberger M (2010) Attention to elders' voice in non-human primates. *Biol Lett* 6:325–328
- Link, A., Mittermeier, R. A., y Urbani, B. (2019). *Aotus griseimembra*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T1807A17922228.
- Link, A., de la Torre, S. & Moscoso, P. (2021). *Aotus lemurinus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T1808A17922601.

<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T1808A17922601.en>. Accessed on 11 November 2022.

- Marler P (1976) Social organization, communication and graded signals: the Chimpanzee and Gorilla. In: Bateson PPG, Hinde RA (Eds) Growing points in ethology. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 239-280
- McComb K, Semple S (2005) Co-evolution of vocal communication and sociality in primates. *Biol Lett* 1:381–385
- Méndez-Cárdenas, M. G., & Vargas, L. A. (2015). Evolución de la comunicación vocal y su papel en la estructuración del espacio social y bioacústico en prosimios: una aproximación biosemiótica. *Cuicuilco*, 22(64), 89-125.
- Metzger, M.J., Rounsevell, M.D. a., Acosta-Michlik, L., Leemans, R. & Schröter, D. (2006) The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114, 69–85.
- Meyer D, Hodges JK, Wijaya A, Roos C, Hammerschmidt K (2012) Acoustic structure of male loud-calls support molecular phylogeny of Sumatran and Javanese leaf monkeys (genus *Presbytis*). *BMC Evol Biol* 12:16
- Mitani JC, Stuht J (1998) The evolution of nonhuman primate loud calls: acoustic adaptation for long-distance transmission. *Primates* 39:171–182.
- Montilla, S. O., Cepeda-Duque, J. C., & Bustamante-Manrique, S. (2018). Distribución del Mono Nocturno Andino *Aotus lemurinus* en el departamento del Quindío, Colombia. *Mammalogy Notes*, 4, 6–10.
- Montilla, S. O., Mopán-Chilito, A. M., Murcia, L. N. S., Triana, J. D. M., Ruiz, O. M. C., Montoya-Cepeda, J., ... & Link, A. (2021). Activity patterns, diet and home range of night monkeys (*Aotus griseimembra* and *Aotus lemurinus*) in Tropical Lowland and Mountain Forests of Central Colombia. *International Journal of Primatology*, 42(1), 130-153.
- Morales-Jiménez, A. L. & S. De La Torre. (2008). *Aotus lemurinus*. En: IUCN 2008. IUCN Red List of Threatened species. Versión 2016-3.
- SOLARI, S., et al. 2013. Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozoología Neotropical* 20:301-365.
- Morton, E.S. (1975) Ecological Sources of Selection on Avian Sounds. *The American Naturalist*.
- Moynihan M (1964) Some behavior patterns of playtyrrhine monkeys. I. The night monkey (*Aotus trivirgatus*). *Smithsonian Miscellaneous Collections* 146:1-84.

- Neal OJ (2009) Responses to the audio broadcasts of predator vocalizations by eight sympatric primates in Suriname, South America. Dissertation, Kent State University, Kent.
- Nuñez Najar, A. C. (2020). Uso de hábitats de murciélagos por el método de bioacústica en los valles costeros en la región Arequipa.
- Riba, C. (1990). La comunicación animal: un enfoque zoosemiótico (Vol. 11). Anthropos Editorial.
- Ruiz, A, Rubines J, Lahoz E. 2006. “Efecto de la contaminación acústica sobre las poblaciones de vertebrados forestales en Alava” On line: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-3074/es/contenidos/informe_estudio/contaminacion_acustica_vertebr/es_doc/adjuntos/memoria.pdf.
- Rueda, L. H., & Ordóñez, E. Z. (2009). Comunicación vocal de un grupo de tití gris (*Saguinus leucopus*) en Mariquita, Colombia. *Neotropical Primates*, 16(1), 37-43.
- Searcy, W. A., & Nowicki, S. (2010). The evolution of animal communication. In *The Evolution of Animal Communication*. Princeton University Press.
- Seyfarth RM, Cheney DL (1997) Behavioral mechanisms underlying vocal communication in nonhuman primates. *Anim Learn Behav* 25:249–267
- Shanee, S., Allgas, N., & Shanee, N. (2013). Preliminary observations on the behavior and ecology of the peruvian night monkey (*aotus miconax*: primates) in a remnant cloud forest patch, north eastern peru. *Tropical Conservation Science*, 6(1), 138-148. doi:10.1177/194008291300600104
- Silva, S. S., & Ferrari, S. F. (2009). Behavior patterns of southern bearded sakis (*Chiropotes satanas*) in the fragmented landscape of eastern Brazilian Amazonia. *American Journal of Primatology: Official Journal of the American Society of Primatologists*, 71(1), 1-7.
- Snowdon CT (2009) Plasticity of communication in nonhuman primates. *Adv Study Behav* 40:239–276
- Spence-Aizenberg A, Williams LE, Fernandez-Duque E (2018) Are olfactory traits in a pair-bonded primate under sexual selection? An evaluation of sexual dimorphism in *Aotus nancymaae*. *American Journal of Physical Anthropology* 166(4):884–894 <https://doi.org/10.1002/ajpa.23487>
- Stevenson PR, Guzmán DC, Defler TR (2010) Conservation of Colombian primates: an analysis of published research. *Tropical Conservation Science* 3(1):45-62

- Stevenson, P.R., Beltrán, M.L., Quiñones, M.J, y Ahumada, J.A. (2015). Differences in home range, activity patterns and diet of red howler monkeys in a continuous forest and a forest fragment in Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 39 (153): 503-513.
- Strier KB (2000) Communication and cognition. In: Strier KB Primate behavioral ecology. Allyn and Bacon, Boston, USA, pp 272-301.
- Teixidor P, Byrne RW (1997) Can spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) discriminate vocalizations of familiar individuals and strangers? *Folia Primatol* 68:254–264
- Todt, D., Goedeke, P., & Symmes, D. (Eds.). (2012). Primate vocal communication. Springer Science & Business Media.
- Vargas Gómez, M. G. (2011). Vocalizaciones de *Aotus brumbackii* (HERSHKOVITZ, 1983) y su relación con las actividades en vida silvestre, San Martín (Meta, Colombia).
- Wedekind, C., Seebeck, T., Bettens, F., & Paepke, A. J. (1995). MHC-dependent mate preferences in humans. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 260(1359), 245-249.
- Wich, S. A., & Nunn, C. L. (2002). Do male " long-distance calls" function in mate defense? A comparative study of long-distance calls in primates. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 52(6), 474-484.
- Wolf, J.B, Brodie E.D. III, Moore, A.J. (1999). Interacting phenotypes and the evolutionary process. II. Selection resulting from social interactions. *American Naturalist* 153:254-266.
- Wright, P. C. (1978). Home Range, Activity Pattern, and Agonistic Encounters of a Group of Night Monkeys (*Aotus trivirgatus*) in Peru. *Folia Primatologica*, 29(1), 43–55.
- Zerda E. (2004). Comportamiento Animal: Introducción, métodos y prácticas. Primera edición. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia.

10. ANEXOS

Anexo 1.

Tabla de caracterización de las vocalizaciones emitidas *A. lemurinus* (promedio \pm SD), con su respectivo contexto, número de vocalizaciones analizadas y variables.

Contexto	N	Clasificación Vocalización	Entropía Promedio (bits)	Ancho de Banda 50% (Hz)	Ancho de Banda 90% (Hz)	Frecuencia Central (Hz)	Tiempo Central (s)	Frecuencia Delta (Hz)	Tiempo Delta (s)	Duración 50% (s)	Duración 90% (s)	Frecuencia 5% (Hz)
Emitida por crías del grupo cuando no estaban cerca de sus parentales. De igual manera emitida por individuos adultos para avisar que se aproximaban a los demás individuos del grupo.	115	Chillido	3.815 \pm 0.25	660 \pm 98.63	2010 \pm 409.27	8427 \pm 1917.42	1.90 \pm 0.74	2899 \pm 440.25	0.18 \pm 0.03	0.06 \pm 0.02	0.12 \pm 0.02	7608 \pm 1924.66
Emitida por los individuos cuando se realizaban movimientos estacionarios o desplazatorios.	113	Chasquido	4.94 \pm 0.27	2118.87 \pm 659.69	4151.6 \pm 1084.52	3066.33 \pm 1012.05	23.42 \pm 17.08	9623.16 \pm 1138.77	0.13 \pm 0.03	0.03 \pm 0.01	0.08 \pm 0.03	1429.8 \pm 513.63
Emitida por los individuos del grupo en eventos de movimiento, descanso con contacto, vigilante y con vista al observador. También emitida en eventos de alimentación y movimientos desplazatorios y estacionarios.	97	Acetato	3.275 \pm 0.25	459.37 \pm 159.86	1550.39 \pm 489.77	6459.96 \pm 3058.62	0.39 \pm 0.20	2370.89 \pm 628.94	0.15 \pm 0.02	0.03 \pm 0.004	0.10 \pm 0.01	5857.03 \pm 2842.38

Frecuencia 25% (Hz)	Frecuencia 75% (Hz)	Frecuencia 95% (Hz)	Frecuencia Alta (Hz)	Frecuencia Baja (Hz)	Frecuencia Máxima (Hz)	Tiempo 5% (s)	Tiempo 25% (s)	Tiempo 75% (s)	Tiempo 95% (s)
8068 \pm 1915.90	8728 \pm 1890.57	9618 \pm 1661.37	10102 \pm 1695.95	7202 \pm 1870.32	8341 \pm 1894.06	1.84 \pm 0.73	1.87 \pm 0.74	1.93 \pm 0.75	1.97 \pm 0.69
2291.13 \pm 747.22	4410 \pm 1304.96	5581.41 \pm 1515888.46	10769.51 \pm 1515.89	1146.36 \pm 477539.56	2549.53 \pm 477.54	23.31 \pm 16.99	23.35 \pm 17.02	23.56 \pm 17.17	23.84 \pm 17.32
92190.67 \pm 83103.67	178696.92 \pm 169050.07	7407.42 \pm 3205.87	7780.92 \pm 3193.56	51073.31 \pm 43026.84	121274.92 \pm 111628.14	0.35 \pm 0.20	0.37 \pm 0.20	0.40 \pm 0.20	0.45 \pm 0.20

Anexo 2.

Tabla de relación de vocalización y actividades realizadas por A. lemurinus.

Nombre / Actividad	Movimiento	Descanso	Alimentación
Chillido	N= 83	N= 19	N= 13
Chasquido	N= 74	N= 22	N= 17
Acetato	N= 19	N= 28	N= 50
