

Caracterización acústica de los ensamblajes de anuros en los bosques del sector norte de la  
Serranía de los Yariguíes

Oscar Mauricio Mayorga Laguado

Trabajo de Grado para Optar al Título de Biólogo

Director

Björn Reu

PhD.

Codirector

José Luis Pinzón Pinzón

Biólogo

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2025

### **Dedicatoria**

A los profesores que estuvieron dispuestos a todo tipo de orientación y colaboración para el desarrollo de este proyecto y crecimiento personal.

Al Laboratorio de investigación de Geo ecología, a mi director y codirector por ser mis guías en la realización de este proyecto.

A mis compañeros de estudio que estuvieron durante todo este camino de formación, por el apoyo y recomendaciones para poder avanzar en cada uno de los obstáculos que se presentaron en el camino.

A mi madre Elveny, padre Hernando, mi hermana Mayra y a mi querido Akita Inu Nashi, a todos ellos por estar siempre apoyándome durante este camino, alentándome a seguir adelante, siempre queriendo que yo cumpla cada una de mis metas propuestas y brindándome todo el amor que necesitaba.

A mis amigos en especial a, Andrea, Cata, Diana, Elian, Germán, Juan Pablo, Laura, María, Melani, Mitchell, Nicolás y Star, les agradezco profundamente por brindarme su apoyo emocional constante y por tener siempre plena confianza en mí en cada paso y decisión que he tomado. Atesoraré cada experiencia que compartimos y espero que nuestros caminos se vuelvan a cruzar.

### **Agradecimientos**

A la Universidad Industrial de Santander, por permitir la culminación de esta meta, como miembro de esta importante institución.

A mi director de trabajo de grado por su acompañamiento y apoyo incondicional en el desarrollo del proyecto y todos sus consejos y recomendaciones.

A cada uno de los docentes, por toda su orientación, todo lo aprendido durante mi formación y camino para poder optar por el título de Biólogo.

A mi familia por su apoyo incondicional y estar siempre motivándome.

A todos mis amigos que hicieron parte de este proceso.

A mis compañeros por estar acompañándome en el desarrollo y crecimiento.

**Tabla de Contenido**

Introducción .....	12
1. Objetivos .....	14
1.1 Objetivo General .....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Competencias que desarrolló el pasante .....	15
3. Metodología .....	16
3.1 Área de estudio .....	16
3.2 Obtención de los cantos de anuncio de los anuros.....	17
3.3 Análisis de los cantos de anuncio .....	17
3.3.1 Producción de espectrogramas, oscilogramas y espectros de poder.....	19
3.3.2 Comparación de los resultados obtenidos con los expuestos en la literatura .....	22
3.3.3 Evaluación de las características de vocalizaciones de los anuros .....	22
4. Resultados .....	23
4.1 Especies grabadas .....	23
4.1.1 Espectrograma, oscilograma y espectro de poder de las especies grabadas .....	24
4.2 Comparación entre las frecuencias picos obtenidas con respecto a las encontradas en la literatura .....	39

4.3.1 Ordenamiento de las especies en el espacio acústico .....	40
4.3.2 Relación entre la frecuencia dominante y la longitud rostro cloaca .....	42
5. Discusión.....	42
5.1 Evaluación de datos espectrales y temporales .....	43
5.2 Comparación con los resultados expuestos en la literatura. ....	44
5.3 Variables influyentes de las especies en el espacio acústico .....	47
Conclusiones.....	48
Referencias bibliográficas.....	49
Apéndices.....	54

**Lista de Figuras**

Figura 1. Área de estudio en el sector norte de la Serranía de los Yariguíes, delimitando las veredas de La Varsovia, Chanchón y Santa Rita .....	16
Figura 2. Espectrograma (A), oscilograma (B), espectro de poder (C), canto (D) y la nota (E)..	21
Figura 3. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del llamado de anuncio de <i>Rheobates palmatus</i> , en la figura 2A .....	25
Figura 4. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del canto de anuncio de <i>Espadarana prosoblepon</i> con una duración de 0.25 segundos en dos notas.....	26
Figura 5. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder de una sola nota para el llamado de anuncio de <i>Diasporus anthrax</i> .....	28
Figura 6. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del canto de anuncio de <i>Gastrotheca nicefori</i> con una nota pulsada y 4 clicks (notas cortas). .....	29
Figura 7. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder de <i>Boana platanera</i> con 7 notas a lo largo de 0.35 segundos.....	30
Figura 8. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del tercer tipo de canto de anuncio para <i>Dendropsophus subocularis</i> con una nota pulsada y dos clics a lo largo de 0.5 segundos.....	31
Figura 9. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del llamado de anuncio de <i>Hyloscirtus palmeri</i> con 5 notas cortas a lo largo de 2 segundos.....	32
Figura 10. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del canto de anuncio de <i>Scinax caprarius</i> con tres armónicos en 5 notas a lo largo de 0.3 segundos.....	33
Figura 11. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del canto de anuncio para <i>Scinax rostratus</i> con 18 notas a lo largo de 0.37 segundos.....	34

Figura 12. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del llamado de anuncio para *Agalychnis buckleyi* con dos notas cortas a lo largo de 0.15 segundos. .... 35

Figura 13. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del llamado de anuncio para *Pristimantis penelopus* con 3 notas cortas a lo largo de 0.32 segundos..... 36

Figura 14. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del llamado de anuncio en *Pristimantis taeniatus* con 5 notas cortas a lo largo de 0.2379 segundos..... 37

Figura 15. Espectrograma, oscilograma y espectro de poder de *Pristimantis sp* con 3 notas cortas en 0.9464 segundos. .... 38

Figura 16. Diagrama de dispersión con regresión lineal comparando los datos de la frecuencia pico obtenida en este estudio con la reportada en la literatura representada en la línea 1:1 (línea de identidad). .... 39

Figura 17. Análisis de PCA para las variables espectrales (frecuencia inferior (mfi), frecuencia pico (mfp), frecuencia superior (mfs) y ancho de banda (mfbw)) y temporales de duración de canto y número de notas. .... 41

Figura 18. Comparación alométrica entre la frecuencia pico (kHz) y la longitud rostro cloaca (mm) ..... 42

Figura 19. Distintos tipos de frecuencias evaluadas, los outliers encontrados pueden deberse a diferentes tipos de cantos en ciertas especies como con *D.subocularis* y *A.buckleyi* u otros casos donde la frecuencia pico se ubica en diferentes armónicos, tal como suce ..... 44

**Lista de Tablas**

Tabla 1. Especies y coberturas evaluadas en el estudio.....	23
Tabla 2. Comparación de resultados obtenidos con los expuestos en la literatura, evaluando la frecuencia pico (FP), frecuencia inferior (FI) y duración del canto (DC) .....	46

**Lista de Apéndices**

Apéndice 1. Matriz de correlación entre las variables espectrales y temporales medidas ..... 54

Apéndice 2. Comparación de las frecuencias en los cantos entre las 12 especies de anuros. .... 55

## Resumen

**Título:** Caracterización acústica de los ensamblajes de anuros en los bosques del sector norte de la Serranía de los Yariguíes\*

**Autor:** Oscar Mauricio Mayorga Laguado\*\*

**Palabras Clave:** Bioacústica, anuros, vocalizaciones, alometría.

**Descripción:** El conocimiento de la bioacústica en Colombia ha crecido considerablemente, destacando a los anuros, cuyos cantos, clasificados según su función y estructura, son de gran interés. Sin embargo, menos de la mitad de las especies de anuros tienen sus cantos descritos. Este trabajo busca aportar al conocimiento de los llamados de anuncio de trece especies estudiadas en el norte de la Serranía de los Yariguíes. Se analizaron 445 cantos de anuros, evaluando características temporales y espectrales como la frecuencia pico, frecuencia inferior, frecuencia superior, ancho de banda, duración del canto, duración de la nota, intervalo entre notas y número de notas. Los resultados obtenidos mostraron una alta correlación con los datos reportados en la literatura. Entre los hallazgos más relevantes, se determinó que las variables acústicas que más influyen en la diferenciación de especies son la frecuencia pico, inferior y superior. Además, se verificó una relación alométrica entre la frecuencia pico y el tamaño corporal de los anuros, que explicó el 54% de la variación observada. Este estudio amplía el conocimiento bioacústico de las especies de anuros en la Serranía de los Yariguíes. En particular, se caracterizó por primera vez el llamado de anuncio de tres especies de anuros, lo que contribuye al conocimiento acústico del territorio. Los resultados obtenidos abren la puerta a futuros planes de conservación, especialmente para la protección de ecosistemas como bosques secundarios, bosques conservados y humedales, ya que el espacio acústico es un recurso esencial para la reproducción de estos anfibios.

---

\*Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director Björn Reu. PhD. Codirector José Luis Pinzón. Biólogo

### Abstract

**Title:** Acoustic characterization of anuran assemblages in the forests of the northern sector of the Serranía de los Yariguíes\*

**Author(s):** Oscar Mauricio Mayorga Laguado\*\*

**Key Words:** Bioacoustics, anurans, vocalizations, allometry.

**Description:** Knowledge of bioacoustics in Colombia has grown considerably, highlighting anurans, whose songs, classified according to their function and structure, are of great interest. However, less than half of the anuran species have their songs described. This work seeks to contribute to the knowledge of the announcement calls of thirteen species studied in the northern Serranía de los Yariguíes. A total of 445 anuran songs were analyzed, evaluating temporal and spectral characteristics such as peak frequency, lower frequency, upper frequency, bandwidth, song duration, note duration, inter-note interval and number of notes. The results obtained showed a high correlation with data reported in the literature. Among the most relevant findings, it was determined that the acoustic variables that most influence species differentiation are peak, lower and upper frequency. In addition, an allometric relationship between peak frequency and anuran body size was verified, which explained 54% of the observed variation. This study expands the bioacoustic knowledge of anuran species in the Serranía de los Yariguíes. In particular, the announcement call of three species of anurans was characterized for the first time, which contributes to the acoustic knowledge of the territory. The results obtained open the door to future conservation plans, especially for the protection of ecosystems such as secondary forests, conserved forests and wetlands, since the acoustic space is an essential resource for the reproduction of these amphibians.

---

\*Bachelor Thesis

\*\* Faculty of Sciences. School of Biology. Director Björn Reu. PhD. Codirector José Luis Pinzón. Biologist

## Introducción

La bioacústica es el estudio de las ondas sonoras emitidas por los animales al comunicarse (Tubaro, 1999). Para ello, el uso potencial de herramientas de monitoreo acústico pasivo (MAP) permite obtener información continua, no invasiva y de diversas condiciones ambientales (Bahía et al., 2022). En Colombia, se observa un aumento en la aplicación de la bioacústica para la taxonomía, sistemática, ecología, evolución y conservación; aunque la comprensión de las interacciones bioacústicas entre las especies en los ecosistemas del país aún se encuentra en una fase inicial de crecimiento (Martínez Medina et al., 2021).

A su vez, Martínez-Medina et al., (2021) afirma que los grupos taxonómicos con mayor número de estudios en Colombia fueron aves (36.6%) y anfibios (35%), seguidos de mamíferos (17%), insectos (10%), reptiles (1%) y peces (0.6%). En cuanto a la tendencia temporal, según Rivera-Correa et al., (2021) antes del año 2000 las publicaciones son relativamente escasas, pero a partir del año 2010 se evidencia un notable incremento en el número de publicaciones en casi todos los grupos.

Una de las señales acústicas más estudiadas es el canto de anuncio de los anuros machos adultos, el cual, en el contexto ecológico, taxonómico, evolutivo y etológico, desempeña un papel significativo al estudiar la selección de pareja, territorialidad y reconocimiento interespecífico (Rivera-Correa et al., 2021)

Así mismo, cabe recalcar que cada especie de anuro tiene un canto de anuncio estandarizado, cuyas características particulares están reflejadas no por patrones de aprendizaje, pero se asume que están determinadas genéticamente (Rivera-Correa et al., 2021). En estudios de bioacústica de

anuros pese a su enfoque en la caracterización de los cantos de una especie o un ensamblaje de anuros, los rasgos bioacústicos taxonómicos difieren entre las especies (Köhler et al., 2017).

Aun cuando Colombia se encuentra clasificada en el segundo lugar en diversidad de anuros con 897 especies y endemismo con 417 (Forero-Medina et al., 2025; Acosta-Galvis, 2011), la información bioacústica de los anuros descritos es del 39.1% con 296 estudios para 307 anuros distribuidos en Colombia según Rivera-Correa et al., (2021).

El presente trabajo de grado tiene como objetivo caracterizar los llamados de anuncio de diversas especies de anuros, cuyos cantos fueron evaluados en los bosques del sector norte de la Serranía de los Yariguíes, una zona de gran relevancia ecológica. Dado que algunas de estas especies no presentan un canto de anuncio claramente descrito, este estudio busca aportar al conocimiento de los cantos de anuros en Colombia. A través de una detallada caracterización acústica, se pretende enriquecer la información sobre la biodiversidad acústica de esta región de alta importancia biológica.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Caracterizar las vocalizaciones de anuros presentes en bosques ubicados en el sector norte de la Serranía de los Yariguíes.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Describir las características espectrales y temporales de los cantos de anuros del área de estudio

Comparar las vocalizaciones de las especies presentes en el área de estudio con descripciones publicadas o grabaciones disponibles en bibliotecas de referencia.

Identificar cuáles son las características de las vocalizaciones de los anuros del área de estudio que explican las diferencias entre especies.

## **2. Competencias que desarrolló el pasante**

Desarrolla habilidades en la identificación de especies anuros a partir de sus vocalizaciones.

Adquiere destreza en el manejo de software de análisis bioacústico necesarios para la caracterización de vocalizaciones de anuros.

Analiza cuantitativamente las características espectrales y temporales de los cantos de anuros presentes en el área de estudio.

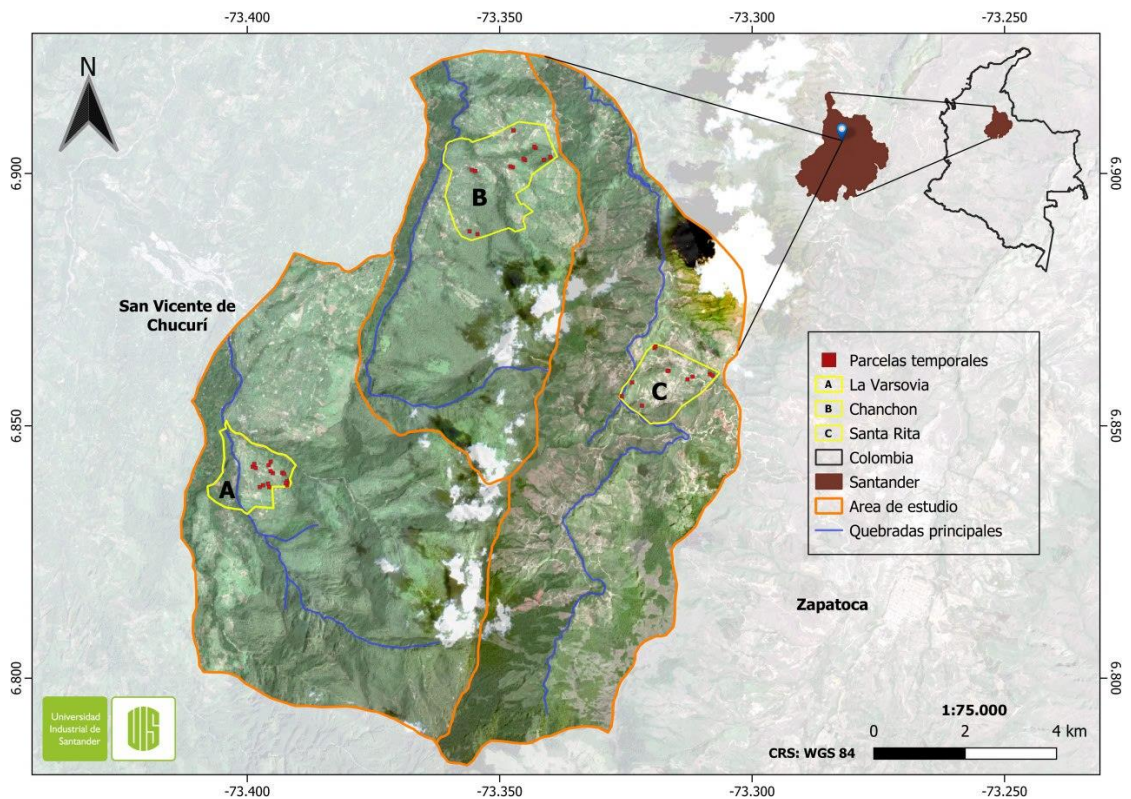
### 3. Metodología

#### 3.1 Área de estudio

La zona de estudio es el sector norte de la Serranía de los Yariguíes. Las grabaciones se realizaron en 3 tipos de cobertura: bosque secundario, bosque conservado y humedal asociado a bordes de bosque.

**Figura 1.**

*Área de estudio en el sector norte de la Serranía de los Yariguíes, delimitando las veredas de La Varsovia, Chanchón y Santa Rita*



### **3.2 Obtención de los cantos de anuncio de los anuros**

Las grabaciones fueron suministradas a partir de un conjunto de grabaciones disponibles proveniente del proyecto de investigación: Transiciones socioecológicas de los paisajes de los andes nororientales, conectando conocimiento para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo rural resiliente. Durante el proyecto se realizaron varias salidas de campo a diferentes bosques de la Serranía de los Yariguies en los meses de julio y diciembre del 2023 y en marzo del 2024 en parcelas temporales situadas en la vereda Santa rita, Chanchon y La Varsovia, se grabaron los cantos utilizando micrófonos unidireccionales Azden SGM-1X y rode videomic go con dos grabadoras TASCAM dr-40x y TASCAM DR-07X de frecuencia de 44.1 KHz con 16 bits de profundidad. Adicionalmente, para dos especies las grabaciones fueron realizadas usando un smartphone conectado a un micrófono unidireccional monoprice mini 600200. Las frecuencias fueron transformadas de Hz a kHz, obteniendo un total de 445 cantos para 13 especies.

### **3.3 Análisis de los cantos de anuncio**

Se utilizó el programa Ocenaudio con el fin de normalizar las grabaciones y reducir el ruido de fondo. En algunas ocasiones se aplicaron filtros de paso de banda para depurar y limpiar las grabaciones con ruido de fondo, de tal manera que se lograra obtener una mejor nitidez. La medición de los parámetros espectrales y temporales se llevó a cabo en

el software para análisis bioacústicos Raven Pro 1.6 (K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics at the Cornell Lab of Ornithology, 2024).

Se utilizaron características del canto que generalmente son un factor atractivo a las hembras, como la frecuencia pico, duración del canto y número de notas (Bernardy et al., 2023; Oliva et al., 2018).

Adicionalmente, las siguientes variables espectrales frecuencia fundamental en un 5% y la frecuencia máxima en un 95%, dentro de un ancho de banda del 90%, fueron medidas debido a que se relacionan con el espacio acústico medido, donde la frecuencia inferior es preferible generalmente en algunas hembras por su relación con el tamaño del macho (Lardner & Lakim, 2004), seguido de algunos casos donde la frecuencia superior es favorecida debido a la presencia de ruido en ambientes lóticos (Röhr et al., (2016)).

Asimismo, el intervalo entre notas y la duración de la nota fueron rasgos seleccionados debido a que son características que influyen en el comportamiento y plasticidad temporal de los cantos (Köhler et al., 2017).

Aún cuando estas dos últimas variables temporales son relevantes para la descripción de los cantos, no fueron tomadas en cuenta para la evaluación de las características de vocalizaciones de los anuros, debido a la presencia de especies en este trabajo con solo 1 nota, y a la influencia de factores externos como la temperatura, que inciden en la eficiencia del intervalo entre notas y duración de la nota, según lo declara Köhler et al., (2017)

Teniendo en cuenta las características, se seleccionaron las variables delta de tiempo (s) (tiempo final - tiempo inicial), Frecuencia (kHz), Frecuencia superior (Hz),

Frecuencia pico (kHz), Frecuencia 5%, Frecuencia 95%, Delta de Frecuencia (kHz), Ancho de banda 90% (kHz) y Amplitud pico (U) en el programa de Raven pro 1.6. Los datos de todas las especies fueron posteriormente concatenados en el software Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2021) y exportados como archivo separado por comas .csv para su lectura en el software R.

La evaluación de los audios fue realizada mediante el programa de Rstudio utilizando múltiples librerías como *seewave* (J. Sueur et al., 2008) y *tuneR* (Ligges et al., 2023) para el análisis de los audios; *ggplot2* (Wickham, 2016) paquete principal que permite crear gráficos. El paquete de *tidyverse* 2.0.0 (Wickham et al., 2019) se empleó para modelar y visualizar datos, mientras que *readr* (Wickham et al., 2024) como lector de archivos tipo CSV. Además se utilizaron los paquetes de *vegan* (Oksanen et al., 2024) y *MASS* (Venables & Ripley, 2002) como método de ordenación y análisis de datos. *ggvegan* (Simpson & Oksanen, 2023) para producir gráficos de ordenamiento de la función del paquete *vegan* y *ggord* (Beck, 2024) .

Se filtraron los datos espectrales para obtener la media y desviación estándar utilizando “mean” y “sd” para cada especie; esto último también se realizó con los datos temporales y mediante el paquete de *ggplot2* se generaron gráficos de *boxplot* para la frecuencia pico, inferior y superior en relación con las especies.

### ***3.3.1 Producción de espectrogramas, oscilogramas y espectros de poder***

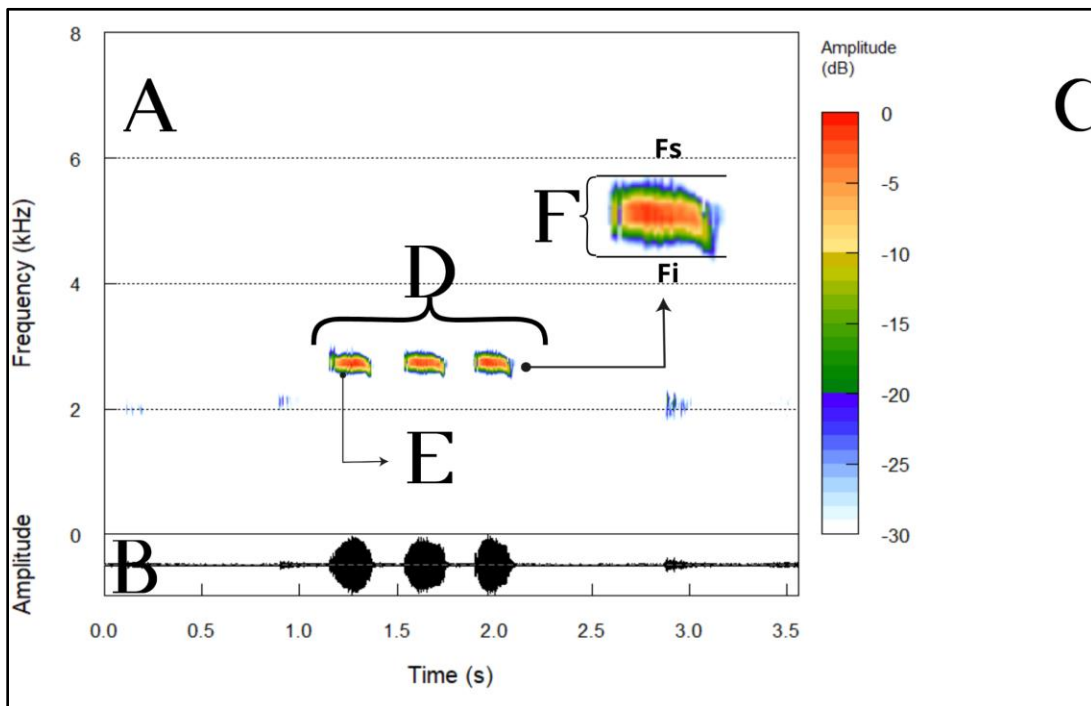
Para la visualización de los datos se implementó el uso de espectrogramas (figura 1A) siendo una herramienta frecuentemente utilizada en análisis acústicos para observar

en 3 dimensiones la frecuencia, el tiempo y la amplitud, proyectando los cantos que pueden ser simples (un solo tipo de nota) o compuestos (distintos tipos de nota) (figura 1D) y sus notas que pueden ser pulsátil (pulsos indistinguibles), clics (notas cortas) pulsada (pulsos bien definidos) entre otros (figura 1E) (Köhler et al., 2017).

Por otro lado, se emplearon oscilogramas (figura 1B) para visualizar los cambios en la amplitud a lo largo del tiempo (Kvsn et al., 2020), y se utilizó el espectro de poder para observar la distribución de las energías a lo largo del eje de la frecuencia con respecto a la amplitud (figura 1C) (Rivas et al., 2024). La producción conjunta de estos gráficos (figura 1) se realizó mediante los paquetes de *seewave* y *tuneR*. Se importaron los audios con la función `readWave` de *tuneR*, seguida la función `spectro()` con argumentos de ventana de Hann, 512 de longitud y 50% de superposición.

**Figura 2.**

*Espectrograma (A), oscilograma (B), espectro de poder (C), canto (D) y la nota (E)*



Este gráfico muestra el espectrograma (A), oscilograma (B), espectro de poder (C), canto (D), la nota (E), la escala de color representa el gradiente de intensidad del sonido, donde los valores cercanos al rojo indican mayor cantidad de energía, generalmente en la frecuencia pico o frecuencia dominante se concentra una alta energía sonora, la máxima energía registrada en la frecuencia superior y la mínima energía en la frecuencia inferior o también llamada frecuencia fundamental y por último el ancho de banda (F) siendo esta la diferencia entre la frecuencia superior ( $F_s$ ) e inferior ( $F_i$ ).

### ***3.3.2 Comparación de los resultados obtenidos con los expuestos en la literatura***

Se realizó una comparación entre los resultados de la frecuencia pico considerada como la variable con mayor relevancia entre los estudios para las 10 especies con cantos ya caracterizados.

Esta comparación se realizó mediante un gráfico 1:1 con el test de correlación para determinar si hay diferencias significativas entre los datos obtenidos y los reportados en la literatura utilizando el programa Rstudio.

### ***3.3.3 Evaluación de las características de vocalizaciones de los anuros***

Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para observar cómo se distribuyen y se agrupan las especies en relación con las variables temporales y espectrales, para determinar cuáles son las características de las vocalizaciones de los anuros que mejor permiten diferenciarlos. Se determinó la relación alométrica entre el canto y el tamaño del anuro, examinando la frecuencia dominante (kHz) y la longitud rostro-cloaca (mm) por medio de una regresión lineal y posterior transformación logarítmica para normalizar la distribución sesgada de los datos. Esta transformación se realizó para reducir la magnitud de algunos valores y minimizar la cantidad de residuos anómalos por fuera de los intervalos de confianza, siguiendo la referencia observada en Tonini et al., 2020. Los datos de las mediciones de la longitud rostro-cloaca fueron obtenidos en campo durante el macroproyecto, usando un calibrador digital (precisión 0.1 mm) cuando fue posible. En otros casos los valores fueron obtenidos de la literatura.

**4. Resultados**

**4.1 Especies grabadas**

Se realizaron mediciones para 13 especies de 7 familias para 3 tipos de cobertura (bosque secundario, bosque conservado y humedal asociado a bordes de bosque) (ver Tabla 1)

**Tabla 1.**

*Especies y coberturas evaluadas en el estudio*

Orden	Familia	Género	Especie	Cobertura	Amenaza	Número de individuos	Número de cantos	
	Aromobatidae	Rheobates	Rheobates palmatus	BS, BC	LC	3	7	
	Centrolenidae	Espadarana	Espadarana prosoblepon	BS	LC	5	30	
	Eleutherodactylidae	Diasporus	Diasporus anthrax	BC, BS	VU	3	25	
	Hemiphractidae	Gastrotheca	Gastrotheca nicefori	BC	LC	2	8	
Anura		Boana	Boana platanera	H	LC	6	33	
		Dendropsophus	Dendropsophus subocularis	H	LC	26	81	
		Hylidae	Hyloscirtus	Hyloscirtus palmeri	BC	LC	4	39
				Scinax caprarius			16	40
			Scinax		H	No evaluada		
				Scinax rostratus			6	20
		Phyllomedusidae	Agalychnis	Agalychnis gr buckleyi	H	LC	20	68
			Pristimantis penelopis	BC, BS	LC	1	2	
	Strabomantidae	Pristimantis	Pristimantis sp	BC	No evaluada	12	42	
			Pristimantis taeniatus	BC, BS	LC	6	48	

Esta tabla muestra los distintos tipos de cobertura y amenaza registrados en las diferentes especies: bosque secundario (BS); bosque conservado (BC), humedal asociado a bordes de bosque (H), preocupación menor (LC), vulnerable (V) y en peligro (EN), número de individuos y de cantos.

#### ***4.1.1 Espectrograma, oscilograma y espectro de poder de las especies grabadas***

Se desarrollaron gráficas del espectrograma, oscilograma y fuente de poder de anuncio de llamado de las 13 especies grabadas con rango de espectro acústico desde los 0.608 kHz a 5.816 kHz.

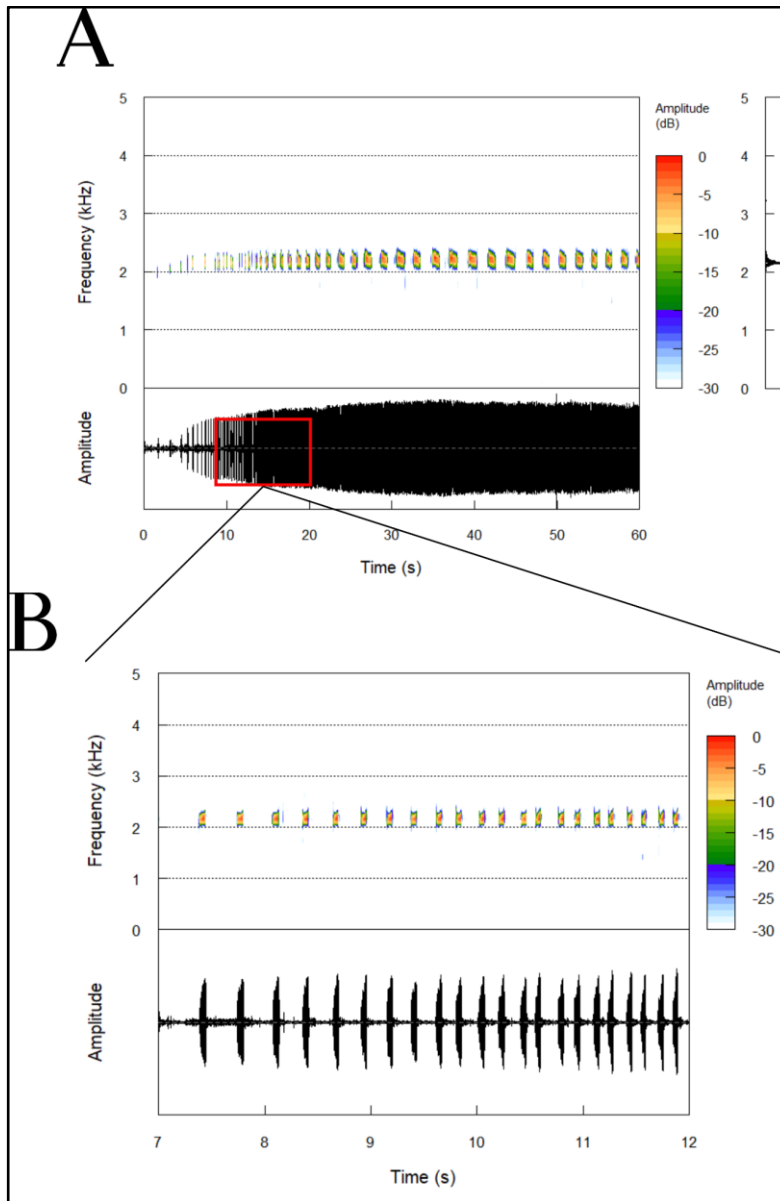
### **Familia AROMOBATIDAE**

#### ***Rheobates palmatus (Werner, 1899)***

Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 3 individuos con un total de 7 cantos *Rheobates palmatus* (Figura 3). Obteniendo una duración del canto de  $30.2 \pm 23.5$  segundos; duración de la nota de  $0.042 \pm 0.010$  segundos; intervalo entre notas de  $0.150 \pm 0.245$  segundos. El número de notas es de  $271.11 \pm 171.16$ . La frecuencia pico de  $2.37 \pm 0.188$  (kHz); frecuencia superior de  $2.46 \pm 0.201$  (kHz), frecuencia inferior de  $2.29 \pm 0.191$  (kHz) y ancho de banda de 0.177 (kHz).

**Figura 3.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del llamado de anuncio de *Rheobates palmatus*, en la figura 2A*



En la figura 3 se visualiza un canto completo con 247 notas, mientras que la figura 2B representa un fragmento de 5 segundos donde se observa en detalle el distanciamiento entre notas en el oscilograma.

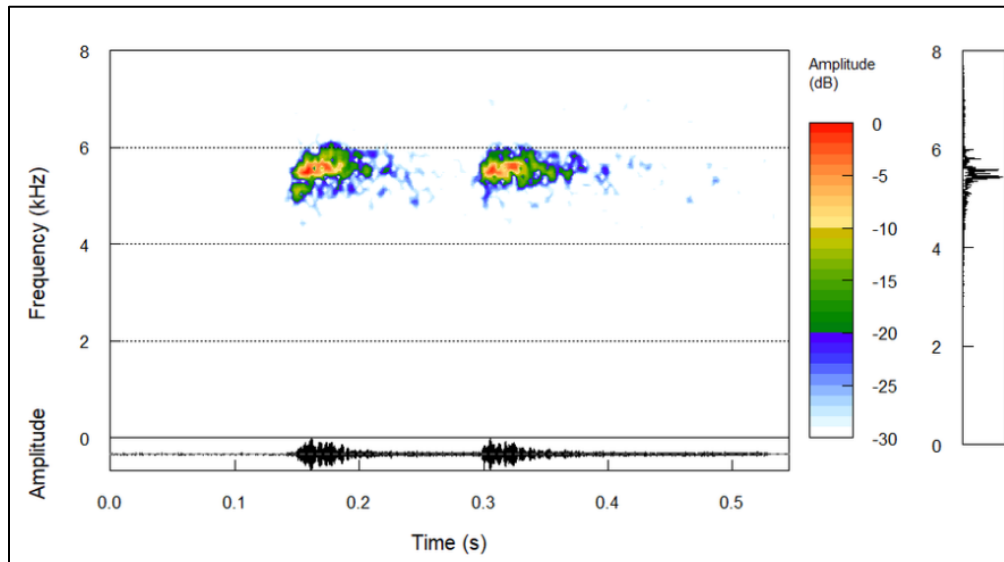
### **Familia CENTROLENIDAE**

#### ***Espadarana prosoblepon (Boettger, 1892)***

El canto de anuncio de *Espadarana prosoblepon* (Figura 4) está compuesto por dos o tres notas cortas con modulación de frecuencia. Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 5 individuos con un total de 30 cantos. La duración del canto es de  $0.274 \pm 0.0252$  segundos; duración de la nota de  $0.051 \pm 0.007$  segundos; intervalo entre notas de  $0.112 \pm 0.0213$  segundos. El número de notas es de  $2.29 \pm 0.311$ . La frecuencia pico de  $5.56 \pm 0.868$  (kHz); frecuencia superior de  $5.82 \pm 0.810$  (kHz), frecuencia inferior de  $5.12 \pm 0.278$  (kHz) y ancho de banda de 0.697 (kHz).

#### **Figura 4.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del canto de anuncio de Espadarana prosoblepon con una duración de 0.25 segundos en dos notas*



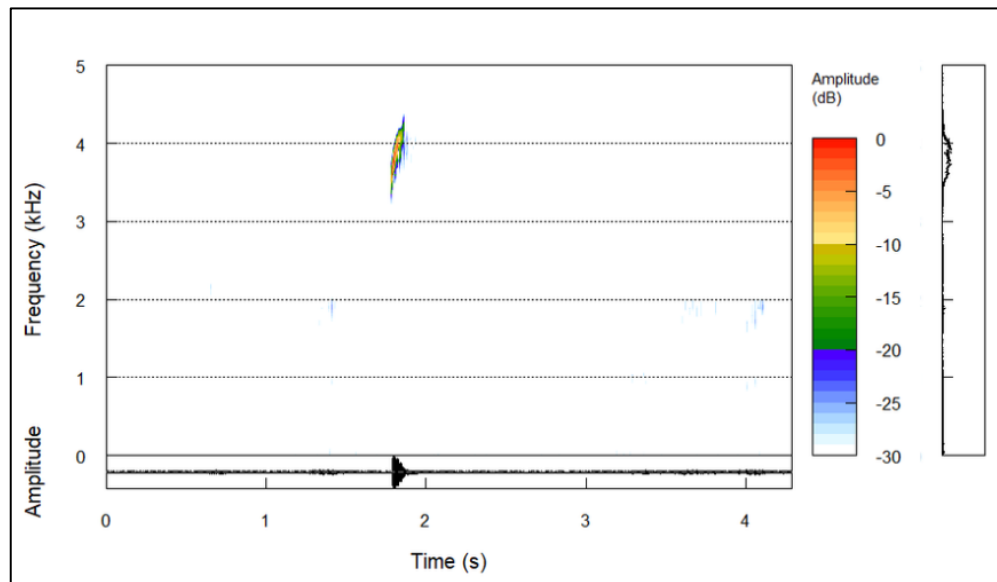
### Familia ELEUTHERODACTYLIDAE

#### *Diasporus anthrax* (Lynch, 2001)

El canto de anuncio de *Diasporus anthrax* (Figura 5) se compone de una sola nota muy corta con modulación de frecuencia. Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 3 individuos con un total de 25 cantos, duración del canto de  $0.0771 \pm 0.0256$  segundos con solo una nota para cada canto. La frecuencia pico de  $3.82 \pm 0.108$  (kHz); frecuencia superior de  $4.06 \pm 0.0536$  (kHz), frecuencia inferior de  $3.58 \pm 0.0397$  (kHz) y  $0.481$  (kHz).

**Figura 5.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder de una sola nota para el llamado de anuncio de *Diasporus anthrax*.*



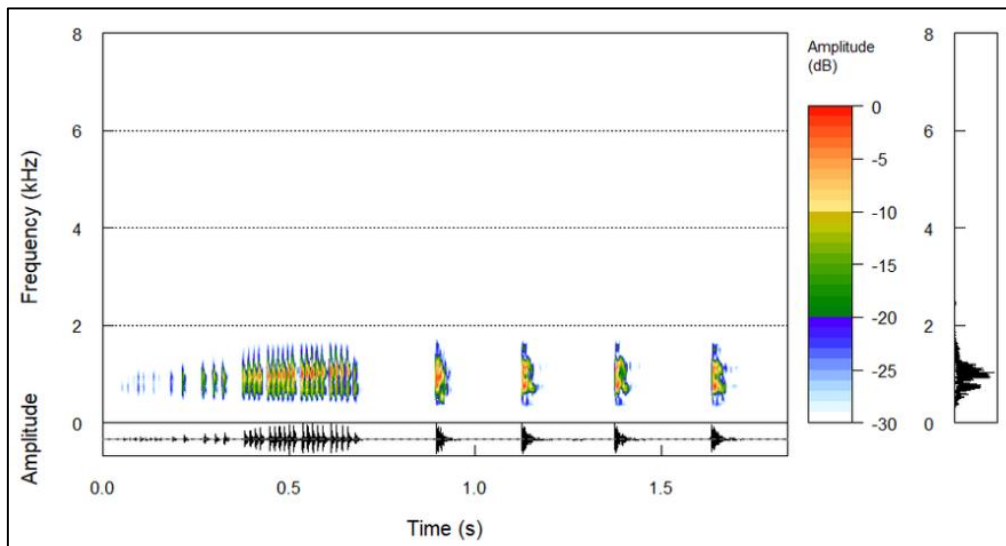
### **Familia HEMIPHRACTIDAE**

#### ***Gastrotheca nicefori* (Gaige, 1933)**

El canto de anuncio de *Gastrotheca nicefori* (Figura 6) tiene una nota pulsada inicial seguida de 2 a 4 clicks. Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 2 individuos con un total de 8 cantos, duración del canto de  $1.33 \pm 0.291$  segundos; duración de la nota de  $0.190 \pm 0.215$  segundos; intervalo entre notas de  $0.112 \pm 0.0213$  segundos. El número de notas en promedio es de 4. La frecuencia pico de  $0.949 \pm 0.149$  (kHz); frecuencia superior de  $1.21 \pm 0.0497$  (kHz), frecuencia inferior de  $0.668 \pm 0.116$  (kHz) y ancho de banda de 0.539 (kHz).

**Figura 6.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del canto de anuncio de *Gastrotheca nicefori* con una nota pulsada y 4 clicks (notas cortas).*



### Familia HYLIDAE

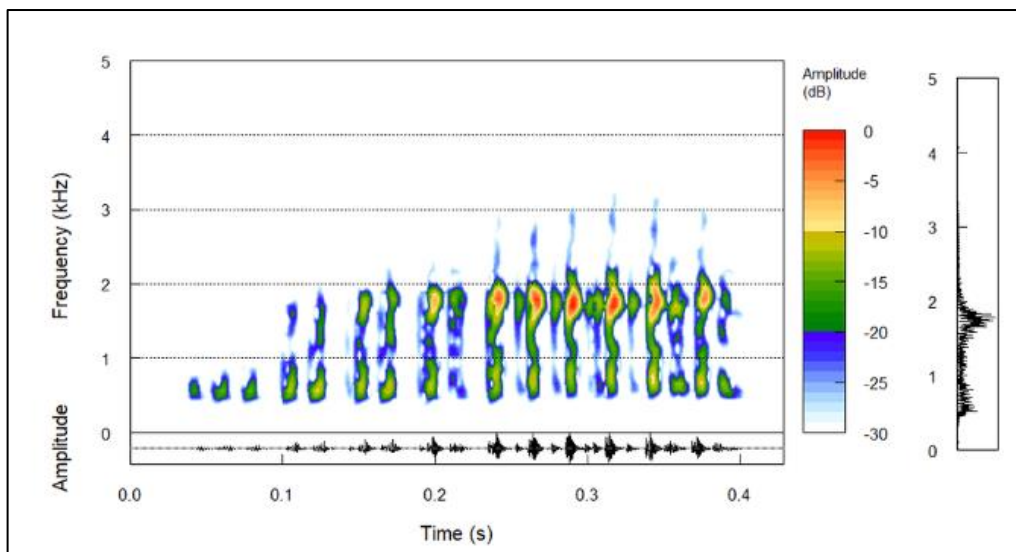
***Boana platanera* (Escalona, Castellanos, Rojas-Runjaic, Crawford, Señaris, Fouquet, Giaretta, and Castroviejo-Fisher, 2021)**

El canto de anuncio de *Boana platanera* (Figura 7) está compuesto por notas pulsadas . Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 6 individuos con un total de 33 cantos. La duración del canto es de  $0.376 \pm 0.170$  segundos; duración de la nota de  $0.0243 \pm 0.015$  segundos. El Intervalo entre notas es de  $0.0146 \pm 0.003$  segundos;  $5.75 \pm 1.39$  notas, La frecuencia

pico es de  $1.82 \pm 0.426$  (kHz); frecuencia superior de  $2.12 \pm 0.371$  (kHz), frecuencia inferior de  $0.609 \pm 0.0915$  (kHz) y ancho de banda de 1.51 (kHz).

**Figura 7.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder de Boana platanera con 7 notas a lo largo de 0.35 segundos.*



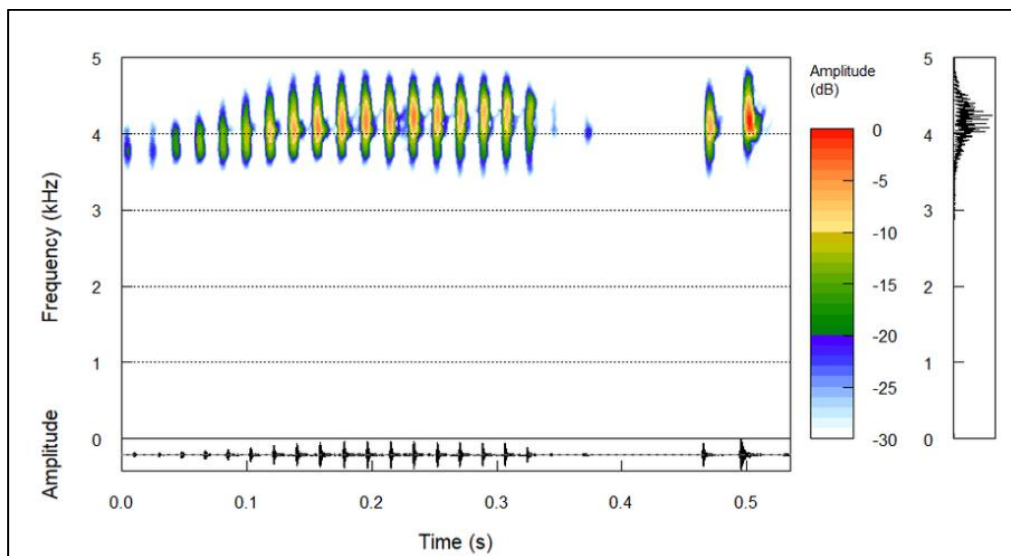
***Dendropsophus subocularis (Dunn, 1934)***

Para *Dendropsophus subocularis* se encontraron 3 tipos de cantos de anuncio donde el primero corresponde a una nota pulsada, el segundo a notas cortas y el tercero (Figura 8) a una nota pulsada y dos clicks. Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 26 individuos con un total de 81 cantos. La duración del canto es de  $0.455 \pm 0.107$  segundos; duración de la nota de  $0.151 \pm 0.178$  segundos; el intervalo entre notas de  $0.089 \pm 0.056$  segundos. El número de notas es de  $2.05 \pm 0.58$ . La frecuencia pico es de  $3.96 \pm 0.380$  (kHz); frecuencia

inferior de  $3.64 \pm 0.382$  (kHz), frecuencia superior de  $4.26 \pm 0.396$  (kHz) y ancho de banda de 0.615 (kHz). La nota pulsada inicial puede contener entre 13 y 19 pulsos.

**Figura 8.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del tercer tipo de canto de anuncio para *Dendropsophus subocularis* con una nota pulsada y dos clics a lo largo de 0.5 segundos*

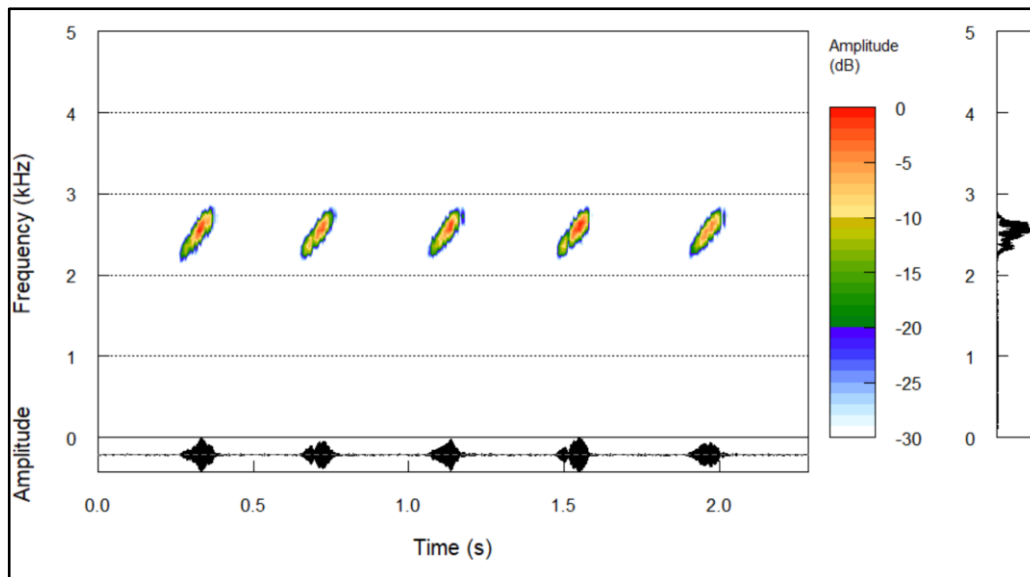


***Hyloscirtus palmeri* (Boulenger, 1908)**

El llamado de anuncio de *Hyloscirtus palmeri* está compuesto por notas cortas con modulación de frecuencia (Figura 9). Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 4 individuos con un total de 39 cantos. Con una duración del canto de  $0.116 \pm 0.0192$  segundos; duración de la nota de  $0.084 \pm 0.009$  segundos; intervalo entre notas de  $0.293 \pm 0.043$  segundos. Con  $3.41 \pm 1.45$  notas. La frecuencia pico de  $2.53 \pm 0.0595$  (kHz); frecuencia inferior de  $2.25 \pm 0.187$  (kHz), frecuencia superior de  $2.70 \pm 0.00921$  (kHz) y ancho de banda de 0.456 (kHz).

**Figura 9.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del llamado de anuncio de *Hyloscirtus palmeri* con 5 notas cortas a lo largo de 2 segundos*

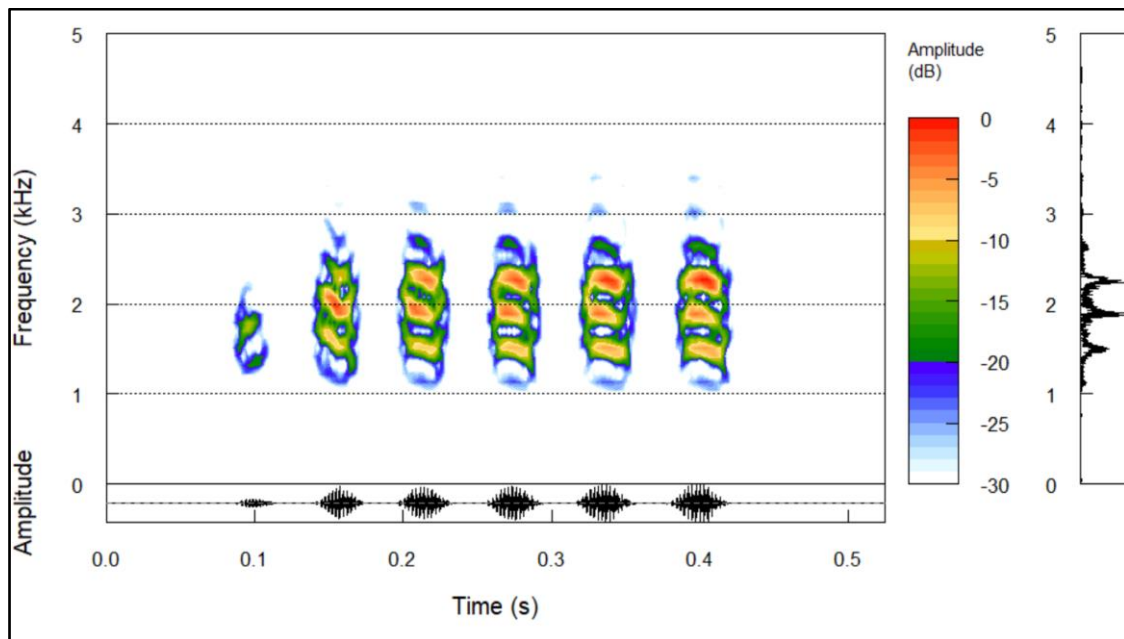


### *Scinax caprarius* (Acosta-Galvis, 2018)

El llamado de anuncio de *Scinax caprarius* se compone de notas pulsadas con 3 armónicos (Figura 10). Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 16 individuos con un total de 40 cantos. La duración del canto es de  $0.245 \pm 0.120$  segundos; la duración de la nota es de  $0.032 \pm 0.005$  segundos; intervalo entre notas de  $0.025 \pm 0.003$  segundos. El llamado de anuncio de *S. caprarius* presenta  $6.056 \pm 0.433$  notas. La frecuencia pico es de  $2.24 \pm 0.243$  (kHz); frecuencia inferior de  $1.51 \pm 0.184$  (kHz), frecuencia superior de  $2.66 \pm 0.217$  (kHz) y ancho de banda de 1.16 (kHz).

**Figura 10.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del canto de anuncio de *Scinax caprarius* con tres armónicos en 5 notas a lo largo de 0.3 segundos*



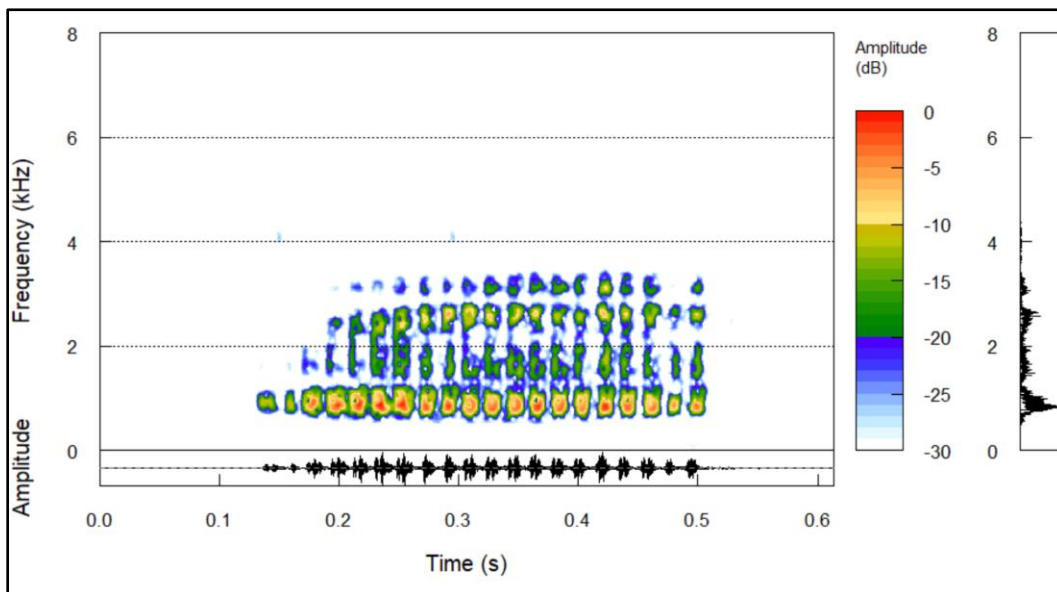
### *Scinax rostratus* (Peters, 1863)

El llamado de anuncio de *Scinax rostratus* se compone de notas con una serie de armónicos (Figura 11). Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 6 individuos con un total de 20 cantos. La duración de las notas es de  $0.695 \pm 0.148$  segundos. Esta especie emite notas de longitud variable, siendo las primeras notas de una serie más cortas que las notas posteriores, con un rango de 0.198 a 1.023 segundos. Las series pueden contener entre 2 a 7 notas separadas por  $4.25 \pm 1.8$  segundos. El número de pulsos es  $24.27 \pm 12.39$ . La frecuencia pico es de  $0.824 \pm 0.374$  (kHz); frecuencia inferior de  $0.729 \pm 0.311$  (kHz), frecuencia superior de  $2.72 \pm 0.189$  (kHz) y

ancho de banda de 1.99 (kHz). Esta especie se caracteriza porque sus vocalizaciones presentan dos bandas de frecuencia no armónicamente relacionadas, es decir, la segunda banda de frecuencia no es un múltiplo entero de la primera.

**Figura 11.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del canto de anuncio para Scinax rostratus con 18 notas a lo largo de 0.37 segundos.*



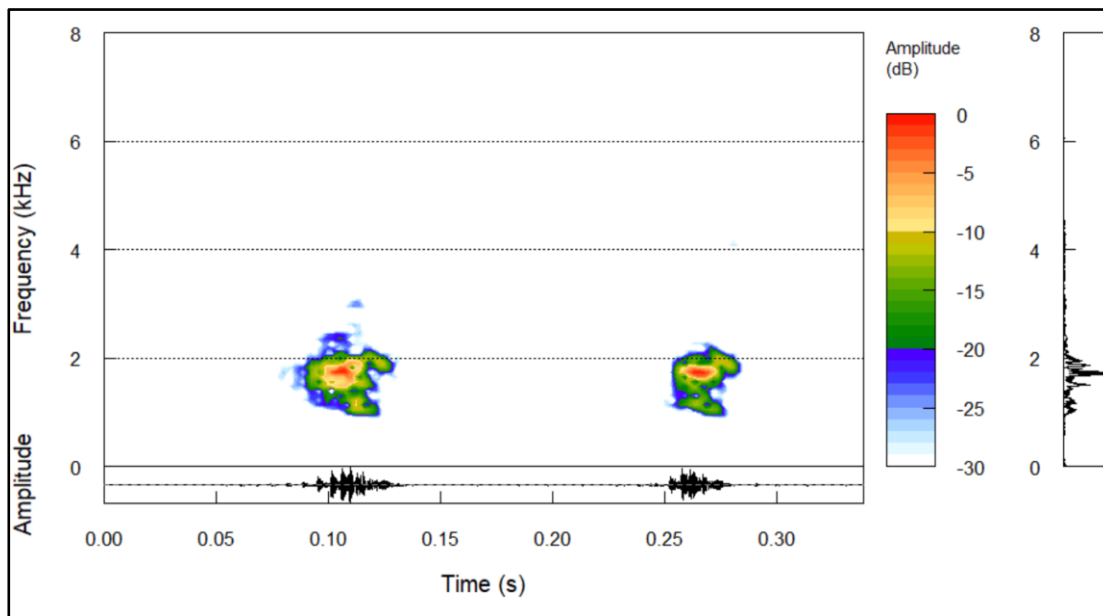
***Agalychnis buckleyi* (Boulenger, 1882)**

El llamado de anuncio de *Agalychnis buckleyi* se compone de dos tipos de canto, uno con solo una nota pulsada siendo el más común y el segundo con dos notas cortas (Figura 12). Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 20 individuos con un total de 68 cantos. La duración del canto es de  $0.749 \pm 0.0720$  segundos; duración de la nota de  $0.180 \pm 0.0209$  segundos; el intervalo entre notas de  $0.389 \pm 0.086$  segundos. El número de notas es de  $1.36 \pm$

0.35. La frecuencia pico de  $1.84 \pm 0.118$  (kHz). La frecuencia inferior de  $1.59 \pm 0.160$  (kHz), frecuencia superior de  $2.09 \pm 0.207$  (kHz) y ancho de banda de 0.499 (kHz). Las notas de esta especie presentan entre 4 y 7 pulsos.

**Figura 12.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del llamado de anuncio para *Agalychnis buckleyi* con dos notas cortas a lo largo de 0.15 segundos.*



**Familia STRABOMANTIDAE**

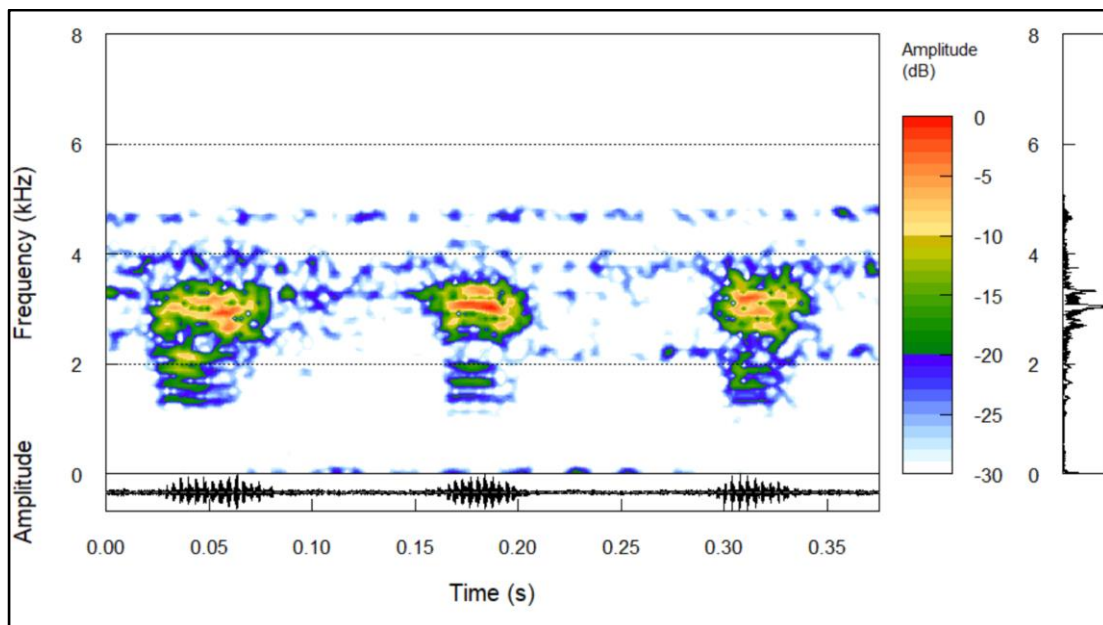
*Pristimantis penelopus* (Lynch & Rueda-Almonacid, 1999)

El canto de anuncio de *Pristimantis penelopus* se compone de notas pulsadas (Figura 13). Los datos temporales y espectrales promediados fueron tomados para 1 individuo en 2 cantos. La

duración del canto es de 0.26 segundos; duración de la nota de  $0.048 \pm 0.006$  segundos; intervalo entre notas de  $0.087 \pm 0.0123$  segundos. *P. penelopus* emite  $2.5 \pm$  notas. La frecuencia pico de 2.44 (kHz); frecuencia inferior de 1.31 (kHz), frecuencia superior de 3.61 (kHz) y ancho de banda de 2.30 (kHz) . Las notas del llamado de anuncio de *P. penelopus* presentan entre 14 y 17 pulsos.

**Figura 13.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del llamado de anuncio para Pristimantis penelopus con 3 notas cortas a lo largo de 0.32 segundos.*



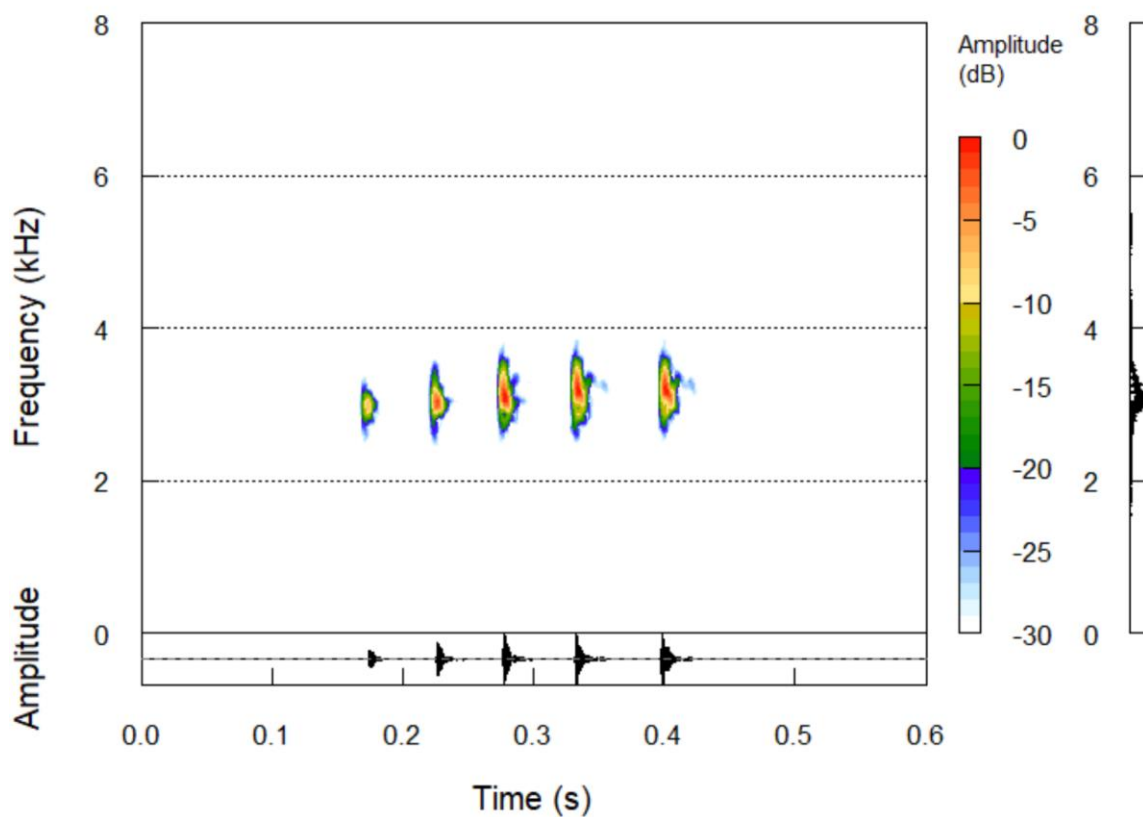
***Pristimantis taeniatus* (Boulenger, 1912)**

El Llamado de anuncio de *Pristimantis taeniatus* es un canto con notas tonales (Figura 14). Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 6 individuos con un total de 48 cantos.

La duración del canto es de  $0.266 \pm 0.0614$  segundos; duración de la nota de  $0.016 \pm 0.005$  segundos; intervalo entre notas de  $0.039 \pm 0.003$  segundos El canto de *P. taeniatus* está compuesto por un promedio de  $5.03 \pm 1.35$  notas. La frecuencia pico es de  $2.92 \pm 0.128$  (kHz); frecuencia inferior de  $2.66 \pm 0.136$  (kHz), frecuencia superior de  $3.18 \pm 0.122$  (kHz) y ancho de banda de  $0.517$  (kHz).

**Figura 14.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder del llamado de anuncio en Pristimantis taeniatus con 5 notas cortas a lo largo de 0.2379 segundos.*

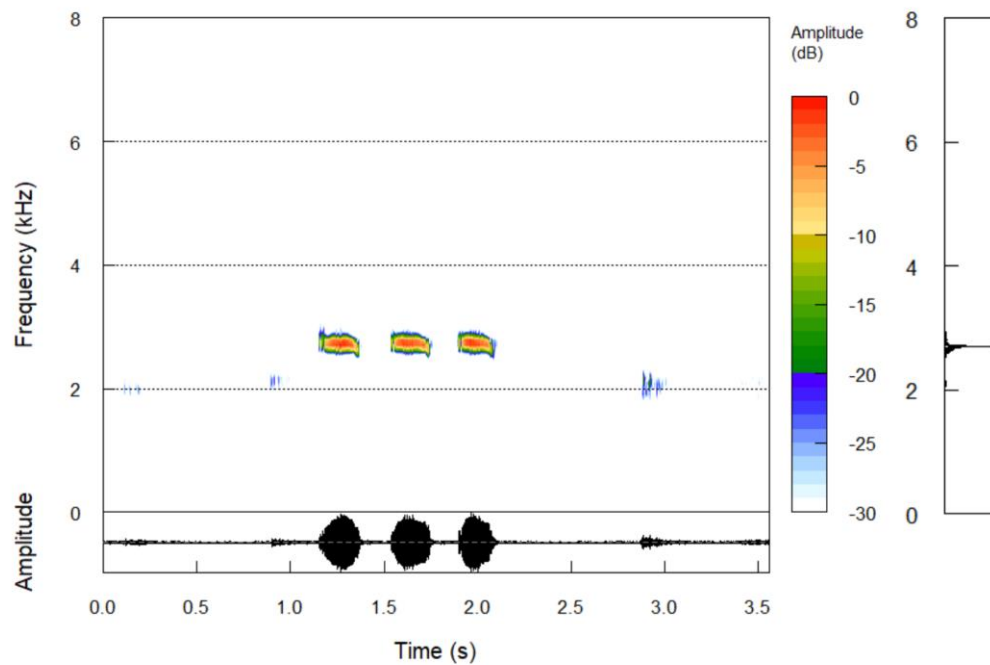


*Pristimantis sp*

El canto de anuncio de *Pristimantis sp* se compone de 3 a 4 notas simples, es decir un solo tipo de nota (Figura 15). Los datos temporales y espectrales fueron promediados para 12 individuos con un total de 42 cantos. La duración del canto es de  $0.952 \pm 0.126$  segundos; duración de la nota de  $0.201 \pm 0.016$  segundos; intervalo entre notas de  $0.165 \pm 0.018$  segundos. *Pristimantis sp* emite un promedio de  $3.34 \pm 0.46$  notas. La frecuencia pico es de  $2.75 \pm 0.0828$  (kHz); frecuencia inferior de  $2.66 \pm 0.0804$  (kHz), frecuencia superior de  $2.83 \pm 0.0698$  (kHz) y ancho de banda de 0.165 (kHz).

**Figura 15.**

*Espectrograma, oscilograma y espectro de poder de Pristimantis sp con 3 notas cortas en 0.9464 segundos.*

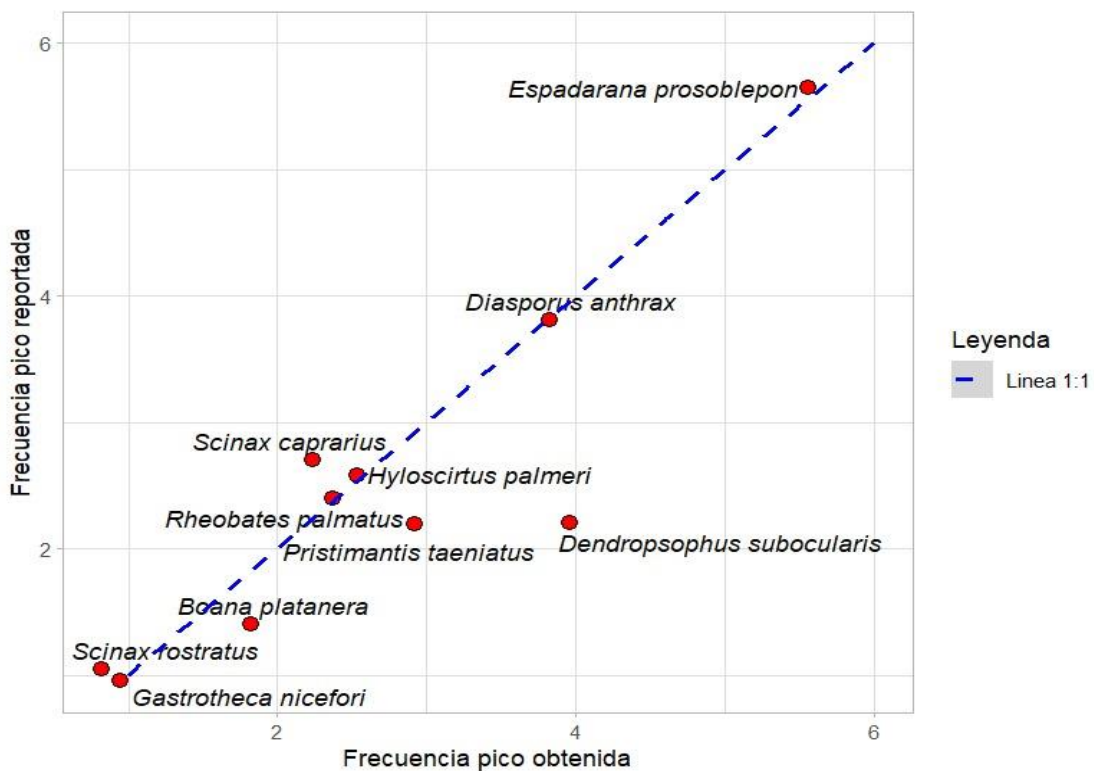


**4.2 Comparación entre las frecuencias picos obtenidas con respecto a las encontradas en la literatura**

En el gráfico de dispersión (figura 16) muestra la correlación de los resultados entre la frecuencia pico obtenida con respecto a la reportada en una línea 1:1 (línea de identidad), obteniendo un resultado de 0.90 y correlación de Pearson con un valor  $t = 5.841$  para un  $df = 8$  con un valor  $p$  de 0.0003867. Por lo tanto hay una alta asociación entre los resultados de los trabajos revisados y los obtenidos en este trabajo.

**Figura 16.**

*Diagrama de dispersión con regresión lineal comparando los datos de la frecuencia pico obtenida en este estudio con la reportada en la literatura representada en la línea 1:1 (línea de identidad).*



#### 4.3.1 Ordenamiento de las especies en el espacio acústico

##### ***Ordenamiento (PCA) de las especies según las propiedades espectrales y temporales de sus llamados de anuncio***

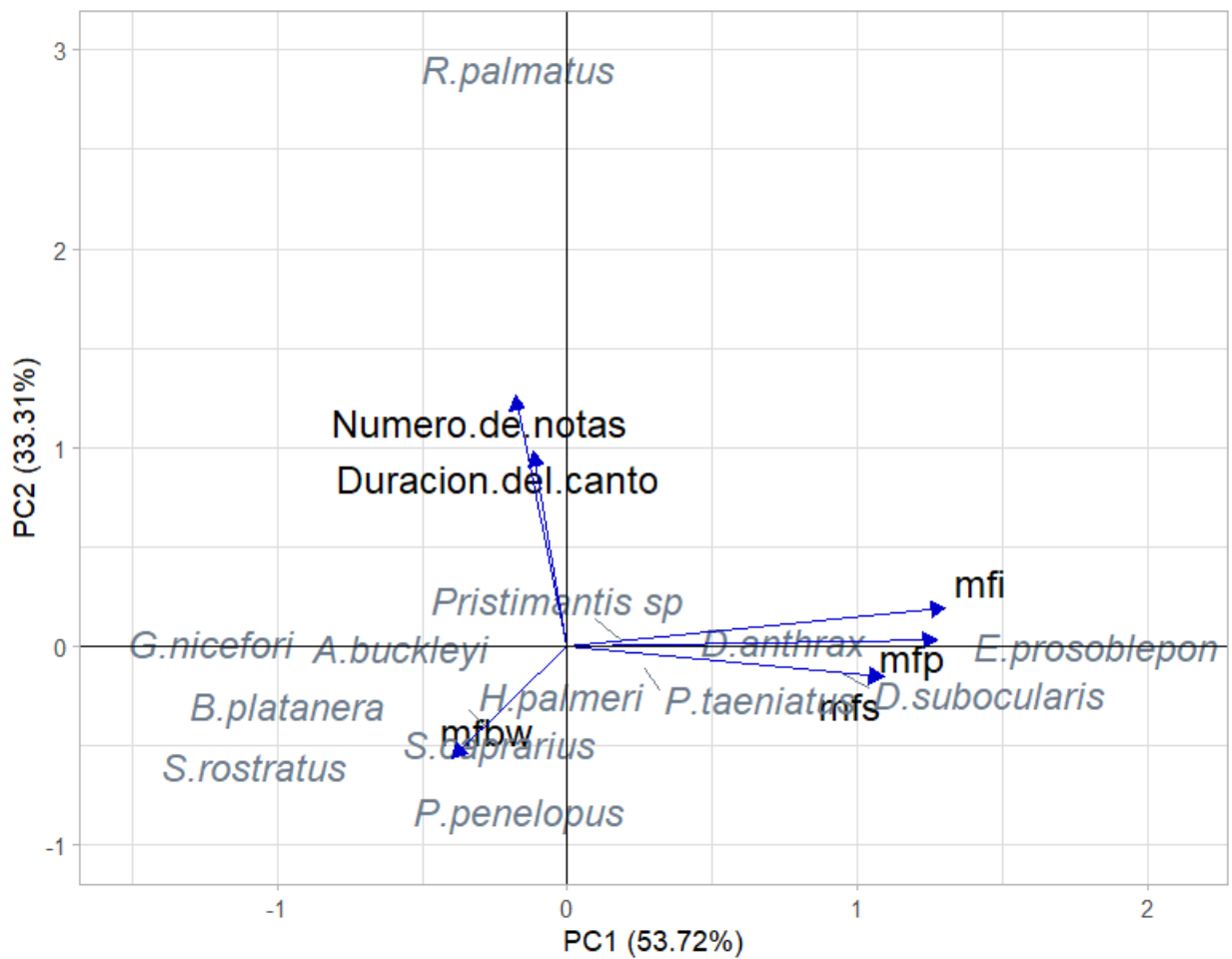
Se realizó una PCA como modelo exploratorio de datos para analizar cómo se agrupan las especies dependiendo del promedio de frecuencia pico (mfp), promedio de frecuencia inferior (mfi), promedio de frecuencia superior (mfs), promedio de ancho de banda (mfbw), promedio de duración del canto y promedio del número de notas.

Por lo anterior, el componente principal 1 (PC1) está relacionado con la frecuencia inferior (mfi), frecuencia pico (mfp) y frecuencia superior (mfs) que explica el 53.72% y el componente principal 2 (PC2) relacionado con promedio de ancho de banda (mfbw) y las variables temporales de duración de canto y número de notas explicando el 33.31%. (Figura 17).

En la misma figura se observa en el primer cuadrante a *E. prosoblepon* al extremo del componente principal 1, debido a las altas frecuencias que presenta, por otro lado, en el segundo cuadrante se puede observar cómo *R. palmatus* tiende a ser aislada por los parámetros temporales, en el tercer cuadrante están las especies con frecuencias bajas y ancho de banda amplio, es decir aquellas no restringidas a altas frecuencias; mientras que en el cuarto cuadrante se concentran especies con frecuencias intermedias influenciadas a su vez por el ancho de banda.

**Figura 17.**

*Análisis de PCA para las variables espectrales (frecuencia inferior (mfi), frecuencia pico (mfp), frecuencia superior (mfs) y ancho de banda (mfbw)) y temporales de duración de canto y número de notas.*



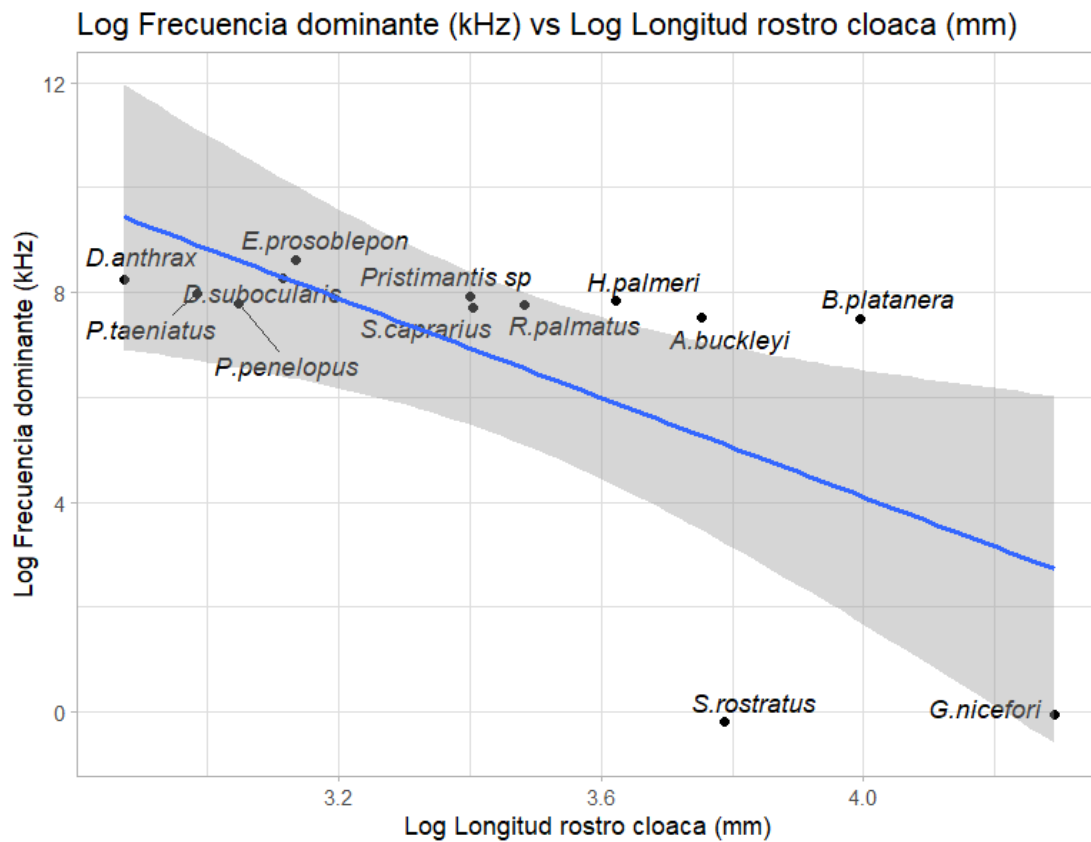
**4.3.2 Relación entre la frecuencia dominante y la longitud rostro cloaca**

**Comparación alométrica entre la frecuencia dominante (pico) y la longitud rostro cloaca (mm)**

Se realizó un gráfico de relación alométrica (figura 18) donde la frecuencia pico está explicada en un 54% por el tamaño, obteniendo un valor del coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) es del 0.548 y el valor estadístico de P del 0.00298 resaltando una correlación significativa visualizada en la figura 18, siendo una correlación negativa donde a medida que aumenta el tamaño, la frecuencia pico disminuye.

**Figura 18.**

**Comparación alométrica entre la frecuencia pico (kHz) y la longitud rostro cloaca (mm)**



**5. Discusión**

### 5.1 Evaluación de datos espectrales y temporales

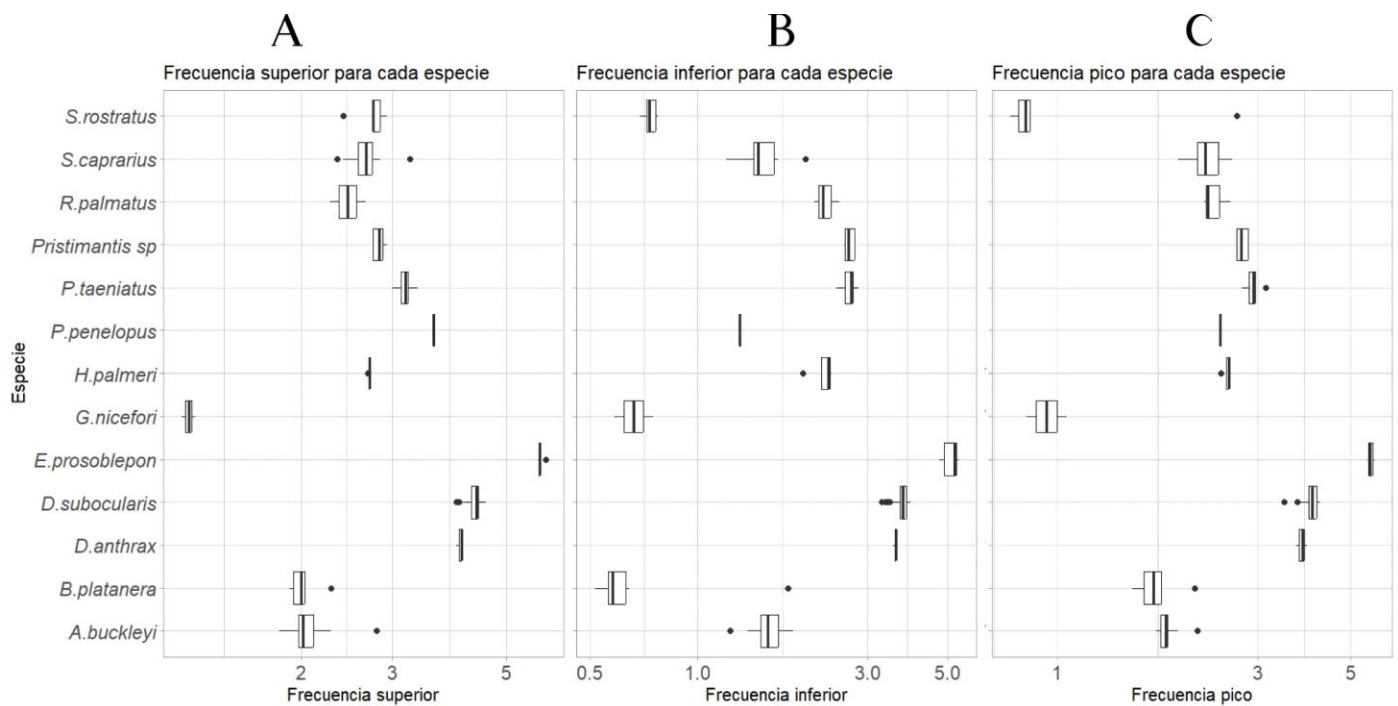
La presencia de especies con variabilidad en su canto estuvo marcada por distintos outliers encontrados al comparar las frecuencias por medio de gráficos de boxplot (figura 19). La incidencia de estos valores atípicos se observa en algunos anuros que poseen distintos tipos de nota en el llamado de anuncio, como sucede con *D. subocularis* (Notas pulsadas o clicks o una combinación de ambos).

La frecuencia pico para *S. rostratus* estuvo situada en diferentes bandas, registrándose en la mayoría de los casos en la banda inferior, mientras que en un único caso se ubicó en la segunda banda con una frecuencia superior a 2.8 kHz. Lo anterior es similar al resultado visto en Lopes & Giaretta, (2022), explicando el mismo fenómeno visto en la gráfica 19c. Esto sucede en otras especies del género *Scinax*, sin embargo, según Lopes et al., (2019) se desconocen los mecanismos fisiológicos que les permiten a estas especies cambiar la frecuencia dominante entre las bandas de frecuencia.

Adicionalmente en el apéndice B se expone mediante una tabla en cuáles especies no hay diferencias significativas entre sus frecuencias, siendo *E. prosoblepon* la que más difiere debido a la magnitud de sus frecuencias.

**Figura 19.**

*Distintos tipos de frecuencias evaluadas, los outliers encontrados pueden deberse a diferentes tipos de cantos en ciertas especies como con D.subocularis y A.buckleyi u otros casos donde la frecuencia pico se ubica en diferentes armónicos, tal como suce*



En cuanto a la variabilidad acústica en los cantos está soportada por los cambios que pueden producir los anuros en las características de sus llamados, según lo declara Toledo et al., (2015) en el contexto social esta variación en el ensamblaje de anuros, permiten evadir el solapamiento del sonido entre especies permitiendo una mejor comunicación.

**5.2 Comparación con los resultados expuestos en la literatura.**

Al comparar los resultados obtenidos de las características espectrales y temporales del llamado de anuncio con base en estudios previos, se observa que hay una correlación alta de 0.90 (figura 16).

Especies como *S. rostratus* y *S. caprarius* presentan frecuencias que se alejan de la línea 1:1. Esta variación puede explicarse por variables ecológicas en su nicho, como lo menciona Parris et al., (2009), indicando que el ruido puede influir en los valores de la frecuencia dominante.

El valor de la frecuencia pico para *Dendropsophus subocularis* registrado en este trabajo se encuentra muy por debajo de los 4 kHz, en (Duellman & Crump, 1974) lo cual no coincide con los resultados reportados (2.2 KHz) (tabla 2). Estos resultados tan discordantes pueden sugerir que se trata de un artefacto derivado de los equipos no tan precisos para la época (1974) en comparación con el año actual.

De las 13 especies revisadas, 10 de estas se tiene conocimiento del canto de anuncio descrito en (Rivera-Correa et al., 2021). A diferencia de las especies *Pristimantis penelopus*, *Agalychnis buckleyi* y *Pristimantis sp*, por lo cual este estudio aporta al conocimiento de las vocalizaciones de anuros de la región e informa la variación geográfica interespecífica en los cantos (tabla 2).

En el caso de *P. penelopus*, aunque se trata de una especie común en el valle del Magdalena medio y el norte de la cordillera central (Restrepo et al., 2017), su llamado de anuncio no había sido caracterizado hasta ahora. De hecho, es poco el conocimiento de la acústica de las especies del grupo *Pristimantis ridens* (Batista et al., 2014)(Duarte-Marin, 2019).

En el caso de *A. buckleyi*, aunque se trata de una especie distribuida en Ecuador y Colombia, este trabajo es el primero en caracterizar su llamado de anuncio. En comparación con

la mayoría de especies de *Agalychnis* que emiten sólo una nota en su llamado de anuncio, *A. buckleyi* emite habitualmente dos notas, siendo un patrón compartido con *Agalychnis callidryas*, *Agalychnis medinae* y *Agalychnis saltator* (Cossio & Medina-Barcenas, 2020).

**Tabla 2.**

*Comparación de resultados obtenidos con los expuestos en la literatura, evaluando la frecuencia pico (FP), frecuencia inferior (FI) y duración del canto (DC)*

Especie	FP (kHz)	FI (kHz)	DC (s)	Autor(es)
<i>Rheobates palmatus</i>	2 - 2.8	NA	30.5 ± 7.4	(Luddecke, 1999)
	2.37 ± 0.188	2.29 ± 0.191	30.2 ± 23.5	En este trabajo de grado
<i>Espadarana prosoblepon</i>	5.300 - 6.000	NA	0.25	(Jacobson, 1985)
	5.56 ± 0.868	5.12 ± 0.278	0.274 ± 0.0252 s	En este trabajo de grado
<i>Diasporus anthrax</i>	3.812	3.192	0.06	(Jiménez Rivillas et al., 2013)
	3.82 ± 0.108	3.58 ± 0.0397	0.0771 ± 0.0256	En este trabajo de grado
<i>Gastrotheca nicefori</i>	0.957	NA	NA	(Duellman & Duellman, 1970)
	0.949 ± 0.149	0.668 ± 0.116	1.33 ± 0.291	En este trabajo de grado
<i>Boana platanera</i>	0.562.5 - 2.287.5	0.542.7 - 1.125.0	0.284	(Escalona et al., 2021)
	1.82 ± 0.426	0.609 ± 0.0915	0.376 ± 0.170	En este trabajo de grado
<i>Dendropsophus subocularis</i>	2.2	NA	0.53	(Duellman & Crump, 1974)
	3.96 ± 0.380	3.64 ± 0.382	0.455 ± 0.107	En este trabajo de grado
<i>Hyloscirtus palmeri</i>	2.580	1.2	NA	(Rivera-Correa & Faivovich, 2014)
	3.96 ± 0.380	3.64 ± 0.382	0.116 ± 0.0192	En este trabajo de grado
<i>Scinax caprarius</i>	2.184 - 3.218	NA	0.21-0.47	(Acosta-Galvis, 2018)
	2.24 ± 0.243	1.51 ± 0.184	0.245 ± 0.120	En este trabajo de grado
<i>Scinax rostratus</i>	1.048 ± 0.089	0.750 ± 0.072	0.138 - 3.106	(Lopes & Giaretta, 2022)
	0.824 ± 0.374	0.729 ± 0.311	0.416 ± 0.175	En este trabajo de grado
<i>Pristimantis taeniatus</i>	2.196	NA	0.361 ± 0.045	(Arias et al., 2023)
	2.92 ± 0.128	2.66 ± 0.136	0.266 ± 0.0614	En este trabajo de grado
<i>Pristimantis penelopus</i>	NA	NA	NA	NA

	2.44	1.31	0.26	En este trabajo de grado
<i>Agalychnis buckleyi</i>	NA	NA	NA	NA
	$1.84 \pm 0.118$	$1.59 \pm 0.160$	$0.170 \pm 0.0720$	En este trabajo de grado
<i>Pristimantis sp</i>	NA	NA	NA	NA
	$2.75 \pm 0.0828$	$2.66 \pm 0.0804$	$0.952 \pm 0.126$	En este trabajo de grado

### 5.3 Variables influyentes de las especies en el espacio acústico

En el ordenamiento y diferenciación de las especies se destaca la fuerte influencia que ejercen las frecuencias (mfp, mfi, y mfs) en los cantos de los anuros (figura 17). De acuerdo a Sugai et al., (2021) la elección de pareja es influenciada por la señalización acústica, que a su vez puede verse afectada por el ruido de fondo, la estructura del ecosistema en el que se esté habitando y el tamaño del cuerpo que influye en las características acústicas.

Lo anterior permite sustentar la importancia de la relación alométrica realizada en este trabajo (figura 18), obteniendo resultados comparables a partir del trabajo de Tonini et al., 2020 el cual se observa la misma línea de ajuste para datos en función logarítmica donde tamaño en los anuros explica el 51% en la variación de la frecuencia pico, evidenciando una relación inversamente proporcional entre estas dos variables.

## Conclusiones

Este trabajo aporta información adicional y actualizada de los cantos de anuncio de los anuros en la región Andina de Colombia al lograr caracterizar los llamados de anuncio para 13 especies de anuros provenientes del sector norte de la Serranía de los Yariguíes utilizando parámetros temporales y espectrales. La comparación entre las mediciones realizadas en este trabajo y las descripciones disponibles para las especies que cuentan con datos indican que no hay grandes diferencias para la mayoría de las especies en términos de frecuencia pico. Sin embargo, se encuentran algunas variaciones principalmente en especies de la familia Hylidae.

El ordenamiento y diferenciación de las especies de este estudio está fuertemente influenciado por las frecuencias que emiten los anuros y su tamaño corporal, este último a su vez permite explicar la variabilidad de las frecuencias pico.

El aporte de este trabajo permitirá facilitar el monitoreo de estas especies en las coberturas de bosques secundarios, fragmentos de bosques conservados y humedales. Asimismo, la importancia en la descripción de cantos aún descritos radica en la comparación geográfica de las regiones donde se haya registrado (Lima et al., 2018).

Adicionalmente, los resultados de este estudio permiten abrir la posibilidad de realizar estudios a futuro sobre la relación de estos anuros con cultivos aledaños a la zona. Dado que el espacio acústico es un recurso crucial para la reproducción de estos anfibios, es fundamental proteger estos ecosistemas.

### Referencias bibliográficas

Acosta-Galvis, A. R. (2018). Una nueva rana de huesos verdes del género *Scinax* (Anura: Hylidae) asociada a los bosques subandinos de la cuenca del río Magdalena, Colombia. *Biota Colombiana*, 19, 131-159.

Arias, E., Barrio-Amorós, C., García-Rodríguez, A., & Chaves, G. (2023). DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, DESCRIPCIÓN DEL LLAMADO DE ANUNCIO Y POSICIÓN FILOGENÉTICA DE *Pristimantis taeniatus* (ANURA: CRAUGASTORIDAE). *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2023.2.378>

Bahía, R., Lambertucci, S. A., Speziale, K. L., Bahía, R., Lambertucci, S. A., & Speziale, K. L. (2022). APLICANDO TÉCNICAS DE BIOACÚSTICA A ESTUDIOS DE ORNITOLOGÍA URBANA: GUÍA Y RECOMENDACIONES. *El hornero*, 37(2), 5-5.

Batista, A., Hertz, A., Köhler, G., Mebert, K., & Vesely, M. (2014). Morphological variation and phylogeography of frogs related to *Pristimantis caryophyllaceus* (Anura: Terrarana: Craugastoridae) in Panama. *Salamandra*, Vol. 50, H. 3, 155-171

Beck, M. W. (2024). *ggord: Ordination Plots with ggplot2*.

Bernardy, J. V., Melo, I., Llusia, D., Diniz-Filho, J. A. F., & Bastos, R. P. (2023). Female preferences for dominant frequency in frogs: Constraints and impact on sexual size dimorphism. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 78(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s00265-023-03418-3>

Cossio, R., & Medina-Barcenas, E. (2020). Acoustic Repertoire and Calling Behavior of the Gliding Treefrog, *Agalychnis spurrelli* (Anura: Hylidae). *South American Journal of Herpetology*, 17(1), 71-78. <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-18-00040.1>

Duellman, W. E., & Crump, M. L. (s. f.). *GROUP IN THE UPPER MIAZON BASIN*.

Duellman, W. E., & Duellman, W. E. (1970). *The hylid frogs of Middle America*. University of Kansas. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.2835>

Escalona, M., Marca, E., Castellanos, M., Fouquet, A., Crawford, A., Rojas-Runjaic, F., Giaretta, A., Señaris, C., & Castroviejo-Fisher, S. (2021). Integrative taxonomy reveals a new but common Neotropical treefrog, hidden under the name *Boana xerophylla*. *Zootaxa*, 4981, 401-448. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4981.3.1>

J. Sueur, T. Aubin, & C. Simonis. (2008). Seewave: A free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics*, 18, 213-226.

Jacobson, S. K. (1985). [Http://www.jstor.org](http://www.jstor.org) Reproductive Behavior and Male Mating Success in Two Species of Glass Frogs (Centrolenidae). *Herpetologica*, 41(4), 396-404.

Jiménez Rivillas, C., Vargas, L., Fang, J., & Daza, J. (2013). Advertisement Call of *Diasporus anthrax* (Lynch, 2001) (Anura: Eleutherodactylidae) with Comparisons to Calls from Congeneric Species. *South American Journal of Herpetology*, 8, 1-4. <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-12-00020.1>

Köhler, J., Jansen, M., Rodríguez, A., Kok, P., Toledo, L. F., Emmrich, M., Glaw, F., Haddad, C., Rödel, M.-O., & Vences, M. (2017). The use of bioacoustics in anuran taxonomy: Theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa*, 4251, 1-124. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4251.1.1>

Ligges, U., Krey, S., Mersmann, O., & Schnackenberg, S. (2023). *tuneR: Analysis of Music and Speech*. <https://CRAN.R-project.org/package=tuneR>

Lima, M. S. C. S., Pederassi, J., Pineschi, R. B., & Barbosa, D. B. S. (2018). Acoustic niche partitioning in an anuran community from the municipality of Floriano, Piauí, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 79, 566-576. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.180399>

Lopes, A. G., & Giaretta, A. A. (2022). On the occurrence of *Scinax kennedyi* (Pyburn, 1973) (Anura, Hylidae) in the state of Roraima, northern Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 62, e202262036. <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2022.62.036>

Luddecke, H. (1999). Behavioral aspects of the reproductive biology of the andean frog *Colostethus palmatus* (amphibia: Dendrobatidae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 23, S303-S303.

Martinez-Medina, D., Acevedo-Charry, O., Medellín-Becerra, S., Rodríguez-Fuentes, J., López-Casas, S., Muñoz-Duque, S., Rivera-Correa, M., López-Aguirre, Y., Vargas-Salinas, F., Laverde-R, O., & Rodríguez-Posada, M. E. (2021). Estado, desarrollo y tendencias de los estudios en acústica de la fauna en Colombia. *Biota Colombiana*, 22(1), Article 1. <https://doi.org/10.21068/c2021.v22n01a01>

Oksanen, J., Simpson, G. L., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., Cáceres, M. D., Durand, S., ... Weedon, J. (2024). *vegan: Community Ecology Package*. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Parris, K. M., Velik-Lord, M., & North, J. M. A. (2009). Frogs Call at a Higher Pitch in Traffic Noise. *Ecology and Society*, 14(1). <https://www.jstor.org/stable/26268025>

Restrepo, A., Velasco, J. A., & Daza, J. M. (2017). EXTINCTION RISK OR LACK OF SAMPLING IN A THREATENED SPECIES: GENETIC STRUCTURE AND ENVIRONMENTAL SUITABILITY OF THE NEOTROPICAL FROG PRISTIMANTIS PENELOPUS (ANURA: CRAUGASTORIDAE). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 57, 1-15. <https://doi.org/10.11606/0031-1049.2017.57.01>

Rivera-Correa, M., & Faivovich, J. (2014). *Hyloscirtus palmeri* (Boulenger 1908).

Rivera-Correa, M., Ospina-L, A. M., Rojas-Montoya, M., Venegas-Valencia, K., Rueda-Solano, L. A., Gutiérrez-Cárdenas, P. D. A., & Vargas-Salinas, F. (2021). Cantos de las ranas y los sapos de Colombia: Estado actual del conocimiento y perspectivas de investigación en ecoacústica. *Neotropical Biodiversity*, 7(1), 350-363. <https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1957651>

Sebastian Duarte-Marin. (2019). The advertisement call of *Pristimantis erythropleura* (Boulenger, 1896) (Craugastoridae) from a population in the central Andes of Colombia. *Herpetological Bulletin*, 148, Summer 2019, 33-34. <https://doi.org/10.33256/hb148.3334>

Simpson, G. L., & Oksanen, J. (2023). *ggvegan: «ggplot2» Plots for the «vegan» Package*. <https://github.com/gavinsimpson/ggvegan>

Tonini, J. F. R., Provete, D. B., Maciel, N. M., Morais, A. R., Goutte, S., Toledo, L. F., & Pyron, R. A. (2020). Allometric escape from acoustic constraints is rare for frog calls. *Ecology and Evolution*, 10(8), 3686-3695. <https://doi.org/10.1002/ece3.6155>

Tubaro, P. L. (1999). *Bioacústica aplicada a la sistemática, conservación y manejo de poblaciones naturales de aves*.

Venables, W. N., & Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S* (Fourth). Springer. <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>

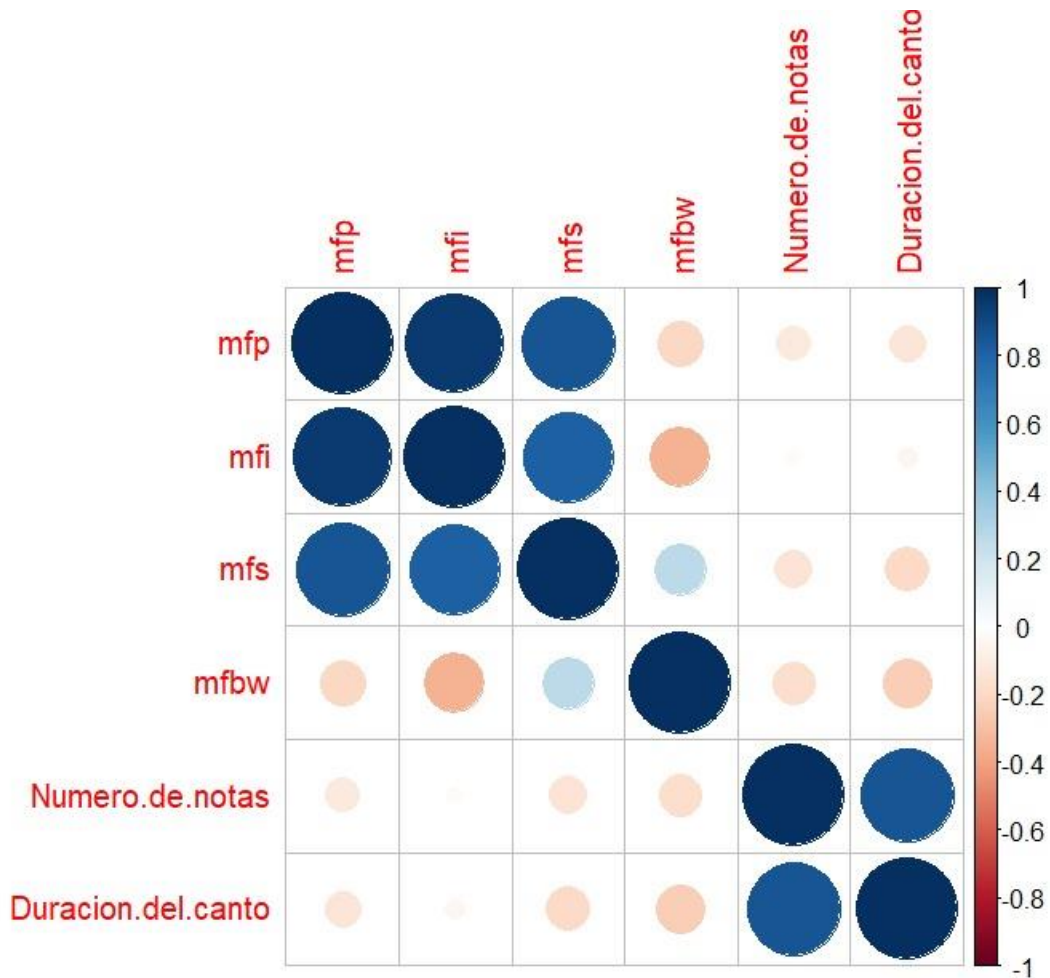
Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org>

Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

Wickham, H., Hester, J., & Bryan, J. (2024). *readr: Read Rectangular Text Data*. <https://CRAN.R-project.org/package=readr>

**Apéndices**

Apéndice 1. Matriz de correlación entre las variables espectrales y temporales medidas las tres variables relacionadas con la frecuencia pico, frecuencia inferior y frecuencia superior presentan una alta correlación. Las variables temporales de duración del canto y número de notas también presentan una alta correlación, sin embargo, las variables espectrales y temporales no están correlacionadas entre sí.



Apéndice 2. Comparación de las frecuencias en los cantos entre las 12 especies de anuros, excluyendo a *Pristimantis penelopus* debido al escaso número de cantos obtenidos. Por medio de la prueba de Kruskal-Wallis se determinó la existencia de diferencias significativas entre los grupos al obtener un valor de P de 2.2e-16, como procedimiento post hoc se empleó la prueba de Dunn para determinar cuáles grupos difieren.

La siguiente tabla expone cuáles especies no poseen diferencias significativas en las frecuencias pico, superior e inferior de sus cantos para cada una de las 12 especies.

<b>Especie</b>	<b>Especies con valores de frecuencia inferior cercanos</b>	<b>Especies con valores de frecuencia superior cercanos</b>	<b>Especies con valores de frecuencia pico cercanos</b>
<i>A.buckleyi</i>	<i>B.platanera</i> <i>G.nicefori</i> <i>S.caprarius</i> <i>S.rostratus</i>	<i>G.nicefori</i> <i>H.palmeri</i> <i>Pristimantis sp</i> <i>R.palmatus</i> <i>S.rostratus</i>	<i>B.platanera</i> <i>G.nicefori</i> <i>S.caprarius</i> <i>R.palmatus</i> <i>S.rostratus</i>
<i>B.platanera</i>	<i>G.nicefori</i> <i>S.rostratus</i> <i>A.buckleyi</i> <i>S.caprarius</i>	<i>S.caprarius</i> <i>S.rostratus</i> <i>P.taeniatus</i>	<i>G.nicefori</i> <i>R.palmatus</i> <i>S.rostratus</i> <i>A.buckleyi</i> <i>S.caprarius</i>
<i>D.antrax</i>	<i>D.subocularis</i> <i>R.palmatus</i> <i>Pristimantis sp</i> <i>E.prosoblepon</i>	<i>D.subocularis</i> <i>P.taeniatus</i>	<i>D.subocularis</i> <i>P.taeniatus</i> <i>Pristimantis sp</i> <i>E.prosoblepon</i>
<i>D.subocularis</i>	<i>D.antrax</i>	<i>P.taeniatus</i> <i>D.antrax</i>	<i>E.prosoblepon</i> <i>D.antrax</i>

---

<i>E.prosoblepon</i>	<i>D.antrax</i>		<i>D.antrax</i> <i>D.subocularis</i>
		<i>H.palmeri</i>	
<i>G.nicefori</i>	<i>B.platanera</i> <i>S.caprarius</i> <i>A.buckleyi</i> <i>S.rostratus</i>	<i>Pristimantis sp</i> <i>R.palmatus</i> <i>A.buckleyi</i> <i>S.caprarius</i> <i>S.rostratus</i>	<i>B.platanera</i> <i>S.caprarius</i> <i>R.palmatus</i> <i>A.buckleyi</i> <i>S.rostratus</i>
	<i>Pristimantis sp</i>	<i>Pristimantis sp</i>	<i>Pristimantis sp</i>
<i>H.palmeri</i>	<i>R.palmatus</i> <i>S.rostratus</i> <i>S.caprarius</i>	<i>R.palmatus</i> <i>S.rostratus</i> <i>A.buckleyi</i> <i>S.caprarius</i>	<i>R.palmatus</i> <i>S.rostratus</i> <i>S.caprarius</i>
		<i>R.palmatus</i> <i>S.rostratus</i>	<i>R.palmatus</i> <i>D.antrax</i>
<i>Pristimantis sp</i>	<i>R.palmatus</i> <i>D.antrax</i>	<i>A.buckleyi</i> <i>G.nicefori</i> <i>H.palmeri</i>	<i>P.taeniatus</i> <i>H.palmeri</i>
		<i>B.platanera</i> <i>D.subocularis</i> <i>D.antrax</i>	<i>Pristimantis sp</i> <i>R.palmatus</i> <i>D.antrax</i>
<i>P.taeniatus</i>	<i>R.palmatus</i>		
	<i>D.antrax</i> <i>S.caprarius</i>	<i>A.buckleyi</i>	<i>B.platanera</i> <i>S.caprarius</i>
<i>R.palmatus</i>	<i>Pristimantis sp</i> <i>H.palmeri</i> <i>P.taeniatus</i>	<i>Pristimantis sp</i> <i>G.nicefori</i> <i>H.palmeri</i>	<i>Pristimantis sp</i> <i>H.palmeri</i> <i>P.taeniatus</i> <i>S.rostratus</i> <i>A.buckleyi</i> <i>G.nicefori</i>
	<i>S.rostratus</i>	<i>S.rostratus</i>	<i>S.rostratus</i>
<i>S.caprarius</i>	<i>H.palmeri</i> <i>R.palmatus</i>	<i>H.palmeri</i> <i>B.platanera</i>	<i>H.palmeri</i> <i>R.palmatus</i>

---

---

	<i>A.buckleyi</i>	<i>G.nicefori</i>	<i>A.buckleyi</i>
	<i>G.nicefori</i>		<i>G.nicefori</i>
	<i>B.platanera</i>		<i>B.platanera</i>
		<i>A.buckleyi</i>	<i>A.buckleyi</i>
	<i>A.buckleyi</i>	<i>G.nicefori</i>	<i>G.nicefori</i>
	<i>G.nicefori</i>	<i>B.platanera</i>	<i>B.platanera</i>
<i>S.rostratus</i>	<i>B.platanera</i>	<i>H.palmeri</i>	<i>H.palmeri</i>
	<i>S.caprarius</i>	<i>S.caprarius</i>	<i>S.caprarius</i>
		<i>Pristimantis sp</i>	<i>R.palmatus</i>

---