

DOI: <https://doi.org/10.62015/np.2023.v29.784>

APLICACIONES DEL MONITOREO ACÚSTICO ACTIVO Y PASIVO PARA CONSERVACIÓN DE PRIMATES NEOTROPICALES

Carlos R. Ruiz Miranda^{1,4}, Anne Savage², Francys Forero-Sánchez³

¹ Laboratório de Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. E-mail: <cruiz@uenf.br>

² Proyecto Tití Inc., Orlando, FL, USA

³ Fundación Proyecto Tití, Barranquilla, Colombia

⁴ Associação Mico Leão Dourado, Silva Jardim, Brazil

Resumen

La mayoría de los primates neotropicales son muy vocales y muchas especies utilizan llamados de larga distancia para comunicarse dentro y fuera de los grupos. El uso de métodos de campo basados en la señalización acústica combinado con técnicas de muestreo a distancia resulta prometedor para estudios poblacionales de primates Neotropicales. Sin embargo, si estos métodos se utilizan sin precaución, pueden ser ineficaces o proporcionar resultados equívocos. Abordaremos el uso de monitoreo acústico activo (*playbacks*) y pasivo para el levantamiento y monitoreo de poblaciones silvestres de primates. Discutimos la idoneidad de cada método de acuerdo con características de la especie y los objetivos del proyecto, enfoques de análisis de datos, consideraciones de los materiales y equipos, diseño de investigación y otros factores que afectan la detección de primates en el campo.

Palabras-clave: Bioacústica, tecnología de conservación, paisajes sonoros, monitoreo de vida silvestre

Abstract

Most Neotropical primates are very vocal, and many species use long-distance calls for intra- and inter-group communication. The use of field methods based on acoustic signaling holds promise for Neotropical primate population studies when combined with remote sampling techniques. However, if assumptions are not met, these methods may be ineffective or provide misleading results. We will address the use of passive and active acoustic monitoring (playback) for the survey and monitoring of primate populations. We discuss the suitability of each method in terms of the target species and project objectives, data analysis approaches, team considerations, research design, and other factors affecting primate detection in the field.

Keywords: Bioacoustics, conservation technology, soundscapes, wildlife monitoring

Introducción: Monitoreo Acústico Activo y Pasivo

Las intervenciones conservacionistas que se realizan para proteger a los primates y sus hábitats de las innúmeras actividades humanas requieren herramientas efectivas que permitan hacer inferencias sobre los impactos en las poblaciones de primates y a la vez, evaluar la efectividad de nuestros esfuerzos de conservación (Campbell et al., 2016). Considerando la importancia de la comunicación vocal en la sociabilidad de la mayoría de las especies de primates, se ha sugerido el uso de Reproducciones de Vocalizaciones Grabadas (RVGs) o “*playbacks*”, como un medio para estudiar especies elusivas en la naturaleza y para evaluar la presencia y abundancia de primates. Este método acústico de campo ha sido frecuentemente implementado en estudios con aves, mamíferos acuáticos, murciélagos (Blumstein et al., 2011; Marques et al., 2013;

Whitby et al., 2014) y se ha aplicado al estudio de poblaciones de primates silvestres (Tabla 1) (Savage et al., 2010, 2016; Salcedo et al., 2014; Kalan et al., 2015; Ruiz-Miranda et al., 2019).

Consideraremos dos clases de métodos de monitoreo acústico: 1) monitoreo acústico activo (usando *playbacks* como señuelos) combinado con muestreo a distancia para estimar la abundancia de animales y 2) monitoreo acústico pasivo para proporcionar información sobre la probabilidad de ocupación. En este artículo proporcionamos una descripción general de los dos métodos, las condiciones adecuadas de su uso y las aplicaciones a la conservación. Para obtener una revisión completa de los métodos de estimación de la abundancia de primates, consulte Campbell et al. (2016).

Monitoreo Acústico Activo

El monitoreo acústico es una ampliación de los métodos de transectos lineales o transectos de puntos, en la cual se usan reproducciones de llamados (*playbacks*) para aumentar la detección de los animales. Este método se basa en algunos supuestos clave que, si no se cumplen, pueden producir sesgos sustanciales. Los levantamientos de transectos lineales y transectos de puntos utilizados comúnmente para estimar la abundancia de poblaciones de primates normalmente violan dos de los principios primarios: la replicación y la aleatorización (Buckland et al., 2010). Se debe prestar mucha atención al usar estímulos vocales para atraer animales a un área donde se puedan contar fácilmente, para no violar los supuestos clave del muestreo a distancia (Buckland et al., 2010, 2015).

El uso de monitoreo acústico activo en técnicas de estimación de poblaciones ha sido una herramienta útil para especies que pueden ser difíciles de localizar visualmente. El conteo del número de respuestas por reproducción en una muestra aleatoria de sitios se ha utilizado como índice del tamaño de la población en varias especies de mamíferos (Ogutu y Dublin, 1998; Buckland et al., 2006; Kiffner et al., 2008), pero a menos que se conozcan las distancias de las que proceden las respuestas, esto no arroja el tamaño absoluto de la población. Estas distancias se pueden obtener para algunas especies mediante una prueba separada (estudio piloto), en la que se realizan experimentos de *playback* a una muestra de grupos a distancias conocidas.

Tabela 1: Lista de estudios publicados, por especies de Platyrrhini y métodos, que utilizaron monitoreo acústico activo (*playbacks*) para estimaciones poblacionales o de presencia. Se incluyen los estudios que realizaron pruebas anteriores (pilotos) al desarrollo de la investigación.

Especie	Método	Tipo de llamado	Piloto	Efectividad	Referencia
<i>Leontopithecus rosalia</i>	Transectos/ senderos	Llamado largo macho–hembra	Sí, se evaluó la capacidad de respuesta	No reportado	Kierulff y Rylands, 2003
<i>Leontopithecus rosalia</i>	Transectos de recuento de puntos	Llamado largo macho–hembra	Sí, estimar la función de detectabilidad	90% de probabilidad de respuesta	Ruiz–Miranda et al., 2019; Dietz et al., 2019
<i>Oedipomidas oedipus</i>	Transecto con franjas y señuelos	Llamados largos normales de un animal separado de su pareja	Sí, estimar la función de detectabilidad	100% en pruebas piloto	Savage et al., 2010, 2016
<i>Callicebus barbarabrownae</i>	Transectos de recuento de puntos	Llamado largo a dúo	No, pero investigaciones anteriores proporcionaron información	No reportado	Coelho et al., 2020
<i>Callicebus nigrifrons</i>	Transectos de recuento de puntos	Llamado largo	Sí, definir la distancia del radio cubierto	Sí, no cuantificado	Gestich et al., 2017
<i>Plecturocebus discolor</i>	Transectos de recuento de puntos	Llamado largo a dúo	No	No reportado	Dacier et al., 2011
<i>Plecturocebus discolor</i>	Transectos de recuento de puntos	Llamado largo no especificado	Sí, efectividad	Mejor que transectos	Salcedo et al., 2014
<i>Callicebus coimbrai</i>	Transectos/ senderos	Llamado largo	No	No reportado	Jerusalinsky et al., 2006
<i>Callicebus melanochir</i>	Senderos, recuento de puntos del borde del bosque	Llamado largo único, interactiva	Sí, evaluar la capacidad de respuesta	No reportado	Costa–Araújo et al., 2021
<i>Callithrix jacchus</i>	Transectos de recuento de puntos	Llamado phee	Captura–marca–recaptura	30% de respuesta	de Morais, 2005
<i>Callithrix penicillata</i>	Senderos, borde del bosque	Llamado largo único de <i>C. flaviceps</i>	Sí, en cautiverio. Evaluar la capacidad de respuesta	No reportado	Gestich et al., 2019
<i>Alouatta caraya</i>	Senderos, borde del bosque	Llamado largo único no especificado	Sí, en cautiverio. Evaluar la capacidad de respuesta	No reportado	Gestich et al., 2019
<i>Alouatta guariba</i>	Senderos	Rugido + ladridos	No	Ninguna respuesta	Ruiz–Miranda, estudio piloto no publicado
<i>Sapajus nigritus</i>	Senderos, borde del bosque	Llamado largo único, no especificado	Sí, en cautiverio. Evaluar la capacidad de respuesta	No reportado	Gestich et al., 2019

Para las especies de primates territoriales, la simulación de encuentros territoriales utilizando vocalizaciones puede permitir una mayor visibilidad. Cuando se utilizan *playbacks* en la naturaleza para simular encuentros territoriales, los congéneres se sienten atraídos por el llamado, lo que permite un mayor acceso visual a los animales. Si los animales responden al *playback* de una vocalización previamente grabada, entonces este método se puede adaptar a un enfoque de *transecto en franjas con señuelos* para estimar la abundancia. Savage y colaboradores (2010, 2016) describen cómo utilizar con éxito este método para estimar la población de tití cabeciblanco, *Oedipomidas oedipus*, en Colombia. Este método es preferible frente al método tradicional de transecto lineal, cuando la detectabilidad del animal se reduce a medida que aumenta la distancia desde la línea del transecto. El método del *transecto en franjas con señuelos* consiste en colocar franjas largas y delgadas al azar dentro del área de estudio y contar todos los animales dentro de la franja. Los observadores viajan a lo largo de dos transectos paralelos simultáneamente, reproduciendo vocalizaciones que atraen a los animales dentro de la franja entre los transectos.

Para los *playbacks*, Buckland et al. (2006) sugieren otro uso conocido como “*transecto de punto de atracción*” en el que el *playback* se reproduce en ubicaciones conocidas por los individuos y a partir de las cuales se ajusta un modelo para la función de detección mediante regresión logística; esta función representa la probabilidad de que se detecte a un individuo desde el punto en el que se reproduce el señuelo. Se supone entonces que este modelo de función de detección es válido para el diseño principal, donde se reproduce un señuelo en cada uno de varios puntos de forma sistemática dentro del área de estudio (Buckland, 2010, pág. 841). Este método se ha utilizado con éxito para estimar el tamaño de la población de *Leontopithecus rosalia* (Dietz et al., 2019; Ruiz-Miranda et al., 2019) y la densidad de población de *Callicebus nigrifrons* (Gestich et al., 2017, 2019). En ambos tipos de transecto, los primates se acostumbrarán a los *playbacks*, por lo que se debe tener cuidado de no exponer repetidamente a los animales al mismo llamado.

Para que la estimativa de abundancia usando *playbacks* con muestreo a distancia alcance la precisión necesaria deben cumplirse las siguientes condiciones: 1) no haber violado ninguno de los supuestos de muestreo a distancia; 2) la vocalización del *playback* provoca la respuesta de acercarse hacia el estímulo y no alejarse; 3) la distancia del estímulo del *playback* al animal receptor también debe validarse para garantizar precisión. Se debe establecer la distancia *a priori*, y corresponde a la medida que hay entre el lugar donde se reproduce el *playback* y el punto en el que se genera la respuesta del animal moviéndose hacia el estímulo. Para alcanzar esas condiciones las vocalizaciones utilizadas como parte del *playback* deben ser: 1) nuevas para los receptores, 2) probadas *a priori*

para garantizar que los animales respondan de la manera deseada, y 3) no reproducirse de manera continua al mismo grupo de animales o se habituarán a este llamado y, en consecuencia, dejarán de responder. Considerando ese último punto, es importante evitar incluir los grupos usados en el estudio piloto en el estudio definitivo, pues estos pueden no responder por causa de habituación al *playback*.

Monitoreo Acústico Pasivo

El Monitoreo Acústico Pasivo (PAM – por sus siglas en inglés) es un método no invasivo para monitorear animales silvestres utilizando tecnologías acústicas remotas como matrices de micrófonos u otras Unidades de Grabación Autónomas (ARU – por sus siglas en inglés) para determinar la probabilidad de ocupación (Blumstein et al., 2011). La probabilidad de ocupación es la probabilidad de que una especie esté presente en un lugar específico y es la unidad de información más básica y, a menudo, la más útil para el estudio y monitoreo de poblaciones de especies silvestres amenazadas. Requiere menos suposiciones que estimar la abundancia de animales cuando se usan señales indirectas (vocalizaciones) y aborda el desafío central de PAM al no detectar una especie cuando realmente está presente en el área de estudio (Mackenzie, 2012). Aun así, la estimativa de ocupación usando PAM es posible si las vocalizaciones son: 1) fácilmente identificables, usando funciones de detección automatizadas para grandes conjuntos de datos; o si los observadores humanos pueden trabajar con conjuntos de datos más pequeños, 2) ocurren con frecuencia y no dependen del contexto social. Si las vocalizaciones dependen de un contexto social específico (por ejemplo, defensa territorial o llamadas de alarma), si ese contexto social no es frecuente, puede subestimar la presencia de animales en su área de estudio.

A menos que los animales puedan identificarse individualmente usando sus vocalizaciones (por ejemplo, silbidos característicos) y una metodología de marcado-recaptura validada para la especie, no se puede usar el monitoreo acústico pasivo para estimar la abundancia de animales. Lima (2012) examinó si los llamados largos individuales podrían clasificarse correctamente a nivel individual trabajando con individuos de mico león dorado. Los resultados indicaron que el porcentaje de llamados largos asignados al individuo correcto varió de 30 a 45%, sin embargo, la clasificación según el sexo del emisor fue mucho mayor (Lima, 2012). Dado este bajo nivel de precisión, no se recomendó este método ya que, probablemente, no producirá estimaciones de abundancia precisas. Hasta la fecha, no hay ningún estudio que haya utilizado este método con éxito para inferir el tamaño de la población de primates.

PAM es útil para monitorear la presencia de taxones a gran escala geográfica, o especies que son raras o elusivas.

Pero antes de usar PAM, es de suma importancia comprender las limitaciones de este método. Los métodos automatizados para obtener vocalizaciones de grabaciones de audio continuas han demostrado inconvenientes, por eso muchos estudios de monitoreo acústico aún utilizan investigadores expertos para detectar esos llamados de interés. Esto se debe a la alta variabilidad de la relación señal/ruido en la captura de sonidos en las ARU debido a la distancia del animal fuente al dispositivo y la variación en los niveles de ruido de fondo en el entorno. Además, determinar qué vocalizaciones detectar mediante la automatización informática puede ser todo un desafío. Los llamados deben detectarse fácilmente (largos y fuertes) y distinguirse de otros ruidos en el entorno (frecuencias específicas).

Para los primates que tienen repertorios vocales complejos y comparten el medio ambiente con muchas otras especies, puede ser muy difícil usar PAM para detectar vocalizaciones específicas. Estudios con aulladores (*Alouatta*) y varios primates catarrinos sugieren que la elección de llamados fácilmente identificables y de larga duración presenta mayor probabilidad de detección (Kalan et al., 2015; Perez-Granados y Schuchmann, 2021). Cuando el estudio se basa en vocalizaciones fuertes y conspicuas, como rugidos del mono aullador (*Alouatta caraya*) en Brasil (Tabla 1), un software de reconocimiento automático de llamados obtuvo una precisión del 89% en la detección de los rugidos (Perez-Granados y Schuchmann, 2021). Usando esta técnica, no solo detectaron la presencia de animales, sino que encontraron un patrón unimodal de actividad rugiente con alta actividad vocal alrededor del amanecer. Un segundo desafío es que los llamados fácilmente identificables, como los “llamados largos”, se pueden realizar en contextos sociales específicos. Si este no es un contexto común, entonces este método subestimaré la presencia de la especie en el área. Otro desafío es contabilizar individuos usando las respuestas vocales cuando hay sobreposición de llamadas. Por ejemplo, los coros aulladores hacen que sea muy difícil contar el número de individuos, ya que todos se superponen. Puedes tener 10 vocalizaciones, pero tal vez solo haya cuatro animales produciéndolas. Un cuarto desafío es que el ruido de fondo ambiental puede enmascarar o distorsionar la detección de vocalizaciones, lo que nuevamente influye en cómo se puede utilizar este método para estimar la presencia de primates en el área.

Dentro de los principales beneficios de PAM se destaca poder recopilar datos de manera no invasiva y rentable, que luego se puede analizar objetiva y repetidamente (Blumstein et al., 2011). Históricamente, el monitoreo pasivo de especies en un ambiente usaba cámaras trampa para evaluar la presencia de animales y, en algunos casos, cuando los individuos podían ser identificados (marca-recaptura) para estimar la abundancia de animales. Una comparación de las tasas y áreas de detección de *Maca fuscata* obtenidas vía PAM y cámaras trampa (Enari

et al., 2019) indica que PAM tuvo un área de detección más grande que las cámaras trampa tradicionales y que PAM podría proporcionar datos socio-conductuales (frecuencia y tipos de comunicaciones vocales interindividuales) que pueden ayudar a comprender la dinámica poblacional de la especie.

Cuando se combina PAM con un software de reconocimiento automatizado de señales, se logra el monitoreo de especies a grandes escalas espaciales y temporales para determinar la ocupación. Sin embargo, dado que los animales individuales o las tasas de llamados individuales no se pueden identificar fácilmente para la mayoría de las especies de primates, este método no puede usarse para estimar la abundancia de animales y solo debe usarse para determinar la presencia de una especie en un área. Este método puede subestimar la ocupación, ya que muchas especies de primates se mueven silenciosamente por el medio ambiente y solo vocalizan en condiciones específicas.

Dada la cantidad significativa de datos vocales que se recopilan mediante PAM, es poco probable que el procesamiento posterior se pueda realizar de manera eficaz sin un sistema automatizado de reconocimiento de señales. Entrenar al sistema para identificar vocalizaciones específicas puede ser un desafío si la estructura del llamado es compleja, en ese caso se requiere la validación manual por parte de un investigador experto, a fin de proporcionar información confiable. Estudios de PAM para primates (Heinicke et al., 2015; Kalan et al., 2015; Enari et al., 2019) muestran que la eficacia del uso de algoritmos automatizados de detección solo es superior a transectos visuales o cámaras trampa, cuando es hecho en conjunto a detección manual.

Monitoreo Acústico: ¿Es Para Tu Estudio?

Además de los supuestos estadísticos que deben cumplirse, es esencial que los investigadores examinen si los métodos de levantamiento acústico son factibles (Tabla 2, Figuras 1 y 2). La primera consideración es si los métodos de estudio acústico son adecuados para la especie objetivo. No todas las especies son igualmente susceptibles de monitoreo acústico. Los primates que son muy vocales en una variedad de condiciones y tienen vocalizaciones distintas (largas y fuertes) son los más adecuados para el monitoreo acústico. A menos que tenga una comprensión completa del repertorio vocal de la especie y cómo las especies responden a las vocalizaciones hechas por sus congéneres, es posible que esté introduciendo sesgos en sus resultados.

La premisa básica de usar reproducciones con primates es que el individuo/grupo responderá al *playback* vocalizando y/o acercándose al estímulo (Figura 1). Si no se prueba esta suposición *a priori*, no se obtendrán resultados confiables. Con muchas especies de primates, la

Tabla 2. Factores que afectan la rentabilidad de los métodos de monitoreo acústico activo y pasivo.

Factores clave	Monitoreo activo	Monitoreo pasivo
Estimación de la abundancia animal	Sí, cuando se usa con métodos de muestreo de distancia apropiados	Sólo si los individuos pueden ser identificados usando una metodología de marca-recaptura
Determinación de la ocupación	Sí	Sí
Investigación de comportamientos específicos mediante vocalizaciones	No	Sí, si se comprenden bien el contexto conductual y las vocalizaciones
Respuesta conductual	Respuesta conductual esperada a la reproducción de una vocalización (moviéndose hacia el estímulo)	Ninguno
Vocalizaciones	Debe probarse <i>a priori</i> para confirmar que el animal se moverá al estímulo	Las vocalizaciones deben detectarse fácilmente mediante métodos de detección automatizados. Por lo general, los llamados largos y fuertes se detectan más fácilmente, pero la frecuencia de las vocalizaciones puede verse afectada por el contexto social
Recopilación de datos	Requerirá más intensidad que un transecto tradicional o un levantamiento puntual y requerirá que se modele la detectabilidad, utilizando métodos de muestreo a distancia	Requiere que cree una función de detección para estimar la probabilidad de observar cuando un animal está presente usando una vocalización específica
Esfuerzo	Más esfuerzo que el levantamiento de transectos tradicional	Requiere esfuerzos importantes para obtener grabaciones de campo y validación del software de detección de señales

introducción del llamado de individuos extraños puede provocar el efecto contrario y los animales pueden huir o permanecer en silencio. Este efecto se ha demostrado en calitrícidos que tienen diferentes llamados largos que se utilizan en diversos contextos, en *Callicebus moloch* y en *Alouatta palliata* (Robinson, 1979a, 1979b; de Morais Jr., 2005; Salcedo et al., 2014).

En un estudio de una población de *Leontopithecus rosalia* y *Callithrix jacchus* (de Morais Jr., 2005) se encontró que los *L. rosalia* respondían a llamados largos de su especie el 90% del tiempo, acercándose al estímulo y vocalizando; mientras que los *C. jacchus* respondían a los propios llamados solo el 30% del tiempo, con un acercamiento silencioso. Esta diferencia sugiere que el llamado largo utilizado para los títes comunes no generó la respuesta conductual adecuada, necesaria para ser utilizada como señuelo. Dada la diversidad de llamados largos de calitrícidos que se dan en diferentes contextos, es esencial que el investigador pruebe la efectividad del *playback* como señuelo antes de la implementación. Sin embargo, al probar las vocalizaciones para usarlas como señuelo

o durante un experimento, se debe tener cuidado de no hacer llamados repetidos a los animales, ya que probablemente se habituarán a la vocalización.

Gestich y colaboradores (2019) examinaron cómo se podrían usar las vocalizaciones para determinar la ocupación y densidad de especies neotropicales que viven en varios paisajes forestales. Reprodujeron vocalizaciones de llamados largos de varias especies, para determinar cómo se dividían los primates entre varios paisajes. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que sin conocer la tasa de respuesta de las especies al *playback a priori*, es probable que se haya introducido un sesgo. Esto ilustra la importancia y la dificultad de diseñar un método de reproducción que funcione con varias especies diferentes, que pueden responder de manera distinta a las vocalizaciones.

Una segunda consideración importante es que, si solo está usando vocalizaciones como una medida de la presencia de especies (no combinadas con la observación visual), debe poder identificar el llamado que está usando para detectar la presencia de su especie en un área

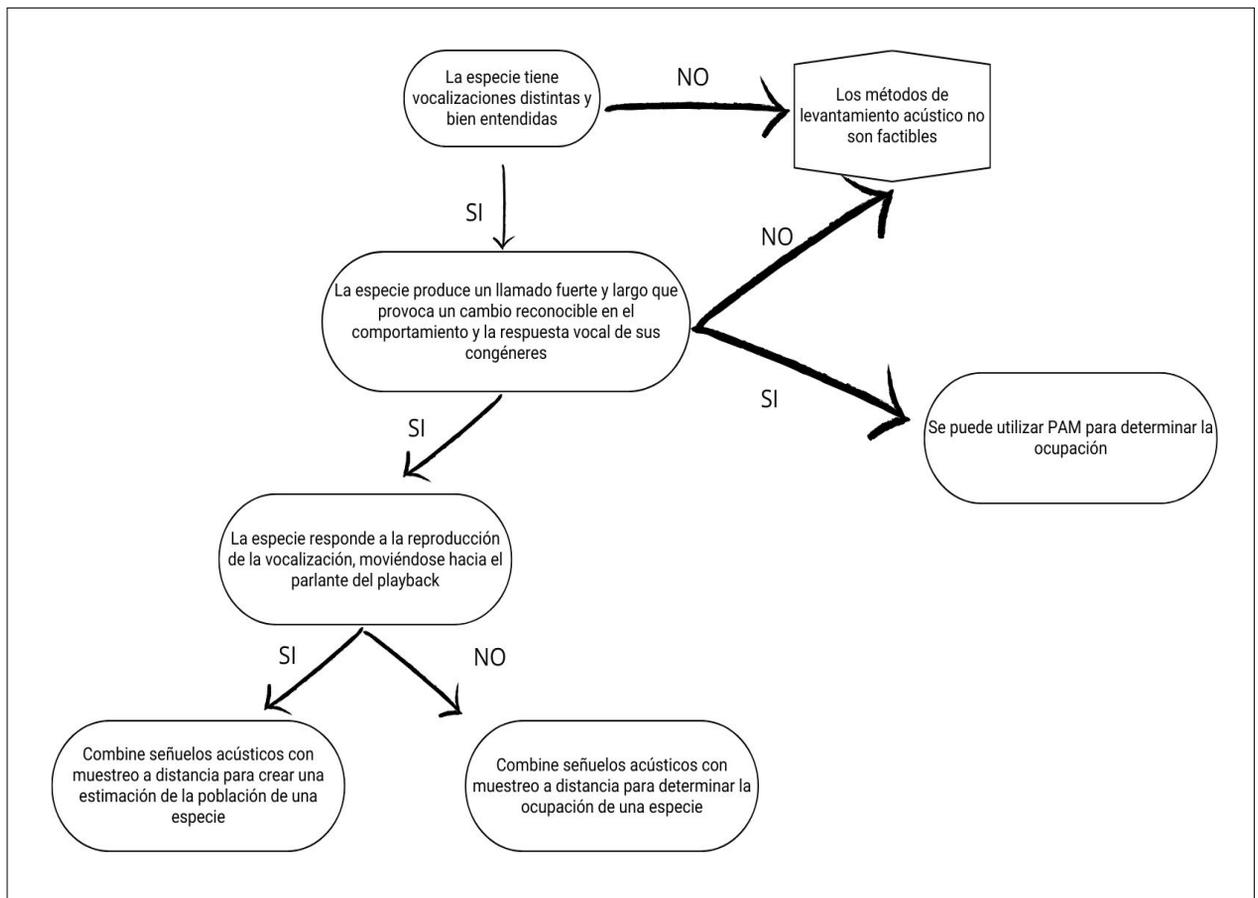


Figura 1. Requisitos para el uso de monitoreo acústico ¿ha cumplido con los requisitos de uso?

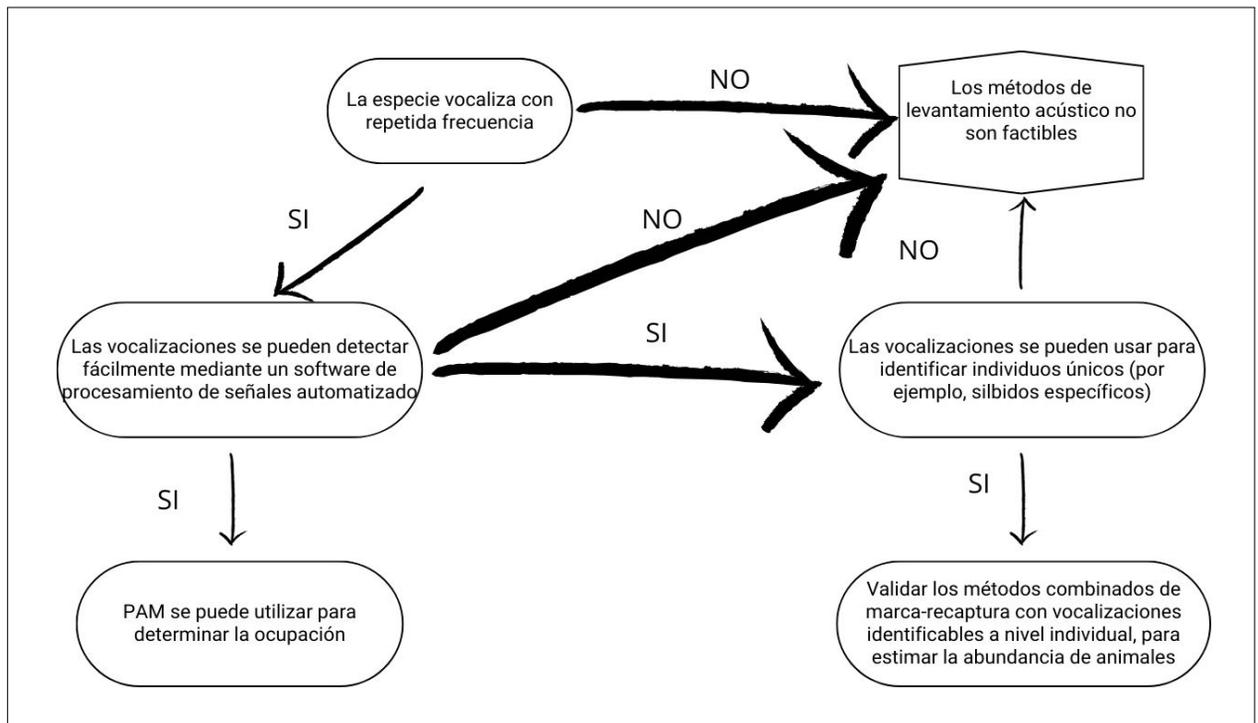


Figura 2. Requisitos para el uso de monitoreo acústico pasivo ¿ha cumplido con los requisitos de uso?

definida. Dado que las especies varían en su uso y tasa de vocalizaciones, se debe tener mucho cuidado al utilizar técnicas de monitoreo acústico con animales cuyos llamados fuertes y/o largos pueden no ser frecuentes o mostrar un fuerte patrón circadiano en algunas poblaciones (e.g., *Alouatta*: de Cunha et al., 2015; do Nascimento et al., 2021). Además, se debe prestar atención a la detección automatizada de llamados para especies que viven en grupos o ambientes grandes y ruidosos (*Sapajus*, *Saimiri*), o que solo emiten vocalizaciones que son de corta duración, que se pueden superponer con otros sonidos; o tienen una estructura acústica similar a otras especies. Las vocalizaciones de animales no primates pueden dificultar la identificación automatizada.

Una última consideración es si el monitoreo acústico podría mejorar la comprensión del comportamiento de las especies y el uso de vocalizaciones. Las vocalizaciones

que están asociadas con comportamientos específicos (coro al amanecer, encuentros territoriales) son fácilmente detectables por un sistema de reconocimiento de señales automatizado, por lo que permitirían el monitoreo acústico pasivo (Heinicke et al., 2015; Kalan et al., 2015). Se han utilizado grabadoras automáticas para evaluar la frecuencia y el momento en que los *Alouatta* emiten rugidos en el Pantanal brasileño (Pérez-Granados y Schuchmann, 2021). Este método podría usarse para comparar fragmentos de bosque de diversos grados de idoneidad para obtener densidades de primates. Costa-Araújo y colaboradores (2021) investigaron el efecto de la estructura del parche y el paisaje en la presencia de *Callicebus melanochir*, utilizando llamados largos reproducidos aleatoriamente a lo largo de senderos dentro de fragmentos de bosque.

Si las vocalizaciones se registran e identifican fácilmente, entonces se podría usar una serie de grabadores



Figura 3. Factores que afectan las respuestas de los primates al playback. Es fundamental que el equipo que utilice no distorsione el sonido del playback y sea adecuado para las condiciones del campo (temperatura, precipitación, humedad). La hora del día puede afectar la respuesta de los animales. Tenga en cuenta que el ruido de fondo adicional (lluvia, viento, etc.) también puede distorsionar el playback. La distancia de los animales al parlante que emite el playback también puede afectar sus resultados. La temporada puede afectar la respuesta a la reproducción. La elección de la vocalización debe prestar atención a cómo responde su especie a las vocalizaciones que pueden diferir en 1) Sexo: ¿Hay alguna diferencia en cómo los animales responden a las vocalizaciones de machos y hembras? 2) Edad: ¿Hay alguna diferencia en las respuestas a las vocalizaciones de las crías y adultos? 3) Contexto social: ¿Qué contexto social está tratando de replicar usando vocalizaciones: Un animal solitario entrando en un grupo, un animal solitario separado del grupo, ¿un encuentro territorial entre grupos? 3) Familiaridad: ¿Hay alguna diferencia entre la respuesta cuando las vocalizaciones provienen de animales familiares a cuando las vocalizaciones provienen de animales desconocidos?

distribuidos espacialmente para monitorear la ocurrencia de encuentros entre grupos, en relación con las características del hábitat (recursos específicos, tipo de vegetación, áreas centrales versus periferia del área de distribución) o densidad de población. Esto complementaría los datos obtenidos por los observadores sobre el terreno.

Consideraciones Metodológicas para el Monitoreo Acústico Activo

Una serie de factores pueden influenciar significativamente la respuesta de los primates a *playbacks* (Figura 3), a seguir los principales.

1. Equipos

Fischer et al. (2013) proporcionan excelentes pautas sobre las mejores técnicas de campo para obtener grabaciones de sonido y recomendaciones sobre equipos de campo. Nuestras principales recomendaciones son: usar micrófonos direccionales profesionales y grabadoras digitales que proporcionan 16 bits de profundidad de almacenamiento, formato de archivo PCM-WAV de calidad digital; evitar MP3 y frecuencias de muestreo de 44.1 KHz.

2. Señuelos Vocales: Creación y Uso

Cuando se utilizan señuelos vocales para acercarse a especies de primates esquivos al estímulo de reproducción, se debe tener cuidado en a) seleccionar la vocalización utilizada como señuelo; b) grabar vocalizaciones para utilizarlas como señuelos; c) reproducir el *playback* a niveles de decibelios que se encuentran dentro del rango normal de decibelios de las vocalizaciones producidas naturalmente por la especie; y d) evitar posibles variables que puedan afectar la propagación del sonido y la respuesta adecuada.

a. Seleccionar la vocalización que se utilizará como señuelo

Es necesario tener una comprensión clara del repertorio vocal de la especie y las respuestas de comportamiento frente a los diferentes llamados, antes de decidir qué vocalización usar como señuelo. El investigador debe seleccionar una vocalización que atraiga a un animal esquivo y dirija su movimiento hacia el estímulo de reproducción y que cause una respuesta similar en todos los animales del grupo.

Algunos individuos o sexos pueden responder más que otros a los llamados específicos (Delgado, 2006). Por ejemplo, los animales que son muy territoriales a menudo pueden responder a la vocalización de "intrusos" o de animales nuevos. Este concepto se ha ilustrado claramente en varias especies de primates donde se utilizaron *playbacks* para simular encuentros territoriales o ilustrar comportamientos específicos (McConnell y Snowdon, 1986; Kirchoff y Hammerschmidt, 2006; Caselli et al.,

2018a, 2018b). En estos escenarios, se utiliza una vocalización (llamados largos) de un animal no emparentado, ya que se sabe que los animales distinguen entre congéneres familiares y desconocidos (McConnell y Snowdon, 1986; French et al., 1995). Al simular encuentros territoriales vocales, puede crear tres situaciones posibles: el desafío del vecino conocido, el desafío del extraño solitario, el desafío de la pareja o grupo de extraños. Se debería elegir la opción que provocaría la respuesta más fuerte en la mayoría de los integrantes del grupo.

Existen otras condiciones o situaciones que también influyen en la respuesta al *playback* y que pueden no estar bajo el control o conocimiento del investigador. El tamaño de la zona de distribución y la ubicación dentro de esa zona de distribución, pueden afectar la respuesta de los animales. El desafío de un intruso se puede percibir de manera diferente si está en la periferia, o hacia el centro del área de distribución, o cerca de un recurso clave. Estos son aspectos de la variación de la respuesta que podrían mitigarse realizando suficientes réplicas de los transectos o puntos de levantamiento. Una excepción puede ser la densidad poblacional. Para algunas especies, la respuesta al desafío de un intruso puede diferir en densidades bajas y altas, como se muestra en los estudios de *Plecturocebus* (Robinson, 1982; Robinson et al., 1987).

Seleccionar las vocalizaciones apropiadas implica asegurarse de que las vocalizaciones provoquen el comportamiento deseado de todos o la mayoría de los miembros del grupo. El llamado utilizado debe ser uno que pueda viajar cierta distancia con la menor degradación posible. Si bien los llamados largos se han utilizado típicamente en la mayoría de los estudios de reproducción en calitricidos, también existe la oportunidad de investigar el uso de llamados de angustia (como la vocalización que se genera con la separación de crías), como posibles señuelos. Tenga en cuenta que a la fecha en calitricidos no se han probado empíricamente los llamados de auxilio (separación de crías) como señuelos efectivos.

Una vez que se han seleccionado las vocalizaciones, es importante realizar pruebas de campo en un número conocido de individuos, para evaluar si todos los animales del grupo responden a la vocalización como se esperaba. Con base en los resultados de estos ensayos, se pueden construir modelos estadísticos para tener en cuenta las tasas de respuesta.

Para *Oedipomidas oedipus*, Savage y colaboradores (2010, 2016) utilizaron llamados largos (llamados largos normales y llamados largos combinados) grabados de un solo animal adulto cautivo que se separó de su grupo. *O. oedipus* suelen realizar llamados largos normales y llamados largos combinados (Cleveland y Snowdon, 1982) cuando se separan de su grupo. Cuando se reproducía este llamado a *O. oedipus* en vida libre, se provocaba una respuesta territorial dramática como lo demuestra

el comportamiento de los animales, ya que la mayoría de los integrantes se movían hacia el estímulo de reproducción, respondiendo con vocalizaciones y con piloerección. Sin embargo, en estudios piloto que probaron la eficacia de este estímulo (A. Savage, observación personal), se encontró que los tíes cabeciblancos se habituaron rápidamente a las reproducciones (después de dos ensayos). Esto sugiere que si no se observa la respuesta adecuada (la presencia de un animal entrometido en un territorio establecido), *O. oedipus* se habituarán a las reproducciones vocales de invasión territorial simulada por un intruso.

En el caso de *Leontopithecus rosalia*, un conjunto de dos llamados largos (llamados largos de dos frases de machos y hembras adultos) se reprodujo cuatro veces por ubicación del *playback*, creando así un encuentro vocal entre un par de extraños y un grupo social en un territorio establecido, lo que demuestra la importancia de utilizar llamados desconocidos en estudios donde se implementa la técnica de *playback*.

b. Grabación de vocalizaciones para utilizarlas como señuelos

Obtener vocalizaciones para usarlas como señuelos puede ser un desafío si no hay un repertorio vocal previamente grabado. Como se mencionó anteriormente, es importante seleccionar vocalizaciones de animales ajenos a los animales que se estarán estudiando. Además, la vocalización seleccionada se debe grabar a determinada distancia del animal, minimizando así la degradación del sonido. Usar un *playback* con un llamado degradado puede no ser tan efectivo como usar un llamado no degradado. En medida de lo posible, se recomienda utilizar grabaciones de animales en cautiverio donde se pueda filtrar cualquier ruido innecesario.

c. Reproducción de retransmisiones

Una vez se ha seleccionado una vocalización como señuelo, se debe reproducir al nivel de decibelios en el que se registró ya que aumentar el nivel de decibelios podría distorsionar el sonido o el significado de la vocalización. Es importante que la amplitud de los llamados que se utilizan en el *playback* esté normalizada a niveles de presión sonora (SPL por sus siglas en inglés) equivalentes a los grabados. Los sonidos extremadamente fuertes de las vocalizaciones normales de los primates podrían confundir o apartar a los animales lejos del estímulo, en lugar de moverlos hacia el estímulo. Es importante que el llamado se reproduzca a una distancia y un nivel de decibelios similares a los que se grabó. La razón de estas consideraciones es evitar insertar una disparidad entre la degradación de la estructura acústica (atenuación diferencial de los componentes dentro del llamado), la amplitud reproducida y la degradación adicional del sonido que se producirá durante la reproducción. Por ejemplo, la segunda frase del llamado largo de *Leontopithecus rosalia*, se atenúa más rápido que la primera porque está compuesta por sílabas más tonales de frecuencia más alta

(Sabatini y Ruiz Miranda, 2008; Sabatini et al., 2011). Por esas razones trate de obtener llamados que fueron grabados cerca del animal, sin distorsiones u otros ruidos (incluidos otros llamados) dentro de su rango de frecuencia. Es posible utilizar una grabación de campo que presente una calidad menor que la recomendada, para ser usada como base y, posteriormente, lograr producir un *playback* adecuado; esto a través de la manipulación y síntesis digital, utilizando software avanzado. Sin embargo, esto requiere un amplio conocimiento de bioacústica.

Es importante tener en cuenta que la distancia entre el *playback* y los animales receptores afectará la respuesta. Los llamados largos se degradarán y atenuarán con la distancia, disminuyendo así la respuesta de los animales frente a los llamados atenuados, esto en comparación con la respuesta que se obtiene a un llamado no degradado. Se ha sugerido reproducir el llamado a la amplitud más alta que permita el equipo, sin distorsionar el sonido. Sin embargo, se debe tener cuidado de no crear un llamado extremadamente fuerte que aleje y no atraiga los animales al *playback*.

También se recomienda que el investigador mida la distancia de respuesta, es decir el recorrido entre el *playback* y la respuesta de los animales. Ruiz-Miranda et al. (2019) evaluaron que la distancia era de 100 metros para *Leontopithecus rosalia*. Savage et al. (2010) y Sabatini et al. (2011) realizaron pruebas y encontraron que *Oedipomidas oedipus* responden al *playback* de llamados largos dentro de un radio de 150–200 metros. Así mismo, Gestich y colaboradores (2017) llevaron a cabo un estudio piloto para evaluar el radio cubierto por las reproducciones en una encuesta de conteo de puntos de *Callicebus nigrifrons*.

Es fundamental invertir en altavoces con calidad de transmisión que no distorsionen el sonido. La fidelidad del sonido, la similitud entre el sonido original y el sonido que se reproduce a través del altavoz es una variable importante que afectará la respuesta de los animales. Si bien hay muchos parlantes portátiles pequeños disponibles para uso personal, es importante determinar si el parlante puede reproducir todas las frecuencias audibles, al mismo volumen al que fueron grabadas. Debe especificar la tolerancia de amplitud y el rango de respuesta de frecuencia para asegurarse de que su reproducción esté dentro del rango deseado para sus vocalizaciones deseadas.

Hay varios parlantes que se venden para reproducir los cantos de los pájaros, pero estos pueden no ser apropiados para muchas especies de primates por dos razones. Primero, el rango de frecuencia de esos altavoces se detiene en 12 KHz, pero pierde fidelidad después de 10 KHz. Los calitricidos tienen componentes de sus llamados por encima de estas frecuencias (Cleveland y Snowdon, 1982; Snowdon, 1989). La reproducción de un llamado cuyo

rango de frecuencia supera el del parlante, provocará una gran distorsión. Para especies con llamados de alta frecuencia se debe buscar parlantes con *tweeters* grandes (el componente del parlante que reproduce los sonidos de frecuencia más alta). Los primates son especies más grandes que la mayoría de las aves y, como resultado producen llamados de larga distancia en amplitudes mucho más altas. *Alouatta*, por ejemplo, requerirían un altavoz que pueda emitir un llamado sin distorsión a más de 100 decibeles. Vale la pena investigar todos estos aspectos y observar una variedad de opciones de parlantes.

Además de elegir el parlante adecuado para la producción de sonido, la durabilidad y la portabilidad también son importantes para las condiciones del campo. Un factor limitante en la elección de un parlante para su uso en condiciones de campo es si este dispositivo funciona con pilas. La duración de las baterías determinará cuánto tiempo puede estar en el campo antes de recargar o cambiar las baterías, y esto afectará los costos. Si bien hay muchas opciones, la marca BOSE es altamente recomendada por su alta integridad de sonido y destreza.

Un aspecto final del equipo es la correspondencia entre el altavoz y el equipo de reproducción (es decir, iPod, teléfono, grabadora, reproductor de CD). La resistencia de la toma de salida del reproductor debe ser compatible con la resistencia de la toma de entrada del parlante (expresada en ohmios). De lo contrario, puede producirse una distorsión del sonido a niveles de volumen más altos del reproductor. El tipo de enchufe también es algo a considerar. Los mini conectores habituales son más frágiles que los enchufes de ¼ de pulgada. Además, obtenga cables de buena calidad y cables adicionales, porque la unión con el conector se desgastará en campo. Una opción sería usar parlantes compatibles con Bluetooth para evitar una posible distorsión del sonido, pero nuestra experiencia con este sistema en áreas remotas y montañosas es que puede haber problemas de conectividad.

Si tiene la oportunidad de probar su grabación con diferentes marcas y tipos de parlantes y dispositivos de reproducción antes de comprometerse con el equipo final, hágalo. Es esencial invertir tiempo en seleccionar los mejores parlantes y dispositivos de reproducción para optimizar su efectividad y eficiencia mientras está en el campo (ver Ruiz-Miranda et al., 2019).

d. Considerar las posibles variables que puedan afectar la propagación del sonido y la respuesta adecuada

Se debe tener cuidado para asegurar que la propagación del sonido no se distorsione debido a la estructura variable de la vegetación en hábitats fragmentados o degradados u otros factores tales como la topografía. Además, los estudios deben realizarse en la misma época del año, donde las condiciones ambientales no cambien y durante las horas del día en las que se registren más picos de actividad.

Finalmente, dado que la hora del día, la temporada y el clima pueden influir en las respuestas vocales y el comportamiento frente al *playback*, se recomienda llevar a cabo esta metodología durante las horas de mayor actividad para la especie; evitar las primeras horas de la mañana (después de despertarse y aún en el lugar seleccionado para dormir), o acercándose al final del día cuando los animales estarían buscando su dormitorio. Si el estudio se extiende a lo largo de una temporada diferente, tenga en cuenta que la fluctuación de los recursos probablemente influirá en la motivación para defender los recursos y, en consecuencia, afectará la respuesta a los llamados de individuos desconocidos. De manera similar, las respuestas durante y fuera de la temporada de apareamiento también pueden ser diferentes debido a las diferentes motivaciones para defender el acceso a las parejas.

Factores que afectan el uso de monitoreo pasivo para determinar la ocupación

Las cámaras trampa han sido una opción más viable para detectar la presencia de primates en comparación con el monitoreo acústico pasivo debido a desafíos como: 1) encontrar vocalizaciones que se emitan con la frecuencia suficiente para ayudar en la detección de especies, 2) encontrar vocalizaciones que se pueden identificar fácilmente usando un software automatizado de detección de señales, y 3) encontrar vocalizaciones que se puedan distinguir fácilmente entre el ruido de fondo de un entorno natural. La eficacia del monitoreo pasivo probablemente se verá afectada por el repertorio vocal de la especie, factores ambientales y de equipamiento (Figura 4). El régimen de muestreo debe considerar las limitaciones del equipo de grabación de audio (duración de la batería y capacidades de almacenamiento de datos) que pueden afectar la cantidad de datos que se pueden recopilar.

1. Consideraciones sobre el equipo:

– Las grabadoras de audio deben estar protegidas contra la intemperie más allá de la configuración de fábrica.

– La duración de la batería y la capacidad de la memoria se ven afectadas por el programa de grabación. El equipo grabará en función de un nivel de umbral de amplitud de sonido y en un horario diario establecido. Estos entornos variarán entre los estudios y deben formar parte de la fase piloto.

– El ruido ambiental es un factor que debe tenerse en cuenta. Si el entorno es ruidoso (sonidos biológicos y no biológicos), la grabadora estará activa con más frecuencia a menos que se utilice un filtro o un umbral de nivel de sonido alto. Los coros de anuros o pájaros tienden a saturar la grabadora con sus fuertes amplitudes.

– La altura desde el suelo es un factor para considerar al seleccionar la ubicación de la grabadora. En los bosques tropicales, el paisaje sonoro varía con la altura desde el



Figura 4. Factores que pueden afectar potencialmente la calidad (relación señal–ruido) de las grabaciones durante la monitorización acústica pasiva. La frecuencia de vocalización se refiere a la tasa de emisión. La calidad del micrófono se compone de características como resistencia a la intemperie, direccionalidad, respuesta de frecuencia. La durabilidad del equipo se refiere a soportar la lluvia, el calor, la humedad y otros factores de campo. El tiempo de campo se refiere a la vida útil de la batería y la capacidad de la memoria. Hora del día en que la especie objetivo vocaliza y cambios circadianos en el ruido de fondo. Las condiciones climáticas son lluvia, humedad, calor. La ubicación de los estratos forestales es la altura sobre el suelo donde se despliega el equipo.

suelo al igual que la propagación del sonido (por ejemplo, la distancia que recorrerá un llamado largo). Para *Leontopithecus rosalia*, encontramos que la grabación era mejor si el micrófono estaba entre 5–7 metros del suelo (Ruiz–Miranda, observación personal).

Conclusiones y Recomendaciones

El monitoreo acústico de primates puede ser un método poderoso cuando se combina con muestreo a distancia para estimar la abundancia de animales o para determinar si los primates se encuentran en un área o fragmento de bosque en particular. Es un área relativamente nueva en el campo de la primatología y alentamos a los investigadores a compartir y publicar sus métodos. Además, recomendamos que los investigadores se familiaricen con los principios del muestreo a distancia (Buckland et al., 2015) y consulten a un estadístico antes de implementar cualquier investigación para asegurarse de que los datos recopilados no hayan violado supuestos estadísticos importantes.

Recomendamos el Centro de Investigación en Modelado Ecológico y Ambiental (CREEM) (<https://www.creem.st-andrews.ac.uk/consultancy/distance-sampling-methods/>). Son expertos líderes en la materia y cuentan con numerosos programas de formación que les serán de utilidad para aplicar estas técnicas de forma adecuada. Es de vital importancia que los datos que recopilamos en los

estudios de población de primates reflejen con precisión el estado actual de las cosas y evalúen nuestras intervenciones de conservación destinadas a conservar primates. Ofrecemos las siguientes recomendaciones:

1. Comprenda profundamente el comportamiento y el repertorio vocal de las especies que está estudiando.
2. Consulte con un experto en muestreo a distancia para asegurarse de que está diseñando un estudio que le proporcionará resultados precisos. Tómese el tiempo para comprender la importancia de cómo la violación de los supuestos de replicación y aleatorización puede afectar los resultados de su estudio, ya que este es el error más común que cometen los investigadores.
3. El monitoreo acústico requiere pruebas piloto para asegurar si puede detectar la presencia de su animal objetivo en el área de estudio determinada, que ha seleccionado vocalizaciones que provocan la respuesta deseada o pueden representar con precisión cuando un animal está presente en un área. El estudio piloto también se utiliza para calcular variables importantes que influirán en el diseño muestral del estudio tales como la curva de detectabilidad en relación con la distancia entre el emisor y los animales o el tamaño del bosque. También es deseable que los animales se habitúen a los observadores para evaluar quiénes y cuántos responden a la reproducción, qué comportamientos se exhiben y durante cuánto tiempo.

Finalmente, es aconsejable probar el equipo en campo para asegurarse de que funciona de la manera en que fue diseñado. Si está utilizando PAM, es esencial que realice una prueba piloto de la precisión de su software automático de detección de señales.

4. Invierta en equipos de grabación y altavoces de reproducción que no distorsionen el sonido de las vocalizaciones de los primates. Al grabar vocalizaciones específicas como identificaciones de individuos en un área (PAM), el sonido puede distorsionarse y luego agregará desafíos adicionales para identificar con precisión las vocalizaciones que significan que su especie está presente. Tener altavoces de alta calidad que no distorsionen el sonido de la reproducción de audio de la vocalización será fundamental para garantizar que los animales respondan correctamente.

5. Invertir en la capacitación del personal para que quienes recopilan datos comprendan los supuestos del monitoreo acústico y/o el muestreo a distancia y no introduzcan inadvertidamente sesgos en los datos recopilados.

Bibliografía

- Blumstein, D. T. et al. 2011. Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: Applications, technological considerations and prospectus. *J. Appl. Ecol.* 48: 758–767.
- Buckland, S. T., Plumptre, A. J., Thomas, L. y Rexstad, E. A. 2010. Design and analysis of line transect surveys for primates. *Int. J. Primatol.* 31: 833–847.
- Buckland, S. T., Rexstad, E. A., Marques, T. A. y Oedekoven, C. S. 2015. *Distance sampling: Methods and applications*, Vol. 431. Springer, Nueva York.
- Buckland, S. T., Summers, R. W., Borchers, D. L. y Thomas, L. 2006. Point transect sampling with traps or lures. *J. Appl. Ecol.* 43(2): 377–384.
- Campbell, G., Head, J., Junker, J., Nekaris, K. A. I., Wich, S. y Marshall, A. 2016. Primate abundance and distribution: Background concepts and methods. In: *An Introduction to Primate Conservation*. S. A. Wich, A. J. Marshall (eds.), pp.79–110.
- Caselli, C. B., Ayres, P. H. B., Castro, S. C. N., Souto, A., Schiel, N. y Miller, C. T. 2018a. The role of extragroup encounters in a neotropical, cooperative breeding primate, the common marmoset: A field playback experiment. *Anim. Behav.* 136: 137–146.
- Caselli, C. B., Romano, V., Ruiz–Miranda, C. R. y da Cunha, R. G. T. 2018b. Las voces de los primates neotropicales: ¿qué dicen? En: *La Primatología en Latinoamérica 2 – A Primatologia na America Latina 2. Tomo I Argentina–Colombia.*, B. Urbani, M. Kowalewski, R. G. T. Cunha, S. de la Torre y L. Cortés–Ortiz (eds.), pp.267–281. Ediciones Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas.
- Centre for Research into Ecological and Environmental Modelling, University of St. Andrews, Escocia, Website: <https://www.creem.st-andrews.ac.uk/distance-sampling-methods/>.
- Cleveland, J. y Snowdon, C. T. 1982. The complex vocal repertoire of the adult cotton-top tamarin (*Saguinus oedipus oedipus*). *Z. Tierpsychol.* 58: 231–270.
- Coelho, I. P., Collins, S. J., Santos Junior, E. M., Valença-Montenegro, M. M., Jerusalinsky, L. y Alonso, A. C. 2020. Playback point counts and N-mixture models suggest higher than expected abundance of the critically endangered blond titi monkey in northeastern Brazil. *Am. J. Primatol.* 82: e23126.
- Costa–Araújo, R., Luis Regolin, A., Martello, F., Pedro Souza–Alves, J., Hrbek, T. y Cezar Ribeiro, M. 2021. Occurrence and conservation of the vulnerable titi monkey *Callicebus melanochir* in fragmented landscapes of the Atlantic Forest hotspot. *Oryx* 55: 1–8.
- de Cunha, R. G. T., de Oliveira, D. A. G., Holzmann, I., and Kitchen, D. M. 2015. Production of loud and quiet calls in howler monkeys. En: *Howler Monkeys. Developments in Primatology: Progress and Prospects*, M. Kowalewski, P. Garber, L. Cortés–Ortiz, B. Urbani, y D. Youlatos (eds.), pp.337–368. Springer, Nueva York.
- Dacier, A., de Luna, A. G., Fernandez–Duque, E. y Di Fiore, A. 2011. Estimating population density of Amazonian titi monkeys (*Callicebus discolor*) via playback point counts. *Biotropica* 43(2): 135–140.
- Dietz, J. M., Hankerson, S. J., Alexandre, B. R., Henry, M. D., Martins, A. F., Ferraz, L. P. y Ruiz–Miranda, C. R. 2019. Yellow fever in Brazil threatens successful recovery of endangered golden lion tamarins. *Sci. Rep.* 9: 12926.
- de Morais Jr., M. M. 2005. Metodologias de amostragem de populações: Aplicação e comparação em populações de mico–leão–dourado (*Leontopithecus rosalia*) e sagüis (*Callithrix* spp.) na bacia do Rio São João. Tesis de Maestría, Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro.
- Delgado, R. A. 2006. Sexual selection in the loud calls of male primates: Signal content and function. *Int. J. Primatol.* 27: 5–25.
- do Nascimento, L. A., Pérez–Granados, C. y Beard, K. H. 2021. Passive acoustic monitoring and automatic detection of diel patterns and acoustic structure of howler monkey roars. *Diversity* 13: 566.
- Enari, H., Enari, H. S., Okuda, K., Maruyama, T. y Okuda, K. N. 2019. An evaluation of the efficiency of passive acoustic monitoring in detecting deer and primates in comparison with camera traps. *Ecol. Indic.* 98: 753–762.
- Fischer, J., Noser, R. y Hammerschmidt, K. 2013. Bioacoustic field research: a primer to acoustic analyses and playback experiments with primates. *Am. J. Primatol.* 75: 643–63.
- French, J. A., Schaffner, C. M., Shepherd, R. E. y Miller, M. E. 1995. Familiarity with intruders modulates agonism towards outgroup conspecifics in Wied's black-tufted-ear marmoset (*Callithrix kuhli*: Primates, Callitrichidae). *Ethol.* 99: 24–38.

- Gestich, C. C., Arroyo-Rodríguez, V., Ribeiro, M. C., da Cunha, R. G. T. y Setz, E. Z. F. 2019. Unraveling the scales of effect of landscape structure on primate species richness and density of titi monkeys (*Callicebus nigrifrons*). *Ecol. Res.* 34: 150–159.
- Gestich, C. C., Caselli, C. B., Nagy-Reis, M. B., Setz, E. Z. y da Cunha, R. G. 2017. Estimating primate population densities: The systematic use of playbacks along transects in population surveys. *Am. J. Primatol.* 79: e22586.
- Heinicke, S., Kalan, A. K., Wagner, O. J. J., Mundry, R., Lukashevich, H., Köhl, H. S. y Jones, K. 2015. Assessing the performance of a semi-automated acoustic monitoring system for primates. *Methods Ecol. Evol.* 6: 753–763.
- Jerusalinsky, L., Oliveira, M. M., Pereira, R. F., Santana, V., Bastos, P. C. R. y Ferrari, S. F. 2006. Preliminary evaluation of the conservation status of *Callicebus coimbrai* Kobayashi and Langguth, 1999 in the Brazilian state of Sergipe. *Primate Conserv.* 2006(21): 25–32.
- Kalan, A. K., Mundry, R., Wagner, O. J. J., Heinicke, S., Boesch, C. y Köhl, H. S. 2015. Towards the automated detection and occupancy estimation of primates using passive acoustic monitoring. *Ecol. Indic.* 54: 217–226.
- Kiffner, C., Waltert, M., Meyer, B. y Mühlenberg, M. 2008. Response of lions (*Panthera leo* Linnaeus 1758) and spotted hyaenas (*Crocuta crocuta* Erxleben 1777) to sound playbacks. *Afr. J. Ecol.* 46: 223–226.
- Kierulff, M. C. M. y Rylands, A. B. 2003. Census and distribution of the golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia*). *Am. J. Primatol.* 59: 29–44.
- Kirchhof, J. y Hammerschmidt, K. 2006. Functionally referential alarm calls in tamarins (*Saguinus fuscicollis* and *Saguinus mystax*) – evidence from playback experiments. *Ethol.* 112: 346–354.
- Lima, N. B. 2012. Análise da estrutura acústica do chamado longo de duas frases do mico leão dourado (*Leontopithecus rosalia*) selvagem para obtenção de informações sobre sexo, região e indivíduo. Tesis de Maestría, Ecología e Recursos Naturais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro.
- MacKenzie, D. I. 2012. *Presence user manual*. Dunedin, New Zealand: Proteus Wildlife Research Consultants.
- Marques, T. A., Thomas, L., Martin, S. W., Mellinger, D. K., Ward, J. A., Moretti, D. J., Harris, D. y Tyack, P. L. 2013. Estimating animal population density using passive acoustics. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 88: 287–309.
- McConnell, P. B. y Snowdon, C. T. 1986. Vocal interactions between unfamiliar groups of captive cotton-top tamarins. *Behaviour* 97: 273–296.
- Ogutu, J. y Dublin, H. 1998. The response of lions and spotted hyaenas to sound playbacks as a technique for estimating population size. *Afr. J. Ecol.* 36: 83–95.
- Perez-Granados, C. y Schuchmann, K. L. 2021. Passive acoustic monitoring of the diel and annual vocal behavior of the black and gold howler monkey. *Am. J. Primatol.* 83: e23241.
- Robinson, J. G. 1979a. An analysis of the organization of vocal communication in the titi monkey *Callicebus moloch*. *Z. Tierpsychol.* 49: 381–405.
- Robinson, J. G. 1979b. Vocal regulation of use of space by groups of titi monkeys *Callicebus moloch*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 5: 1–15.
- Robinson, J. G. 1982. Vocal systems regulating within-group spacing. In: *Primate communication*, C. T. Snowdon, C. H. Brown y M. Peterson (eds.), pp.94–116. Cambridge University Press, Cambridge.
- Robinson, J. G., Wright, P. C. y Kinzey, W. G. 1987. Monogamous cebids and their relatives: Intergroup calls and spacing. En: *Primate Societies*, T. T. Struhsaker (ed.), pp.44–53. University of Chicago Press, Chicago.
- Ruiz-Miranda, C. R., de Moraes, M. M., Jr., Dietz, L. A., Rocha Alexandre, B., Martins, A. F., Ferraz, L. P., Mickelberg, J., Handerson, S. J., Dietz y J. M. 2019. Estimating population sizes to evaluate progress in conservation of endangered golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia*). *PLoS ONE* 14(6): e0216664.
- Sabatini, V., Ruiz-Miranda, C. R. y Dabelsteen, T. 2011. Degradation characteristics of golden lion tamarin *Leontopithecus rosalia* two-phrase long calls: implications for call detection and ranging in the evergreen forest. *Bioacoustics* 20: 137–158.
- Sabatini, V. y Ruiz Miranda, C. R. 2008. Acoustical aspects of the propagation of long calls of wild *Leontopithecus rosalia*. *Int. J. Primatol.* 29: 207–223.
- Salcedo A. R., Mejia, M., Slocombe, K., y Papworth, S. 2014. Two case studies using playbacks to census Neotropical primates: *Callicebus discolor* and *Alouatta palliata aequatorialis*. *Neotrop. Primates* 21: 200–204.
- Savage, A., Thomas, L., Feilen, K. L., Kidney, D., Soto, L. H., Pearson, M., Medina, F. S., Emeris, G., Guillen y R. R. 2016. An assessment of the population of cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*) and their habitat in Colombia. *PLoS ONE* 11: e0168324.
- Savage, A., Thomas, L., Leighty, K. A., Soto, L. H. y Medina, F. S. 2010. Novel survey method finds dramatic decline of wild cotton-top tamarin population. *Nat. Commun.* 1: 30.
- Snowdon, C. T. 1989. Vocal communication in New World monkeys. *J. Hum. Evol.* 18: 611–633.
- Whitby, M. D., Carter, T. C., Britzke, E. R. y Bergeson, S. M. 2014. Evaluation of mobile acoustic techniques for bat population monitoring. *Acta Chiropt.* 16: 223–230.