



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE CIENCIAS
DE LA VIDA Y LA NATURALEZA (ILACVN)**

**CIENCIAS BIOLÓGICAS ECOLOGÍA Y
BIODIVERSIDAD**

**BIOACÚSTICA DE LA COMUNIDAD DEL PAISAJE DE ANUROS EN EL CHACO
PARAGUAYO**

LINA PAOLA ACOSTA RODRIGUEZ

Foz do Iguaçu
2023



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE CIENCIAS
DE LA VIDA Y LA NATURALEZA (ILACVN)**

**CIENCIAS BIOLÓGICAS ECOLOGÍA Y
BIODIVERSIDAD**

**BIOACÚSTICA DE LA COMUNIDAD DEL PAISAJE DE ANUROS EN EL CHACO
PARAGUAYO**

LINA PAOLA ACOSTA RODRÍGUEZ

Trabajo de Conclusión de Curso presentado al Instituto Latino-Americano de Ciencias de la Vida y de la Naturaleza de Universidad Federal de la Integración Latino-Americana, como requisito para la aprobación en la disciplina de Trabajo de Conclusión de curso II del curso de Ciencia Biológicas – Ecología y Biodiversidad.

Orientador: Prof. PhD. Michel
Varajão Garey Co-orientadora:
MSc. Martha Motte Paredes

Foz do Iguaçu
2023

LINA PAOLA ACOSTA RODRÍGUEZ

**BIOACÚSTICA DE LA COMUNIDAD DEL PAISAJE DE ANUROS EN EL CHACO
PARAGUAYO**

Trabajo de Conclusión de Curso
presentado al Instituto Latino-Americano
de Ciencias de la Vida y de la
Naturaleza de Universidad Federal de la
Integración Latino-Americana, como
requisito para la aprobación en la
disciplina de Trabajo de Conclusión de
curso II del curso de Ciencia Biológicas
– Ecología y Biodiversidad.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. PhD. Michel Varajão Garey
UNILA

Prof. Dr. Fernando César Vieira Zanella
UNILA

Prof. Dr. Víctor Hugo Zaracho
UNNE

Foz do Iguaçu, 1 de Noviembre de 2023.

TERMINO DE SUBMISIÓN DE TRABAJOS ACADEMICOS

Nombre completo de la autora: Lina Paola Acosta

Rodríguez Curso: Ciencias Biológicas. Ecología y

Biodiversidad

Tipo de Documento

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> graduación | <input type="checkbox"/> artículo |
| <input type="checkbox"/> especialización | <input type="checkbox"/> trabajo de conclusión |
| <input type="checkbox"/> maestría | <input checked="" type="checkbox"/> monografía |
| <input type="checkbox"/> doctorado | <input type="checkbox"/> disertación |
| | <input type="checkbox"/> Tesis |
| | <input type="checkbox"/> CD/DVD - obras audiovisuales |

Título del trabajo académico: **“Bioacústica de la comunidad del paisaje de anuros en el Chaco Paraguayo”**

Nombre del orientador: **Michel Varajão Garey**

Fecha de la Defensa:

Licencia no-exclusiva de Distribución

La referida autora:

- a) Declara que el documento entregado es su trabajo original, y que posee el derecho de conceder los derechos contenidos en esta licencia. Declara que la entrega del documento no infringe, hasta donde tiene conocimiento, los derechos de cualquier otra persona o entidad.
- b) Si el documento entregado contiene material del cual no posea los derechos del autor, declara que obtuvo autorización del poseedor de los derechos de autoría para conceder a la UNILA– Universidad Federal de la Integración Latino-Americana los derechos requeridos por esta licencia, y que ese material cuyos derechos son de terceros está claramente identificado y reconocido en el texto o contenido del documento entregado.

Si el documento entregado es basado en trabajo financiado o aprobado por otra institución que no sea la Universidad Federal de la Integración Latino-Americana, declara que cumplió cualquier obligación exigida por el respectivo contrato o acuerdo. En la calidad de titular de los derechos del contenido supracitado, el autor autoriza a la Biblioteca Latino-Americana - BIUNILA a disponibilizar de la obra, gratuitamente y de acuerdo con la licencia pública Creative Commons **Licença 3.0 Unported**.

Foz do Iguaçu, 1 de Noviembre 2023
Lina Paola Acosta Rodríguez
Firma del Responsable

Dedico este trabajo a mis papás, a mi hermano y a Jean Paul.

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente quiero agradecer a mi mamá, a mi papá y a mi hermano ya que ellos lo son todo para mí. Mamá gracias por darme la fuerza para no dejarme rendir ante ninguna adversidad, Pá gracias por apoyarme siempre de la manera más amorosa, paciente e incondicional en cada decisión que tomo, y Joan, hermanito lindo gracias por siempre estar.

A la familia Rodríguez, gracias por siempre estar presente en cada decisión que he tomado para mi vida y sobre todo esta, ya que llegar hasta este punto no fue nada fácil.

Gracias Pollito (Jean Paul) por estar presente en uno de mis proyectos de vida más importantes como lo fue este, gracias por estar 24/7, gracias por el aguante, por tanto amor, gracias por creer en mí. Vamos por más... A Mambo también le agradezco porque me recordó el poder de la constancia y la disciplina, para él todo mi amor perruno.

Un agradecimiento a mi profesor, orientador, compañero de expedición y gran ser humano Michel Garey gracias por la confianza, por el apoyo, por las grandes discusiones de ecología en campo, en laboratorio y virtuales, gracias por hacerme soñar en grande, gracias por el acompañamiento y la fuerza para desarrollar este bonito proyecto. Inmensamente feliz de haber compartido conocimiento, risas, muchos cafés, cervezas y mil anécdotas. También quiero agradecer al Lemet por ser un espacio de intercambio de saberes, discusiones, de práctica y motivación para seguir haciendo ciencia.

Quiero agradecerle a Anto por haberme hecho una de las mejores invitaciones de todos los tiempos, ir hacer colecta en el Chaco Paraguayo, por siempre agradecida ya que ha sido una experiencia inolvidable, gracias a tu familia por recibirme y acogerme, realmente me sentí como en casa. Boluda eres increíble, gracias por la fortaleza, las charlas motivacionales, por las horas eternas de campo, por las enseñanzas, risas, lágrimas, bailes y por hacer que este sueño se hiciera realidad, gracias por estar hasta el último minuto, por siempre en mi corazón Anto.

Gracias a “La Quimera S.A”, por recibirnos y brindarnos una cálida hospitalidad. A Alicia, Alcides y Martín muchas gracias por habernos abierto las

puertas de su casa sin condición alguna, quiero que sepan que son personas maravillosas y guardo todas las experiencias que compartimos.

También a Moni y Mati gracias, hicieron que las noches después de campo fueran más alegres con un buen rock y una cerveza helada A todos los que nos acompañaron en cada expedición Derlis, Raquel, Walter, Gabriel, Marcelo, muchas gracias por la energía, por las enseñanzas, cada expedición fue única.

Quiero agradecerle a Aleja Castañeda por ser esa compañera de lucha desde el inicio de esta etapa, porque siempre estuvo ahí en las largas noches de estudio, en las interminables discusiones, en los momentos buenos y no tan buenos, en los momentos que creía no ver la luz, donde cada vez que veía números o matemáticas quería desistir, sinceramente gracias por acompañarme y hacer que esto fuera más tranquilo, gracias por ser mi compañera de estudio, mi dupla favorita, mi amiga.

Aleja Bautista gracias por acompañarme en esta recta final donde el apoyo mutuo era necesario, llegó el momento de brillar.

Un agradecimiento a todos los profesores de Ciencias Biológicas – Ecología y Biodiversidad, ustedes fueron como una familia en Foz, gracias por hacer parte de este proceso tan importante, por el tiempo, la dedicación en enseñar, por generar espacios de discusión, por las risas, las salidas de campo, por convertirse en amigos y no solo ser el profesor. Al Profesor Zanella muchas gracias por haber estado presente en la pandemia, muchas enseñanzas en ese momento difícil.

Gracias a mis amigos en Colombia, Jhonny, Ángela, Yiyi, Lili, Kelly, Lau y Cucu por siempre estar, por sus palabras de aliento. A Roberth y a Linis por la energía y sus palabras.

Agradezco a mi banca examinadora, Víctor Zaracho, Fernando Zanella, a la profesora Martha Motte y a la profesora Elaine por aceptar la invitación y hacer parte de esta etapa tan importante, profe Víctor gracias por sus contribuciones.

Por último agradezco a la Universidad Federal de Integración Latinoamericana, por haberme dado la oportunidad de ingresar al programa de Ciencias Biológicas - Ecología y biodiversidad

RESUMEN

Los anuros han desarrollado un sistema de comunicación que les permite emitir y recibir señales acústicas que presentan parámetros espectrales y temporales, donde la hipótesis evolutiva sugiere que el canto es moldeado principalmente por la inercia de la filogenética, independientemente del ambiente o de las interacciones bióticas. Al mismo tiempo la división del nicho acústico desempeña un papel fundamental en la determinación de la co-ocurrencia de las especies. El presente estudio tuvo como objetivo describir el paisaje bioacústico de anuros presentes en el Chaco Paraguayo donde se analizaron los parámetros espectrales y temporales de las vocalizaciones de cada especie. Se registraron 19 especies de anuros en 26 cuerpos de agua en dos estancias (San Ramón y San Jorge) localizados en General Díaz, Chaco seco paraguayo. Los resultados mostraron que existe una estructura filogenética en los parámetros del canto de los anuros del Chaco Seco Paraguayo, donde especies filogenéticamente más cercanas, en este caso miembros de una misma familia, tienen parámetros de canto más similares, pero aún marcadamente diferentes. Del mismo modo se observó que los anuros del Chaco comparten el paisaje acústico, sin que se produzca una superposición de nichos.

Palabras claves: bioacústica - Nicho - Inercia filogenética - Anuros - Parámetros acústicos.

RESUMO

Os anuros desenvolveram um sistema de comunicação que lhes permite emitir e receber sinais acústicos que apresentam parâmetros espectrais e temporais, em que a hipótese evolutiva sugere que o canto é moldado principalmente pela inércia filogenética, independentemente do ambiente ou das interações bióticas. Ao mesmo tempo, a partição do nicho acústico desempenha um papel fundamental na determinação da co-ocorrência de espécies. O presente estudo teve como objetivo descrever a paisagem bioacústica dos anuros presentes no Chaco paraguaio, onde foram analisados os parâmetros espectrais e temporais das vocalizações de cada espécie. Foram registradas 19 espécies de anuros em 26 corpos de água de duas fazendas (San Ramón e San Jorge) localizadas em General Díaz, Chaco seco paraguaio. Os resultados mostraram que existe uma estrutura filogenética nos parâmetros de canto dos anuros do Chaco Seco Paraguai, onde espécies filogeneticamente mais próximas, neste caso membros da mesma família, têm parâmetros de canto mais similares, mas ainda assim marcadamente diferentes. Da mesma forma, observou-se que os anuros do Chaco compartilham a paisagem acústica, não havendo sobreposição de nichos.

Palavras chaves: bioacústica - Nicho - Inércia filogenética - Anuros - Parâmetros acústicos.

ABSTRACT

Anurans have evolved a communication system that allows them to emit and receive acoustic signals that exhibit spectral and temporal parameters, where the evolutionary hypothesis suggests that song is shaped primarily by phylogenetic inertia, independent of environment or biotic interactions. At the same time acoustic niche partitioning plays a fundamental role in determining species co-occurrence. The present study aimed to describe the bioacoustic landscape of anurans present in the Paraguay Chaco where the spectral and temporal parameters of the vocalizations of each species were analyzed. Nineteen species of anurans were recorded in 26 water bodies in two sites (San Ramón and San Jorge) located in General Díaz, Paraguay dry Chaco. The results showed that there is a phylogenetic structure in the song parameters of the anurans of the Paraguay Dry Chaco, where phylogenetically closer species, in this case members of the same family, have more similar song parameters, but still markedly different. Likewise, it was observed that the anurans of the Chaco share the acoustic landscape, with no overlapping of niches.

Key words: bioacoustics - Niche - Phylogenetic inertia - Anurans - Acoustic parameters.

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1 – Localización del lugar de estudio	21
Figura 2 – Análisis de coordenadas principales (PCoA)	32
Figura 3 – Sonogramas de las especies; <i>Dendropsophus nanus</i> , <i>Boana raniceps</i> , <i>Pseudis platensis</i> y <i>Leptodactylus macrosternum</i> .	32
.	
Figura 4 – Sonogramas de las especies <i>Leptodactylus bufonius</i> , <i>Leptodactylus podicipinus</i> , <i>Leptodactylus latinasus</i> y <i>Leptodactylus fuscus</i> .	33
.	
Figura 5 – Sonogramas de las especies <i>Elachistocleis haroi</i> , <i>Rhinella diptycha</i> <i>Leptodactylus aepitya</i> y <i>Leptodactylus luctator</i>	33
.	
Figura 6 – Sonogramas de las especies <i>Phitecopus azureus</i> , <i>Physalaemus biligonigerus</i> , <i>Phyllomedusa sauvagii</i> y <i>Trachycephalus typhonius</i> .	34
.	
Figura 7 – Sonogramas de las especies <i>Scinax nasicus</i> , <i>Scinax acuminatus</i> y <i>Rhinella major</i> .	34
.	
Figura 8 – Diagrama de dispersión	35

LISTA DE TABLAS

Tabla1 – Muestra en detalle el total de especies registradas con su respectiva vocalización durante el estudio	28
Tabla 2 – Scores de la PCoA	30

SUMARIO

1 INTRODUCCIÓN	14
2 OBJETIVO GENERAL	18
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	19
3.2 DELINEAMIENTO DE MUESTREO	22
3.3 ANÁLISIS BIOACÚSTICOS	23
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	25
4 RESULTADOS	26
5 DISCUSIÓN.....	35
6 CONSIDERACIONES FINALES.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 INTRODUCCIÓN

La comunicación entre individuos de las diferentes especies reúne formas de relacionamiento social que puede ser visual, auditiva, táctil o química (ENDLER, 1993). En este sentido, la comunicación animal es compleja y envuelve diferentes actores, se presenta por medio de la emisión de señales que varía según la especie, sus receptores, que pueden ser intraespecíficos e interespecíficos los cuales deben recibir y procesar la información de manera adecuada para que la comunicación sea efectiva, siendo que el ambiente que los rodea puede influenciar en la comunicación . Dentro de diferentes formas de comunicación, las señales acústicas son el principal tipo de comunicación intra e interespecífica en diversos grupos de animales, incluyendo los anfibios (WELLS, 2007).

Un individuo de determinada especie es capaz de reconocer a otros individuos de su misma especie a través de un conjunto de señales en intervalos próximos (YAMAMOTO, 2007). La comunicación acústica envuelve diversos tipos de vocalizaciones que son utilizados, por ejemplo, en la reproducción, defensa, territorialidad y encuentros agonísticos (TOLEDO et al., 2014). La comunicación acústica presente en anuros es importante para la reproducción y demás interacciones sociales de este grupo (WELLS, 2007), desempeñando un papel importante en la diversificación de las especies, en la evolución de sus señales de canto (OCHOA, 2021) y en los padrones de co-ocurrencia de las especies (MARTINS et al., 2006; GAREY et al., 2018).

Al emitir una señal acústica, los sonidos recorren importantes distancias que son afectadas por distintos factores cómo: la estructura del hábitat y microhábitats, el nivel del ruido ambiental, la proximidad entre emisores y receptores, la localización de los individuos y la capacidad de los receptores para una mejor extracción de la información del sonido transmitido (PARRIS, 2002). De esta forma, el sonido está sujeto a variables ambientales como la temperatura, tipo de ambientes (florestas, áreas abiertas), características morfológicas y factores como el exceso y degradación que pueden influir en la propagación y estructura de la señal, provocando pérdida de información importante (GAREY et al., 2018).

La hipótesis evolutiva sugiere que el canto es moldeado principalmente por la inercia de la filogenética, independientemente del ambiente o de las interacciones bióticas dependientes de la densidad, lo que significa que especies íntimamente relacionadas tienen señales acústicas semejantes (BLAIR, 1958; GRINGAS et al., 2013b). A pesar de variar entre estudios, algunas investigaciones ya verificaron la existencia de una señal filogenética en el canto de las especies (GRINGAS et al., 2013a, más ver TOBIAS et al., 2011). Para las demás restricciones evolutivas, el tamaño del cuerpo de los anuros también influencia los parámetros del canto (GRINGAS et al., 2013b). De manera general, existe una correlación entre la frecuencia dominante y el tamaño del cuerpo del macho, ya que cuanto mayor es el animal más graves serán los cantos o sea, menor serán las frecuencias que este utiliza (ARAUJO, 2020). En la mayoría de las especies de anfibios, las hembras exhiben una preferencia por machos con cantos más graves, que remiten al tamaño del cuerpo mayor y potencialmente un mayor fitness (WELLS, 2007). Además de las informaciones para la hembra, la frecuencia del canto proporciona información de la capacidad física de un macho para su oponente (ARAUJO, 2020). De este modo, las relaciones morfológicas y evolutivas influyen en los atributos de los cantos de las especies, lo que puede tener consecuencias en los patrones de co-ocurrencia de las especies.

Las características del ambiente interfieren en la estructura y propagación del sonido (MORTON, 1975). Las variaciones ambientales estructurales de los hábitats y microhábitats seleccionados por el emisor del sonido influyen en los parámetros del canto, consiguiendo promover variaciones intra e interespecíficas que optimizan la emisión de la señal acústica y reflejan la divergencia sonora de la especie que co-ocurren (MORTON, 1975; PARRIS, 2002; BOSCH & DE LA RIVA, 2004). Además, existe una correlación entre la temperatura con las variables temporales del canto, esto quiere decir, que esta afecta de diferentes maneras a las llamadas de los individuos, en algunas situaciones se ven cambios en la duración del canto mientras que en otros se ve en el incremento de las tasas de emisión del canto (MORAIS, 2012). El espacio acústico es limitado, de esta forma, existen diferentes estrategias para la división del espacio acústico para minimizar la sobreposición e interferencia en las

señales acústicas, y consecuentemente en la efectividad de la comunicación (DUELLMAN & PYLES, 1983). Las interferencias bioacústicas pueden dividirse en tres niveles: la primera es la intraespecífica que implica competencia por el apareamiento o recursos que aumentan la probabilidad de apareamiento ; la segunda, la interespecífica que implica recursos de comunicación como por ejemplo: competencia por frecuencias del espacio acústico y sitios de canto, y la tercera, ruidos del paisaje, por ejemplo, ruidos de la vegetación, riachuelos y también ruidos antrópicos (POMBAL, 2010). Sin embargo, hay mecanismos para reducir las interferencias acústicas: la utilización de diferentes frecuencias ("separación de frecuencias"), la segregación espacial a través de la selección diferencial de ambientes para la reproducción o incluso de los sitios de canto ("separación espacial"), segregación temporal a través de la ocurrencia en horas, días o períodos del año diferentes para la reproducción ("separación temporal") y diferentes patrones espectrales y temporales del canto específico de cada especie (POMBAL, 2010).

La idea del concepto de competencia ecológica se podría ampliar a nicho acústico, o sea, la sobreposición en la porción del espacio acústico en que una señal es transmitida correctamente entre el emisor y receptor, provoca una respuesta comportamental (CHEK et al., 2003; ARAÚJO, 2020). Esta competencia acústica puede considerarse una forma específica de competencia ecológica donde la divergencia en las características espectrales de las vocalizaciones son una estrategia evolutiva o adaptativas para que las especies puedan ocupar nichos acústicos distintos, minimizando el solapamiento de sus vocalizaciones y evitando así las interferencias mutuas (CHEK et al., 2003). En consecuencia, la importancia que presenta la comunicación acústica en la reproducción de los anuros y la competencia por el espacio acústico debe ser mínima, pues es un recurso limitado y ampliamente utilizado durante el frenesí de la reproducción (OCHOA, 2021). Estudios realizados en diferentes áreas evidencian que dentro de una comunidad de anuros, las especies simpátricas tienden a presentar diferencias importantes y con poca sobreposición en los parámetros espectrales y temporales del canto (CHEK et al., 2003; GAREY et al., 2018). Con todo, los estudios evaluando el uso del espacio acústico por las comunidades de anuros son escasos, y hasta donde sabemos, ningún estudio

de esta naturaleza fue realizado en comunidades de anuros de la región del chaco, una ecorregión con una pronunciada estación seca, que restringe temporalmente el periodo de reproducción de los anuros.

2 OBJETIVO GENERAL

Realizar estudios sobre las vocalizaciones de los anuros pueden tener diferentes finalidades, como, por ejemplo: monitoreamiento de especies que se encuentran en peligro de extinción y de especies crípticas difíciles de rastrear, estudios sobre los patrones temporales y uso del espacio acústico, ya que esto proporciona información importante sobre el estado de los ecosistemas teniendo en cuenta que los anuros son excelentes bioindicadores. Pues, los cantos son considerados caracteres taxonómicos determinantes en la identificación de las especies (FLORENCE, 1831; BRADBURY & VEHRENCAMP, 1998; YEN & FU, 2001). En los últimos años, el estudio y análisis de la bioacústica se ha convertido en una herramienta útil gracias al desarrollo de nuevas tecnologías, logrando la captura de un paisaje sonoro donde permite entender las relaciones entre las especies y la forma en que un ensamblaje se llega a organizar para que la comunicación sea efectiva para todos los individuos. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo describir el paisaje bioacústica de anuros presentes en el Chaco Paraguayo, ya que se observa una falta de estudios de vertebrados para la ecorregión, principalmente en lo que respecta a los anfibios de Paraguay ya que es una de las fauna menos conocidas si la comparamos con la de otros países del Sur de América (BRUSQUETTI & LAVILLA, 2006).

Objetivos Específicos

Más específicamente, este proyecto buscó:

- Analizar los parámetros espectral y temporal de las vocalizaciones de cada especie de anuro.
- Comparar la utilización del espacio bioacústico por la comunidad de anuros.
- Evaluar si la frecuencia de co-ocurrencia entre las especies está asociada a la disimilitud en los parámetros de canto entre las especies de las dos comunidades.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

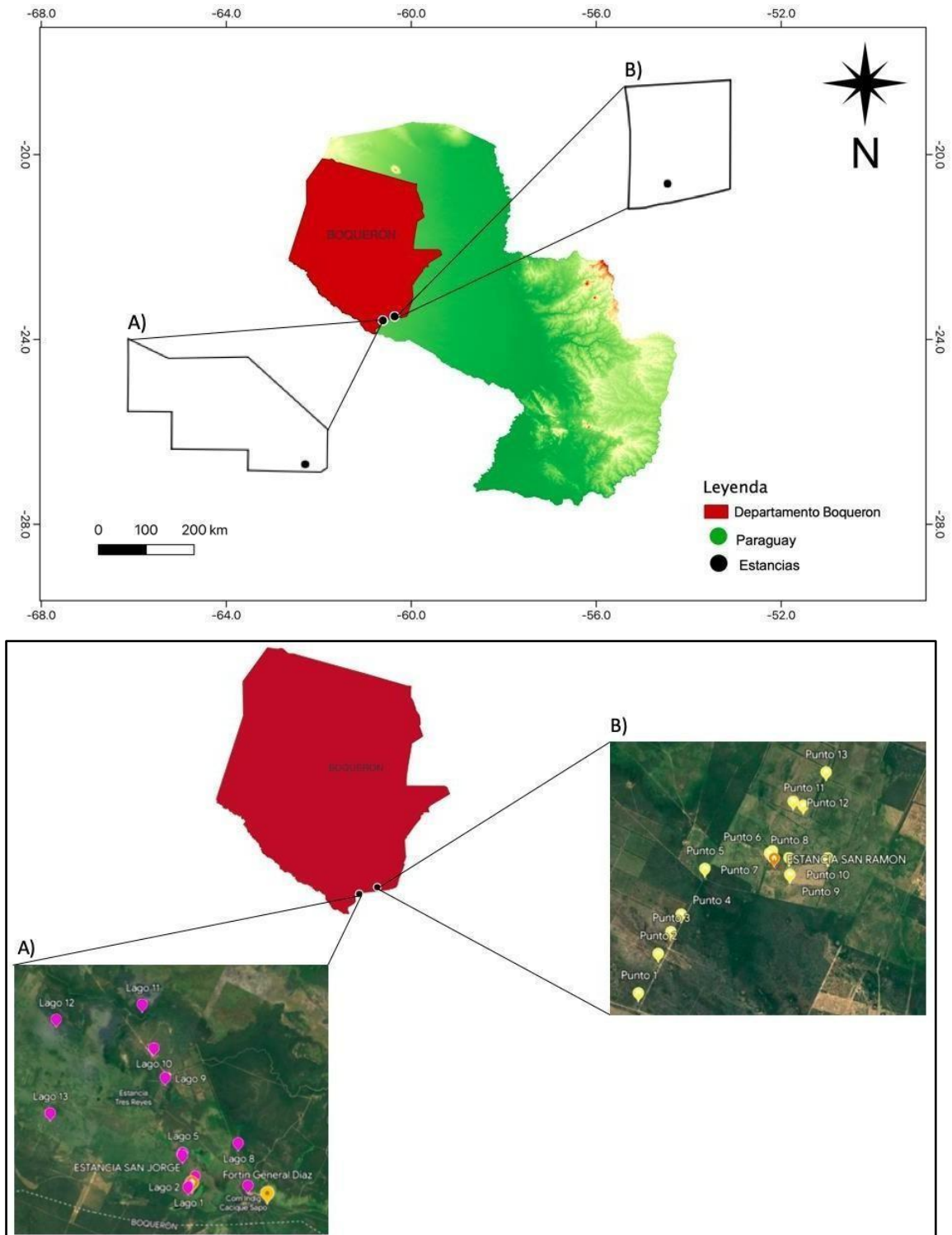
El Paraguay está compuesto por cinco ecorregiones: Bosque Atlántico del Alto Paraná, Cerrado, Chaco Húmedo, Chaco Seco y Pantanal (LIFE INSTITUTE, 2016). Esta investigación se llevó a cabo en el Chaco Seco paraguayo región localizada en el occidente del Paraguay que tiene por característica la presencia de extensas llanuras planas, sabanas y humedales, cuenta con una superficie total aproximadamente de 240.887,9 km² que constituye un 25,4% del Gran Chaco Americano; bioma más extenso, compartido entre Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay. (GILL et al., 2020). Más específicamente, nuestra área de investigación fue el Chaco Seco, se caracteriza por ser una vasta llanura sedimentaria, modelada por la acción de los ríos que la atraviesan en sentido noroeste- sudeste, principalmente el Bermejo y Pilcomayo, los cuales transportan gran cantidad de sedimentos desde sus altas cuencas (MERELES et al., 2013).

El clima de la ecorregión del Chaco Seco es extremo según la clasificación de Köppen, pues presenta precipitaciones concentradas en el verano; teniendo máximas de 800 mm/año al este y 600 mm/año hacia el oeste. La temperatura máxima absoluta es de 48°C y mínima de -5°C grados en el invierno seco (GILL et al., 2020). El tipo de vegetación dominante es el bosque xerofítico, es decir bosques abiertos, bajos y espinosos con matorrales o arbustales bien desarrollados (MERELES et al. 2013), presentes en suelos arcillosos, duros y estructurados en seco. Para el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible del Paraguay (MADES) la variación de los periodos de sequía y humedad han generado un mosaico de suelos arenosos y arcillosos, con predominio de loes, abundancia de carbonatos de calcio y salinos. En las áreas bajas, la salinidad y las restricciones en el drenaje condicionan la composición florística, emergiendo palosantales, algarrobales y chañares (BURKART et al., 1999).

El área de estudio se encuentra localizada en dos propiedades privadas llamadas *Estancia San Jorge* y *Estancia San Ramón*. La *Estancia San Jorge* cuenta con un área total de 12.500 hectáreas, ubicada en la región del Chaco

Seco en la zona Fortín General Díaz, Distrito Mariscal Estigarribia entre los departamentos Presidente Hayes y Boquerón (23°35'20,70" S, 60°36'43,6" O). La estancia cuenta con grandes áreas silvestres, con ecosistemas intactos a nivel de paisaje. Sin embargo, esta utiliza parte de sus tierras para la agroganadería. La *Estancia San Ramón* se encuentra a 40 km de la *Estancia San Jorge*, y cuenta con una área total de 2.500 hectáreas, se ubica en la zona de Avalos Sánchez, departamento de Presidente Hayes (23°30'09,1" S, 60°21'33,2" O). El área de esta estancia se encuentra mejor conservada, ya que sus tierras no se utilizan para temas de agricultura y las actividades ganaderas están detenidas por las grandes sequías que han sufrido.

Las áreas de la *Estancia San Jorge* sufren periódicamente con inundaciones por el río Pilcomayo, estas inician desde diciembre hasta abril, y a partir de junio comienzan a descender hasta llegar a la sequía que se presenta en el mes de septiembre. Por consiguiente, las características del suelo de la estancia *San Jorge* presenta una textura pesada (arcillosa), impidiendo ser drenadas, ya que es una zona muy susceptible a las inundaciones durante la época de lluvias (MADROÑO, 1995). Por otra parte, la *Estancia San Ramón* presenta un suelo de tipo arenoso (GILL et al., 2020), teniendo en cuenta que este no sufre de inundaciones por el río Pilcomayo (Figura.1).



Autor: López A. 2023. Mapa de Paraguay

Figura 1. Localización del lugar de estudio. 1. Mapa de Paraguay A) Límites de San Jorge. B) Límites de San Ramón. 2. Mapa del departamento de Boquerón A) Estancia San Jorge con los sitios muestreados. B) Estancia San Ramón con los sitios muestreados

3.2 DELINEAMIENTO DE MUESTREO

Metodológicamente esta investigación se realizó en cuatro expediciones durante los meses de noviembre de 2022 a mayo 2023, divididas en periodos de tiempo de 10 a 15 días. Para la selección de los cuerpos de agua se realizaron dos visitas previas para el reconocimiento del área durante el mes de agosto y octubre 2022, donde allí fueron seleccionados los cuerpos de agua teniendo en cuenta que estos presentaran, retención de agua y que entre cuerpos se tuviese una distancia de 100 metros aproximadamente.

Se muestrearon un total de 26 cuerpos de agua lenticas: 13 cuerpos de agua en la *Estancia San Jorge* y otros 13 en la *Estancia San Ramón*. La primera captura de vocalizaciones fue realizada al inicio de la temporada de lluvia noviembre 2022, la segunda en enero de 2023 donde se presentaba una mayor frecuencia de lluvias, la tercera en marzo 2023 y una última captura en el mes de mayo 2023, donde finalizó la época de lluvia. Esta captura de vocalizaciones se realizó en horario nocturno en un intervalo de 19:00 pm hasta el periodo de menor actividad de vocalización entre 00:00 am a 2:00 am.

En cada cuerpo de agua antes de iniciar las grabaciones fueron anotadas cuales especies estaban en actividad de vocalización (i.e., datos de composición de especies por cuerpo de agua). Una vez tomados los datos de composición, se bordeó el cuerpo de agua ubicando a los machos cantando para así poder realizar el registro de los cantos. Para cada individuo grabado se consignaron informaciones concernientes a: fecha y hora, localización geográfica, número de cuerpo de agua, número de registro, avistamiento del individuo durante la grabación, observaciones comportamentales y temperatura, que fue medida con termómetro UNITY TDU-100. Cada una de las capturas vocales fueron realizadas con un grabadora TASCAM modelo DR-100MKIII y un micrófono CSRHT-81 UNI-DIRECTIONAL ELECTRET CONDENSER MICROPHONE, siendo posicionado entre 1.0 y 1.50 aproximadamente de cada individuo que vocalizaba. Todos los registros realizados fueron guardados en un formato wave en canal de audio mono con una velocidad de muestreo 48kHz y una resolución de 24 bits. Fueron encontradas 22 especies de anfibios anuros pertenecientes a 5 familias, ocho especies fueron registradas a través de sus vocalizaciones

desde noviembre de 2022 hasta mayo 2023 (*Boana raniceps*; *Dendropsophus nanus*; *Phyllomedusa sauvagii*; *Pithecopus azureus*; *Pseudis platensis*; *Scinax acuminatus*; *Leptodactylus bufonius* y *Physalaemus biligonigerus*). Para las 11 especies como (*Leptodactylus fuscus*; *Leptodactylus luctator*; *Trachycephalus typhoni*; *Leptodactylus apepyta*; *Leptodactylus latinasus*; *Scinax nasicus*; *Leptodactylus podicipinus*; *Leptodactylus macrosternum*; *Rhinella major*; *Rhinella Diptycha* y *Elachistocleis haroi*) no fue posible registrar su vocalización en campo, se utilizaron grabaciones teniendo en cuenta la proximidad geográfica al sitio de estudio, estas fueron facilitadas por la Fonoteca Zoológica de la Universidad Nacional del Nordeste (FZ-UNNE) hospedada en el laboratorio de herpetología de la facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura, que se encuentra a cargo del Dr. Víctor Hugo Zaracho, coordinador y docente investigador del grupo de investigación en anfibios y reptiles. Todo este procedimiento fue realizado con el fin de aumentar el número de muestras de la comunidad. Las tres especies faltantes (*Ceratophrys cranwelli*, *Dermatonotus muelleri*, *Physalaemus albonotatus*) fueron descartadas del análisis ya que no se lograron obtener sus cantos, lo que dio por resultado final un análisis de 19 especies pertenecientes a cuatro familias para evaluación del paisaje acústico de la comunidad de anuros del Chaco.

3.3 ANÁLISIS BIOACÚSTICOS

Las llamadas se digitalizaron y analizaron en Raven Pro 1.4 (Cornell University, Ithaca, NY, USA) con una frecuencia de muestreo de 48kHz, 24 bits de resolución y un solo canal. Las mediciones de frecuencia se realizaron con transformación rápida de Fourier con 512 puntos y tipo de ventana en Hamming. Los sonogramas se analizaron con un 50% de brillo y un 50% de contraste. Para analizar la estructura de cada canto se tuvieron en cuenta los parámetros espectrales y temporales. Para los parámetros espectrales se analizó: frecuencia máxima (Hz), mínima (Hz) y dominante (Hz), número de notas por canto y número de tipos de notas. En cuanto a los parámetros temporales, se tuvo en cuenta: duración del canto (s), intervalo entre cantos (s), duración de la nota (s) e intervalo entre las notas (s).

De este modo los términos bioacústicos que se utilizaron en esta investigación están de acuerdo con Kohler et al 2017. Se detallan a continuación. **Frecuencia máxima (Hz):** Mayor frecuencia de energía que se encuentra en el canto. **Frecuencia mínima (Hz):** Menor frecuencia de energía que se encuentra en el canto. **Frecuencia dominante:** Es la frecuencia del canto o nota con mayor energía acústica, se define dentro del espectro de potencia total. **Nota:** Unidad temporal que constituye el canto, también formada por pulsos. **Tipo de nota:** Un canto puede consistir en notas muy similares dispuestas de forma estereotipada o más compleja (un tipo de nota = llamadas simples). Pero las notas también pueden diferir entre sí por sus propiedades temporales, espectrales y/o energéticas, y pueden definirse distintos tipos de notas (más de un tipo de nota = llamadas complejas). En esta investigación se tuvieron en cuenta 3 categorías de notas (**tonal, armónicos y pulsada**). La vocalización tonal se caracteriza por tener un solo componente de frecuencia en cualquier instante del tiempo. Los armónicos tienen un mayor número de componentes espectrales relacionados armónicamente. En el espectrograma se reconoce una estructura diferenciada de armónicos, pero con componentes espectrales entre los armónicos. En la vocalización pulsada generalmente es posible distinguir todos o la mayoría de los pulsos individuales cuando se analizan, esta se caracteriza con series de ráfagas de energía. **Pulsos:** Impulsos energéticos enfatizados en el espectro temporal de una nota. **Duración de la nota (s):** La duración de una sola nota dentro de un canto; se mide desde el principio hasta el final de la nota. **Duración del canto (s):** La duración del canto, independientemente de que esté compuesta por una o varias notas; se mide desde el principio hasta el final del canto. **Intervalo entre cantos (s):** Tiempo transcurrido del final de un canto al comienzo del próximo.

Para observar y analizar la estructura acústica de los cantos de cada especie, se generaron los espectrogramas y oscilogramas de cada grabación con el programa Raven Pro 1.4, 24 bytes, (Cornell University, Ithaca, NY, USA) (Cornell Lab of Ornithology). Se analizaron tres cantos de cada macho grabados por especies con una media de $2.95 \pm$ desvío padrón de 2.88. Las bandas de frecuencia ocupadas por las especies van desde 93.116 Hz hasta 9209.818 Hz. Finalmente, las vocalizaciones fueron separadas en archivos de audio

independientes para un mejor manejo de la información.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para verificar si existe una segregación en el espacio bidimensional de los parámetros acústicos del canto de los anuros del Chaco, inicialmente fue utilizado el Análisis de Coordenadas Principales (PCoA), debido a la presencia de variables cuantitativas y cualitativas. La PCoA permite posicionar objetos en un espacio de dimensionalidad reducida preservando al máximo sus relaciones de distancia (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012), este se realizó a partir de una matriz de distancia de Gower utilizando el promedio de los parámetros espectrales como también los parámetros temporales de las 19 especies divididas en 4 familias. Para la construcción del gráfico se utilizaron las familias como componente agrupador.

Se realizó el análisis de Correlación de Matrices de Mantel para verificar si existe una relación entre el grado de co-ocurrencia entre especies (índice de (Veech) y la similitud en los parámetros del canto (distancia de Gower). Con permutación, la significancia de las matrices fue verificada utilizando dicho test con 999 permutaciones al azar.

Este fue realizado a partir de una matriz de co-ocurrencia obtenida a través de un modelo probabilístico desarrollado por VEECH (2013) y una matriz de distancia de Gower de los parámetros del canto. A partir de esto, la correlación estadística determinará la relación o dependencia que existe entre las dos variables que intervienen en una distribución bidimensional. Es decir, determina si los cambios en una de las variables influyen en los cambios de la otra. En caso de que suceda, diremos que las variables están correlacionadas o que no hay correlación entre ellas. Como los datos presentaron una distribución normal, se utilizó una correlación de Pearson entre el producto cruzado de las dos matrices triangulares. En los análisis estadísticos se consideró un alfa del 5%.

A lo largo del texto, los datos estadísticos descriptivos se presentan utilizando los promedios \pm desvío padrón. Los análisis se realizaron en el software R, utilizando los siguientes paquetes: vegan, ape y cooccur.

4 RESULTADOS

Se registraron 19 especies de anuros en actividad de vocalización, cuyos cantos de anuncio mostraron gran amplitud para los datos espectrales y temporales (Tabla 1). La mayoría de las especies emitieron un canto de anuncio simple, excepto *Dendropsophus nanus*, *Boana raniceps*, *Pseudis platensis* y *Leptodactylus macrosternum* que emitieron un canto compuesto por dos tipos de notas.

Las especies se clasificaron en tres categorías de estructura de canto: tonal, pulsado y armónico. El canto de *Physalaemus biligonigerus* (figura 6) está compuesto por una única nota de estructura armónica, presentando 5 armónicos en su canto con una frecuencia dominante que se observó en la primera franja del armónico. Las especies *Leptodactylus bufonius*, *Leptodactylus podicipinus*, *Leptodactylus latinasus* y *Leptodactylus fuscus* presentaron una estructura de canto tonal con una única nota (Figura 4). El canto con estructura pulsada fue observado en *Boana raniceps*, *Dendropsophus nanus*, *Pseudis platensis*, *Phyllomedusa sauvagii*, *Pithecopus azureus*, *Scinax acuminatus*, *Leptodactylus luctator*, *Trachycephalus typhonius*, *Leptodactylus apepyta*, *Scinax nasicus*, *Leptodactylus macrosternum*, *Rhinella major*, *Rhinella Diptycha* y *Elachistocleis haroi*.

El análisis de parámetros espectrales evidencio que: la frecuencia mínima más baja se registró en *Leptodactylus luctator* (Leptodactylidae) 93.116 ± 24.042 Hz y la frecuencia mínima más alta se registró en *Dendropsophus nanus* (Hylidae) 2939.552 ± 374.311 Hz. La frecuencia máxima más baja se registró en *Leptodactylus luctator* (Leptodactylidae) 356.947 ± 39.138 Hz y la frecuencia máxima más alta se registró en *Elachistocleis haroi* (Microhylidae) 9209.818 ± 4105.664 Hz. *Dendropsophus nanus* (Hylidae) presento la frecuencia dominante más alta 4115.625 ± 245.954 Hz y *Leptodactylus luctator* (Leptodactylidae) registro la frecuencia dominante más baja 258.398 ± 0.000 Hz. Para los parámetros temporales, la duración del canto más largo se registró en *Rhinella diptycha* (Bufonidae) 13.948 ± 1.949 s, y la duración del canto más corto se registro en *Leptodactylus podicipinus* (Leptodactylidae) 0.039 ± 0.003 s. El intervalo entre cantos más largo se registró en *Elachistocleis haroi* (Microhylidae)

17.375 ± 2.539 s y el intervalo entre cantos más corto se registró en *Leptodactylus aepyta* (Leptodactylidae) 0.079 ± 0.011 s, la duración de la nota más larga se registró en *Rhinella major* (Bufonidae) 5.859 ± 2.853 s y la duración de la nota más corta se registró en *Leptodactylus podicipinus* (Leptodactylidae) 0.039 ± 0.003 s. El intervalo entre notas más largo se registró en *Elachistocleis haroi* (Microhylidae) 17.375 ± 2.539 s y el intervalo entre notas más corto se registró en *Leptodactylus aepyta* (Leptodactylidae) 0.079 ± 0.011 s.

Tabla 1. Muestra en detalle el total de especies registradas con su respectiva vocalización durante el estudio. Los datos son presentados como el promedio \pm desvío padrón de la frecuencia mínima (FminHz), frecuencia máxima (FmaxHz), frecuencia dominante (FdomHz), la varianza de frecuencias (VarFre), duración del canto (DCs), intervalo entre cantos (ICs), duración de la nota (DNs) intervalo entre notas (INs).

Familia	Especie	Fmin(Hz)	Fmax(Hz)	Fdom(Hz)	Var Fre	DC(s)	IC(s)	DN(s)	IN(s)
Bufonidae	<i>Rhinella diptycha</i>	289.913	3851.483	689.062	561.571	13.948	14.916	1.834	2.604
		(± 77.606)	(± 1666.055)	(± 0.000)	(± 1662.421)	(± 1.949)	(± 8.831)	(± 0.447)	(± 0.482)
	<i>Rhinella major</i>	1624.736	3525.689	2583.984	1900.953	5.859	4.026	5.859	4.026
		(± 190.602)	(± 128.311)	(± 54.475)	(± 296.517)	(± 2.853)	(± 1.543)	(± 2.853)	(± 1.543)
Hylidae	<i>Boana raniceps</i>	457.521	3271.185	1587.798	2813.664	0.879	3.340	0.188	0.202
		(± 160.469)	(± 603.699)	(± 725.872)	(± 692.005)	(± 0.453)	(± 3.349)	(± 0.066)	(± 0.035)
	<i>Dendropsophus nanus</i>	2939.552	5506.593	4115.625	2567.041	0.215	0.574	0.049	0.410
		(± 374.311)	(± 2026.690)	(± 245.955)	(± 2167.203)	(± 0.135)	(± 0.676)	(± 0.015)	(± 0.655)
	<i>Pseudis Platensis</i>	564.556	3845.534	2133.384	3280.978	0.489	0.849	0.277	0.576
		(± 138.256)	(± 840.531)	(± 335.653)	(± 867.048)	(± 0.238)	(± 0.516)	(± 0.113)	(± 0.675)
	<i>Phitecopus azureus</i>	1020.243	2542.510	1903.125	1522.267	0.442	1.168	0.203	1.209
		(± 289.195)	(± 229.022)	(± 135.641)	(± 346.460)	(± 0.412)	(± 1.385)	(± 0.190)	(± 1.358)
	<i>Phyllomedusa sauvagii</i>	552.526	2542.552	1157.072	1990.026	0.664	4.309	0.239	1.880
		(± 101.072)	(± 1357.528)	(± 173.102)	(± 1340.234)	(± 0.459)	(± 1.962)	(± 0.068)	(± 3.063)
	<i>Scinax acuminatus</i>	809.717	3832.659	1182.292	3022.942	0.378	1.067	0.378	1.067
		(± 137.413)	(± 1783.502)	(± 61.626)	(± 1729.958)	(± 0.050)	(± 0.172)	(± 0.050)	(± 0.172)
	<i>Trachycephalus typhonius</i>	147.290	3598.086	1722.656	3450.795	0.892	0.130	0.892	0.130
		(± 29.757)	(± 51.541)	(± 0.000)	(± 59.514)	(± 0.051)	(± 0.040)	(± 0.051)	(± 0.040)
	<i>Scinax nasicus</i>	710.149	4836.900	1055.127	4126.752	0.061	0.342	0.061	0.342
		(± 84.98)	(± 364.932)	(± 37.297)	(± 319.055)	(± 0.003)	(± 0.052)	(± 0.003)	(± 0.052)
Leptodactylidae	<i>Physalaemus Biligonigerus</i>	281.198	3781.969	1562.500	3500.771	0.874	4.361	0.874	4.361

		(±81.162)	(±214.026)	(±1000.488)	(±286.403)	(±0.238)	(±1.625)	(±0.238)	(±1.625)
	<i>Leptodactylus bufonius</i>	1084.557	1982.321	1627.841	897.764	0.187	0.729	0.187	0.729
		(±145.570)	(±96.021)	(±107.805)	(±162.407)	(±0.024)	(±0.177)	(±0.024)	(±0.177)
	<i>Leptodactylus podicipinus</i>	870.395	4508.198	2928.516	3637.804	0.039	0.406	0.039	0.406
		(±115.967)	(±184.038)	(±0.000)	(±159.381)	(±0.003)	(±0.126)	(±0.003)	(±0.126)
	<i>Leptodactylus aepita</i>	1740.789	2618.623	2153.320	877.834	0.083	0.079	0.083	0.079
		(±181.158)	(±156.755)	(±0.000)	(±315.007)	(±0.006)	(±0.011)	(±0.006)	(±0.011)
	<i>Leptodactylus latinasus</i>	2856.375	4402.921	3789.844	1546.546	0.060	0.244	0.060	0.244
		(±323.031)	(±52.340)	(±0.000)	(±329.519)	(±0.003)	(±0.033)	(±0.003)	(±0.033)
	<i>Leptodactylus fuscus</i>	2767.409	2566.549	1937.989	1874.696	0.297	0.968	0.297	0.968
		(±38.655)	(±74.020)	(±74.593)	(±63.124)	(±0.019)	(±0.086)	(±0.019)	(±0.099)
	<i>Leptodactylus macrosternum</i>	253.305	1590.088	568.476	1336.782	0.304	0.937	0.304	0.937
		(±115.052)	(±618.549)	(±139.949)	(±635.611)	(±0.138)	(±0.172)	(±0.138)	(±0.149)
	<i>Leptodactylus luctator</i>	93.116	356.947	258.398	263.830	2.964	1.696	0.346	0.816
		(±24.043)	(±39.138)	(±0.000)	(±49.565)	(±1.115)	(±0.080)	(±0.028)	(±0.083)
Microhylidae	<i>Elachistocleis haroi</i>	1472.976	9209.818	4105.664	7736.842	4.321	17.376	4.321	17.376
		(±377.868)	(±369.576)	(±40.603)	(±617.773)	(±0.520)	(±2.540)	(±0.520)	(±2.319)

En cuanto al análisis de coordenadas principales (PCoA), se observó como el primer eje explica el 50% de la variación en los cantos, en cuanto al segundo eje explica el 38%, es decir, los dos ejes juntos, presentan el 88% de la variación en los datos de cantos de las especies (Figura 2). Se observa que *Elachistocleis haroi* (Microhylidae) es el que se encuentra más apartado de las demás familias, es decir, presenta mayor diferencia en la variación del canto. Por otra parte, la familia Hylidae se encuentra agrupada hacia la parte central de los ejes, a excepción de *B. raniceps* y *P. platensis* localizadas hacia la parte inferior del plano. En la mayoría de los representantes de la familia Leptodactylidae se observa una tendencia de agrupación hacia un mismo lugar (lado izquierdo) salvo las especies *L. macrosternum* y *L. luctator* que se encuentran retirados y en la parte inferior del plano. La familia Bufonidae muestra que sus dos representantes *R. diptycha* y *Rhinella major* se encuentran hacia el costado derecho del plano un poco distantes. De forma general el PCoA nos muestra cómo las familias ocupan una porción específica del espacio acústico, lo que refleja una gran variación de las estructuras presentadas en los sonogramas.

Tabla 2. Scores de la PCoA (posición de las especies en relación a los dos ejes creados) realizadas a partir de datos de once variables del canto de las 19 especies de anfibios registradas en actividad de vocalización en una comunidad del Chaco paraguayo.

Especies	Axis.1	Axis.2	Eigenvalues
<i>Boana raniceps</i>	0.08574	-0.15299	0.373094935
<i>Dendropsophus nanus</i>	0.003645	-0.01915	0.218141227
<i>Physalaemus biligonigerus</i>	-0.06801	0.013239	0.151911679
<i>Pseudis platensis</i>	0.044762	-0.10075	0.075709208
<i>Rhinella major</i>	0.170157	0.070939	0.04265562
<i>Phitecopus azureus</i>	-0.00596	0.002338	0.02439899
<i>Leptodactylus bufonius</i>	-0.21124	-0.01585	0.007215423
<i>Phyllomedusa sauvagii</i>	0.048745	-0.0433	0.006145362
<i>Scinax acuminatus</i>	0.015589	-0.00131	0.002613191
<i>Leptodactylus podicipinus</i>	-0.19342	0.070441	0.000467776
<i>Trachycephalus typhonius</i>	0.024894	-0.00418	1E-11
<i>Leptodactylus aepita</i>	-0.02281	0.015102	-0.00030937
<i>Leptodactylus latinasus</i>	-0.25525	0.113191	-0.002806405
<i>Leptodactylus fuscus</i>	-0.23266	0.028237	-0.003017264
<i>Leptodactylus macrosternum</i>	0.016437	-0.16129	-0.006299874
<i>Leptodactylus luctator</i>	0.08069	-0.13223	-0.011579983
<i>Scinax nasicus</i>	0.014528	0.005739	-0.015747928
<i>Rhinella diptycha</i>	0.262452	-0.02561	-0.023606841
<i>Elachistocleis haroi</i>	0.221719	0.337447	-0.035819916

Figura 2. Análisis de coordenadas principales (PCoA) realizadas a partir de datos de once variables del canto de las 19 especies de anfibios registradas en actividad de vocalización en una comunidad del Chaco paraguayo. Diferentes colores y símbolos indican el uso de diferentes sitios de canto por especie.

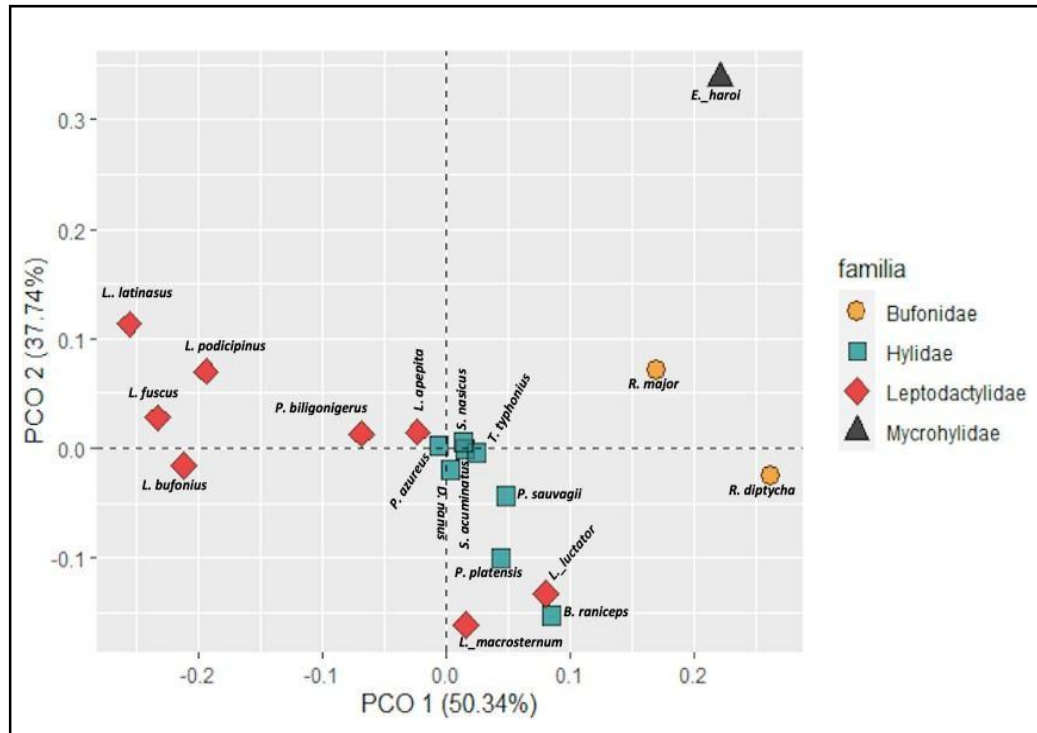


Figura 3. Sonogramas de las especies; *Dendropsophus nanus*, *Boana raniceps*, *Pseudis platensis* y *Leptodactylus macrosternum*. En el eje X el tiempo en segundos (s), eje Y la frecuencia en kHz y en la parte superior su respectivo oscilograma.

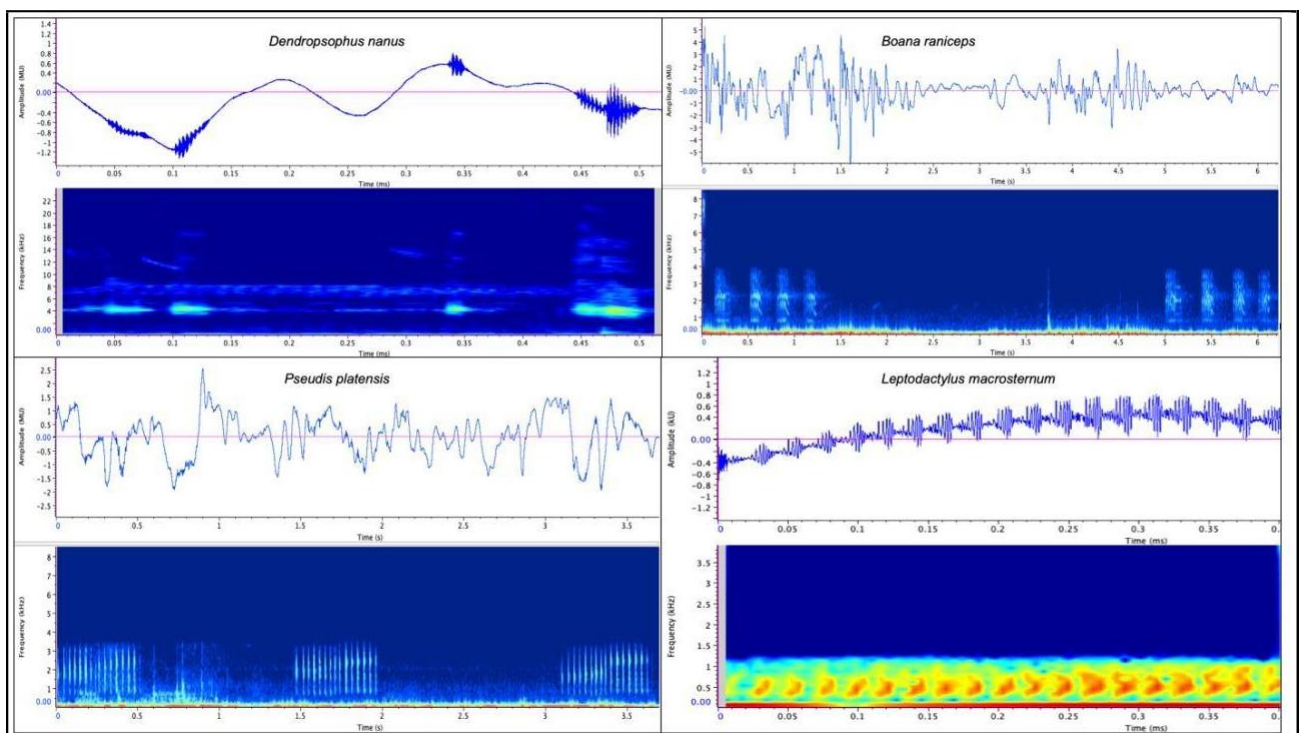


Figura 4. Sonogramas de las especies *Leptodactylus bufonius*, *Leptodactylus podicipinus*, *Leptodactylus latinasus* y *Leptodactylus fuscus*. En el eje X el tiempo en segundos (s), eje Y la frecuencia en kHz y en la parte superior su respectivo oscilograma.

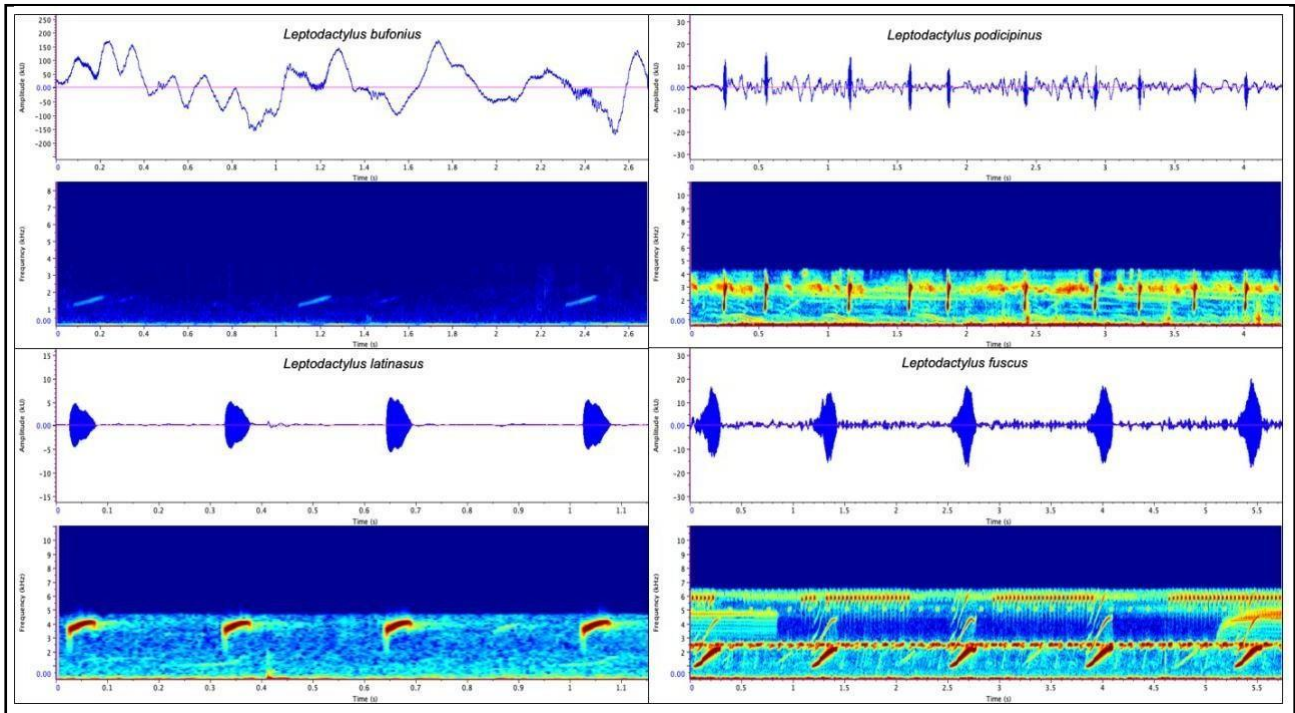


Figura 5. Sonogramas de las especies *Elachistocleis haroi*, *Rhinella diptycha*, *Leptodactylus aepyta* y *Leptodactylus luctator*. En el eje X el tiempo en segundos (s), eje Y la frecuencia en kHz y en la parte superior su respectivo oscilograma.

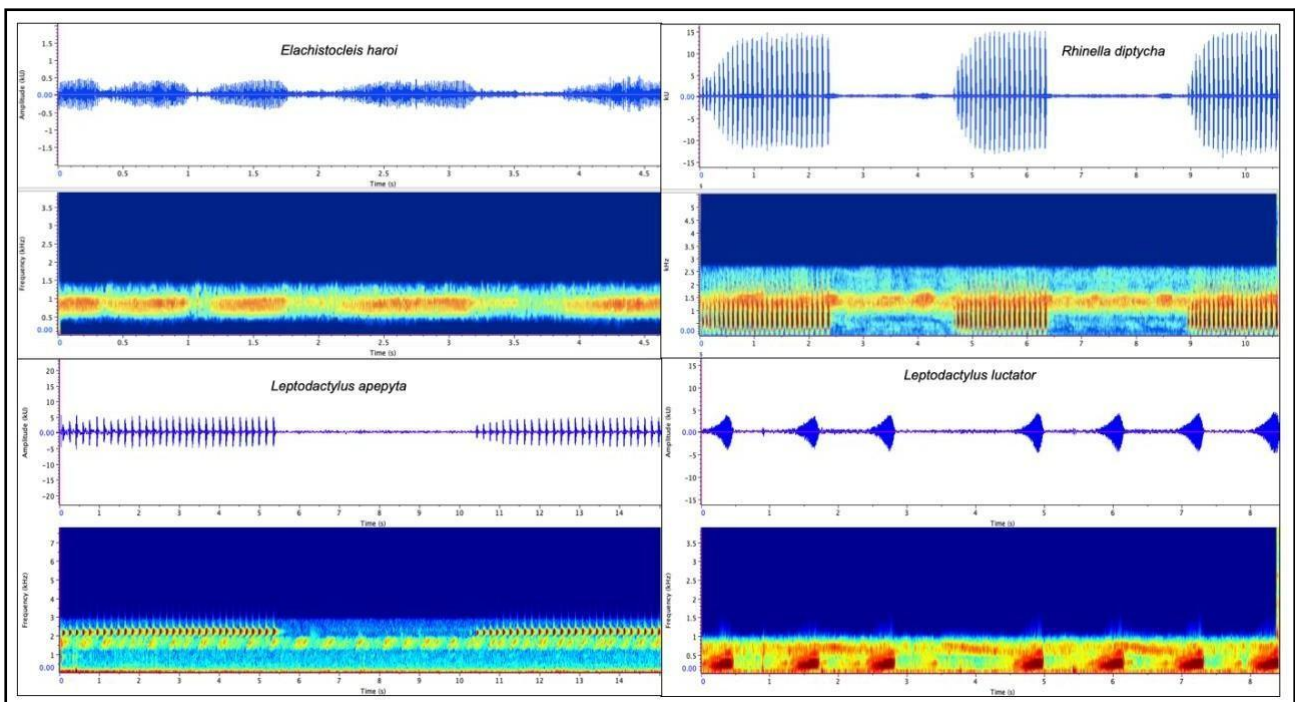


Figura 6. Sonogramas de las especies *Phitecopus azureus*, *Physalaemus biligonigerus*, *Phyllomedusa sauvagii* y *Trachycephalus typhonius*. En el eje X el tiempo en segundos (s), eje Y la frecuencia en kHz y en la parte superior su respectivo oscilograma.

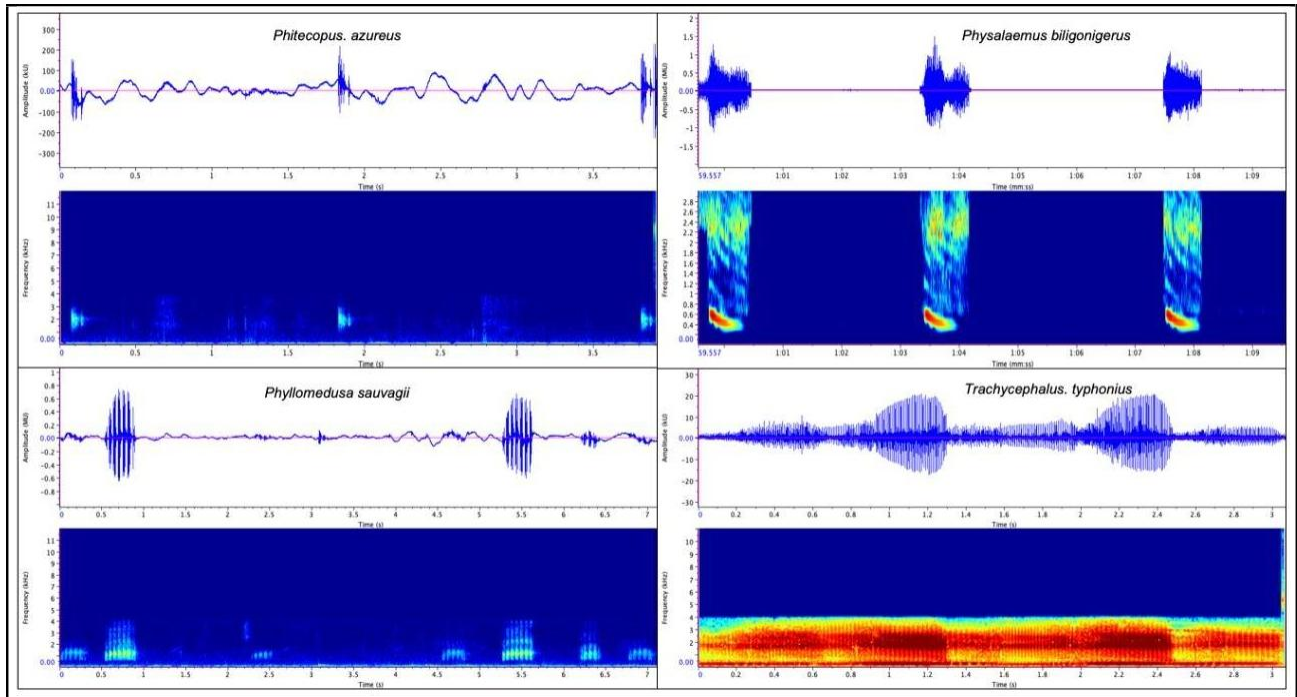
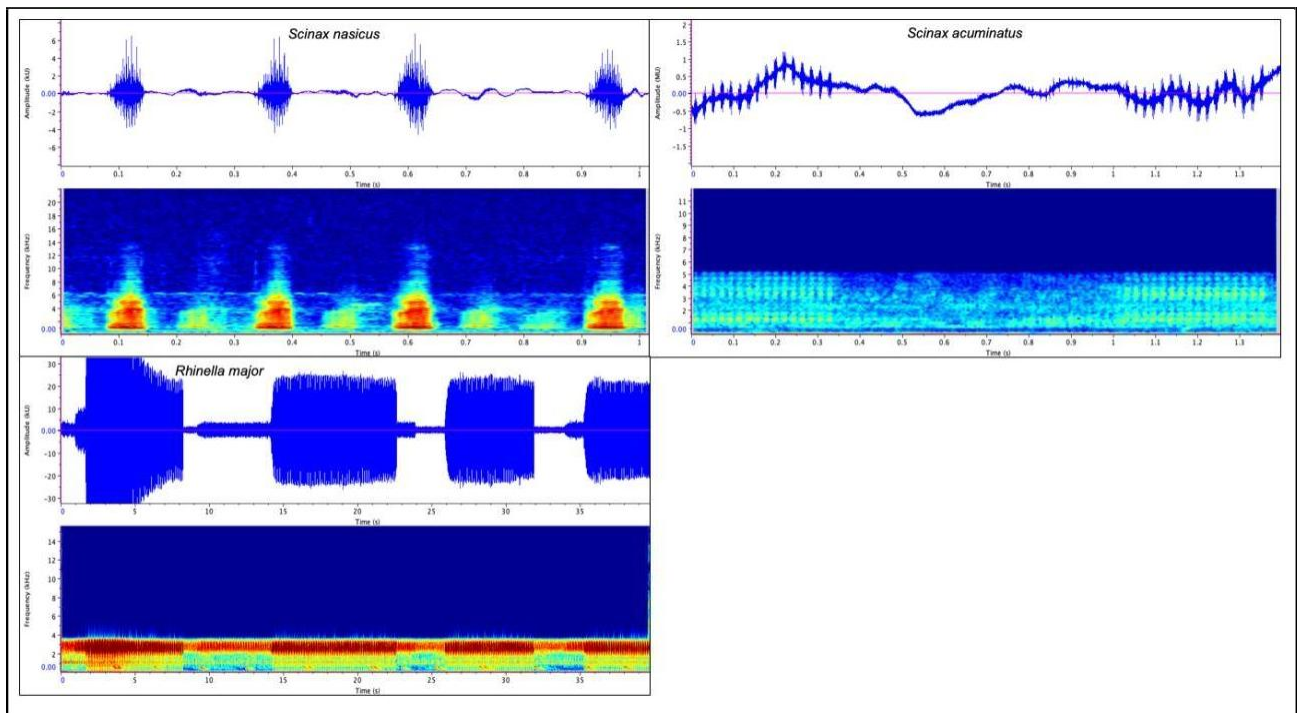
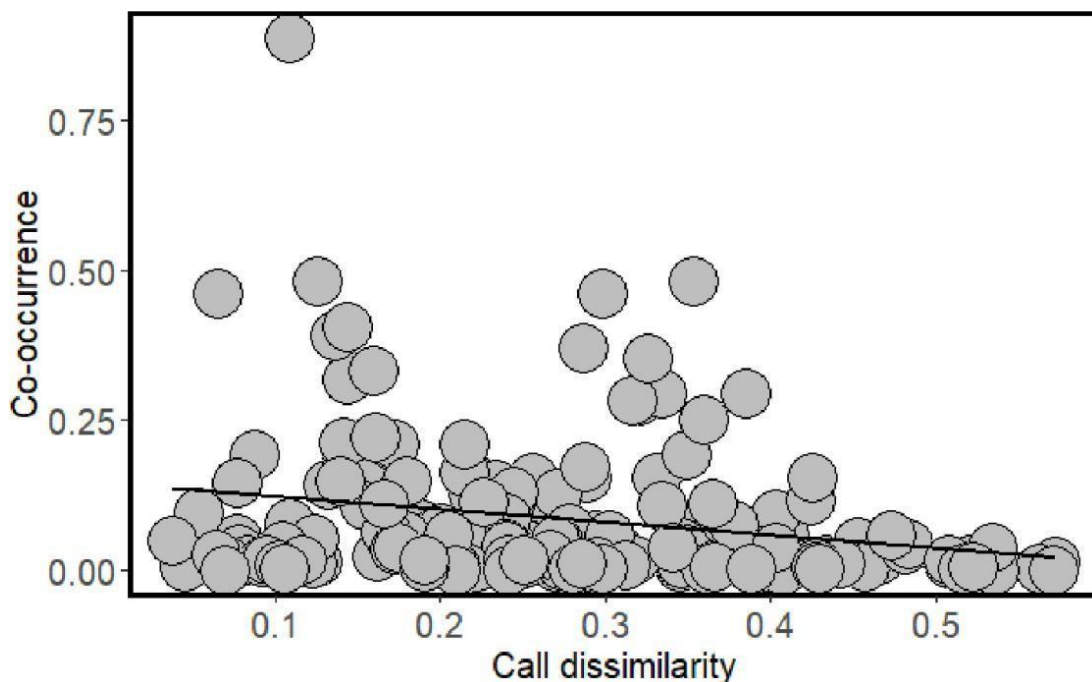


Figura 7. Sonogramas de las especies *Scinax nasicus*, *Scinax acuminatus* y *Rhinella major*. En el eje X el tiempo en segundos (s), eje Y la frecuencia en kHz y en la parte superior su respectivo oscilograma.



El análisis de Correlación de Matrices de Mantel, analizó 171 pares de especies, de los cuales 11 pares de especies poseen una co-ocurrencia positiva, 1 negativa y 159 aleatorias. El resultado de este arrojó que no existe relación entre la frecuencia de co-ocurrencia entre especies y la distinción en atributos de canto ($r= 0.224$; $p= 0.92$). De esta manera, las especies que coexisten en un mayor número de cuerpos de agua no son necesariamente los pares de especies los que exhiben las mayores variaciones en los parámetros del canto. Es decir, la semejanza o no de los atributos de canto no influyen en la co-ocurrencia de especies dentro de la comunidad de anuros del Chaco.

Figura 8. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre la tasa de coocurrencia entre especies y la distancia de Gower de los parámetros del canto.



5 DISCUSIÓN

Se registraron 19 especies de anuros en actividad de vocalización, que varió en los grados de co-ocurrencia, y la mayoría de las especies mostraron un bajo grado de co-ocurrencia en los hábitats, y cuyos cantos de anuncio mostraron una gran variación en sus parámetros espectrales y temporales. Las variaciones interespecíficas en los cantos son más evidentes entre especies de diferentes familias, se observó que la disimilitud en parámetros de canto no se asoció con la co-ocurrencia entre las especies. Verificamos que existe una estructura filogenética en los parámetros del canto de los anuros del Chaco Seco Paraguayo, donde especies filogenéticamente más cercanas, en este caso miembros de una misma familia, tienen parámetros de canto más similares, pero aún marcadamente diferentes. Esto conduce inexorablemente a la hipótesis de que la similitud acústica entre los cantos emitidos por los anuros está intrínsecamente correlacionado con la filogenia en una escala macroevolutiva, de modo que las especies separadas por mayores distancias filogenéticas demostrarán, en general, vocalizaciones más notablemente divergentes en comparación con las de especies más cercanas (BLAIR, 1958). La presencia de una señal filogenética en los atributos del canto de los anuros ya se ha observado en otros estudios (por ejemplo, GERHARDT, 1994; GRINGAS et al., 2013a), sin embargo, este es el primer estudio que destaca este patrón en una comunidad de anuros en el Chaco seco.

La variación del canto de los anuros de la región de Fortín Gral. Díaz, Chaco seco paraguayo, presenta diferencias marcantes que demuestran que existe una partición del espacio acústico dentro de la comunidad. En otras palabras, aunque las especies registradas llegaron a vocalizar en solitario o en ensamble, estas no presentaron interferencia acústica, lo que indica que cuando las especies comparten sitios de vocalización y horas de actividad vocal, la variación en los parámetros del canto es un mecanismo que evita o reduce la interferencia acústica y permita un reconocimiento interespecífico. La variación en el canto dentro de la comunidad podría ser explicado por la hipótesis de nicho acústico (KRAUSE, 1987), que muestra que los anuros del Chaco comparten el paisaje acústico, sin que se produzca una superposición

de nichos. De manera general, las especies evitan emitir señales acústicas en el mismo rango de frecuencia para evitar la sobreposición de sonidos, favoreciendo el reconocimiento intraespecífico (SILVA, MARTINS & ROSSA - FERES, 2008; VASCONCELOS & ROSSA - FERES, 2008; GAREY, 2018). Por esta razón, las especies que comparten lugares y momentos de vocalización pueden competir por espacios acústicos (CHEK *et al.*, 2003), para evitar esta competencia, la evolución o incluso la selección de los ambientes utilizados para la reproducción pueden generar diferencias en la estructura de sus cantos con el fin de reducir la probabilidad de competencia (GAREY *et al.*, 2018). Estas estructuras cuentan con diferentes características acústicas como: frecuencias dominantes, duración de canto, y notas diferentes (GERHARDT, 1994; BERNAL, 1998).

Algunos estudios realizados en diferentes áreas demuestran que dentro de una comunidad de anuros, las especies simpátricas tienden a presentar diferencias importantes con poca sobreposición en los parámetros espectrales y temporales del canto (CHEK *et al.*, 2003; GAREY *et al.*, 2018). Nuestros resultados son congruentes con estos trabajos ya que las especies estudiadas presentaron diferencias con relación a sus parámetros acústicos. Este resultado puede ser explicado por la complementariedad de nicho, como lo demostraron ROSSA-FERES & JIM (2001) y SANTOS & ROSSA-FERES (2007), ya que las especies de anuros que coexisten tienden a ocupar nichos ligeramente diferentes en varios aspectos, lo que reduce la competencia directa entre ellas y permite la coexistencia en un mismo entorno (BEGON *et al.* 2006). Por otra parte, la diferenciación que presentaron las vocalizaciones de las especies de las diferentes familias, también se pudieron constatar con los trabajos (BOSCH & DE LA RIVA, 2004; GAREY *et al.* 2018), ya que muestran la presencia de una señal filogenética en las características acústicas de los cantos de anuros que componen la comunidad, de modo que las especies filogenéticamente más próximas tienden a tener cantos más parecidos de lo que se espera por el azar. Esto se debe a que la vocalizaciones de los anuros son filogenéticamente determinadas y presentan una pequeña plasticidad (ROBILLARD; HOBEL; GERHARDT, 2006; GOICOECHEA; DE LA RIVA; PADIAL, 2009).

El grado de co-ocurrencia de especies en los hábitats locales no implica mayor diferenciación en los parámetros del canto. De esta manera, las diferencias entre las especies (verificadas en los resultados de (PCoA) son suficientes para permitir la coexistencia sin provocar una superposición en el espacio acústico. Las especies que ocurren frecuentemente en un mismo hábitat no se superponen al nicho acústico, además sus necesidades parecen no solo comprender el nicho acústico y si otros aspectos de su nicho ecológico (PAVOINE & BONSALL, 2011). Como se evidencio en el trabajo (ALBUQUERQUE, 2019) las diferencias en los cantos son una estrategia, pero no necesariamente la única que permite a las especies compartir un espacio, pues utilizar diferentes lugares de canto dentro del mismo hábitat, cantar en diferentes momentos del año o del día también permite la coexistencia y minimiza la competencia. Aunque las diferencias en los cantos pueden ayudar a evitar la competencia directa en la comunicación acústica, las especies pueden diferir en otras dimensiones de su nicho ecológico, como el hábitat, la dieta, el comportamiento de apareamiento y otros aspectos (PIANKA, 1973). Estas diferencias en otras amplitudes del nicho pueden permitir que las especies compartan el mismo espacio sin necesariamente tener cantos radicalmente diferentes.

Verificamos que los cantos de las especies de la comunidad chaqueña son similares a los cantos descritos para estas especies en individuos de otras poblaciones, la mayoría ubicadas en otras ecorregiones y fisonomías vegetales (ZARACHO, 2023, TEIXEIRA, 2016; PEREZ, 2020; HAGA, 2023; MAGRINI, 2011; LIMA, 2018; HEPP, 2020; SILVA et al., 2008) donde estas presentaron semejanza o se ajustan a la media. A partir del análisis de los sonogramas se pudo observar que las especies emiten cantos de anuncio que pueden consistir en notas únicas, una serie de notas idénticas o una combinación de una o más grupos de notas con diferentes estructuras acústicas; estas son semejantes a las descritas en los diferentes trabajos (ZARACHO, 2023; KOHLER et al. 2017; HAGA, 2023; LIMA, 2018; HEPP, 2020). Una excepción fue *Physalaemus biligonigerus*, cuya llamada registrada en Brasil (HEPP, 2020), presenta discrepancias con nuestros resultados del Chaco seco paraguayo. Encontramos una frecuencia dominante más alta y duración de la nota más larga en comparación a lo mencionado por el autor.

Estas diferencias pueden deberse a adaptaciones locales a lo largo de su distribución geográfica ya que los cantos están influenciados por diferentes características de acuerdo a la complejidad estructural del hábitat (MORTON, 1975; BOSCH & DE LA RIVA, 2004; EY & FISCHER, 2009).

Aunque se obtuvieron resultados consistentes con respecto a otras investigaciones, es importante dejar claro las fragilidades del presente estudio. Debido a que el trabajo de campo se realizó en varias épocas del año, los factores ambientales de la zona de estudio tuvieron un fuerte impacto. La Falta de lluvia limitaron los períodos y lugares de reproducción de los anuros, repercutiendo en los pocos registros que se lograron obtener de los individuos, puesto que las bajas tasas de vocalización pueden estar asociadas a la fuerte dependencia de los anuros con los cuerpos de agua durante la época de reproducción en época de lluvia, como describen BERNARDE y MACHADO, (2000), (DUELLMAN & TRUEB, 1994). El no haber conseguido grabar las 22 especies que se registraron nos dejó con una muestra muy pequeña, lo cual llevó a conseguir las grabaciones faltantes para aumentar nuestro número de muestras de la comunidad.

Se utilizaron estas grabaciones teniendo en cuenta su proximidad al lugar de estudio para evitar fuertes divergencias en los datos. El no haber tenido en cuenta variaciones intra-específicas no permitió analizar las variables acústicas de especies del mismo género, donde se hubiese obtenido resultados comparables que muestren algún tipo de correlación, teniendo en cuenta que las características acústicas son propias de cada especie y se mantienen a nivel de familia y género (ZIMMERMAN 1983, BOSCH & DE LA RIVA, 2004).

6 CONSIDERACIONES FINALES

El Chaco Seco paraguayo es una región con una gran diversidad de especies de anuros, lo que convierte a la bioacústica en una valiosa herramienta para la identificación y monitoreo de estas especies. Las llamadas suelen ser únicas para cada especie y pueden utilizarse para determinar qué especies están presentes en una zona, además se puede utilizar para estudiar las pautas de coexistencia de las especies de anuros en la región. Como se ha mencionado, las diferencias en los cantos de nidificación desempeñan un papel importante a la hora de minimizar la competencia entre especies, así que estudiar cómo las especies comparten el espacio acústico puede proporcionar información valiosa sobre la ecología y el comportamiento de los anuros en la región.

En la comunidad de anuros del Chaco, las especies muestran una gran variación en los parámetros del canto, que se explica por las relaciones filogenéticas entre especies. La co-ocurrencia en los mismos hábitats no presentó mayor divergencia en el canto, pues las divergencias existentes parecen ser más que suficientes para que las especies coexistan sin implicar competencia por el espacio acústico. Este trabajo, hasta donde se sabe, es el primer estudio de este tipo realizado en una comunidad de anuros en el Chaco seco, donde probablemente estos mismos padrones sean esperados en otras comunidades del Chaco seco. Pues la mayoría de las especies poseen una amplia distribución geográfica por el Chaco seco (WEILER et al. 2013) pudiendo variar en el grado de co-ocurrencia entre los hábitats locales. Con todo, las variaciones en el canto son suficientes para minimizar los efectos de una posible competición por el espacio acústico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, H. F. d. **Sons da caatinga: testando a hipótese do nicho acústico.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2019.

Begon. M., Harper, J. L & C. R Townsend. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades.* Tercera edición. Editorial Barcelona Omega. P. 1148. 2006.

Bernal, X. **¿Interferencia acústica? El caso de dos especies de ranas paramunas.** Trabajo de Grado, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes. Pp. 44. 1998.

Bosch J, De La Riva I. 2004. **O canto das rãs é modulado pelo ambiente? Uma análise com espécies de anuros da Bolívia.** *Canadian Journal of Zoology* 82: 880-888.

Burkart, Rodolfo et al. **Eco-regiones de la Argentina.** 1999.

Blair, W. F. **Mating call in the speciation of anuran amphibians.** *The American Naturalist*, v. 92, n. 862, p. 27-51, 1958.

Bradbury, J.W. & S.L Vehrencamp. **Principles of animal communication Sinauer Associates, Inc.** Publishers. p. 882, 1998

Brusquetti, F., & Lavilla, E. O. **Lista comentada de los anfibios de Paraguay.** *Cuadernos de Herpetología*, 20, 3-79, 2006.

Chek, AA, Bogart P, Lougheed SC. **Mating signal partitioning in multi-species assemblages: a null model test using frogs.** *Ecology Letters* 6: 235–247. 2003.

De Araújo, C. B. et al. **O nicho acústico: integrando a física, ecologia e teoria da comunicação.** *Oecologia Australis*, v. 24, n. 4, p. 769. 2020.

Duellman, W.E. **The hylid frogs of Middle America.** Monogr. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas, University of Kansas, Lawrence. p. 1-753. 1970.

Duellman, W.E. & Pyles, R.A. **Acoustic resource partitioning in anuran communities.** *Copeia*, 1983, 639-649. 1983.

Endler, John A. **Some general comments on the evolution and design of animal communication systems.** *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 340, n. 1292, p. 215-225, 1993.

Florence, H. **Recherches sur la voix des animaux ou essai d'un nouveau sujet d'études offert aux amis de la nature.** Typography by. 1831.

Garey, M. V., Provete, D. B., Gonçalves-Souza, T., Ouchi-Melo, L. S., Haddad, C. F., & Rossa-Feres, D. C. **Phylogenetic and adaptive components of the anuran advertisement call correlate with temporal species co-occurrence.** *Biological Journal of the Linnean Society*, 125(2), 292-301. 2018.

Gerhardt, H.C. **The Evolution of Vocalization in Frogs and Toads.** Annual Review of Ecology and Systematics. Vol. 25(1994): 293-324. 1994.

Goicoiechea, N.; De La Riva, I.; Padial, J. M. **Recovering phylogenetic signal from frog mating calls.** *Zoologica Scripta*, Stockholm, v. 39, p. 141–154, 2010.

Gill, EA; D. P., E; Insfrán, KP & González, LR. WWF (World Wildlife Fund), DLR (Agencia Aeroespacial Alemana). **Atlas del Chaco paraguayo. Asunción, Paraguay.** 98 p. 2020.

Gingras, B. et al. **Phylogenetic signal in the acoustic parameters of the advertisement calls of four clades of anurans.** *BMC evolutionary biology*, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2013a.

Gingras, B. et al. **Call acoustics reflect body size across four clades of anurans.** *Journal of Zoology*, v. 289, n. 2, p. 143-150, 2013b.

Griffith, D. M.; Veech, J. A.; Marsch, C. J. cooccur: Probabilistic Species Co-Occurrence Analysis in R. **Journal of Statistical Software, Code Snippets**, [S. I.], v. 69, n. 2, p. 1–17, 2016. DOI: 10.18637/jss.v069.c02.

Haga, I. A.; Carvalho, T. R. de; Andrade, F. S. de; Giaretta, A. A. **Advertisement and aggressive calls of Pithecopus azureus (Anura: Phyllomedusidae) from the border of Brazil and Paraguay.** *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, [S. I.], v. 16, n. 1, p. 47-56, 2017. DOI:10.11606/issn.2316-9079.v16i1p47-56. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/phylo/article/view/134072>. Acesso em: 28 oct. 2023.

Hepp F. & Pombal. J. P. JR.2. **Review of bioacoustical traits in the genus Physalaemus Fitzinger, 1826 (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae)** (*Zootaxa* 4725) 106 pp.; 30 cm. 20 Jan. 2020.

Junior, J. P. Pombal. **O espaço acústico em uma taxocenose de anuros (Amphibia) do sudeste do Brasil.** *Arquivos do Museu Nacional*, v. 68, n. 1-2, 2010.

Kirsten M. Parris, More bang for your buck: **the effect of caller position, habitat and chorus noise on the efficiency of calling in the spring peeper,** *Ecological Modelling*, Volume 156, Issues 2–3, p. 213 - 224. 2002.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380002001709>). ISSN 0304-3800. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00170-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00170-9).

Köhler, J., Jansen, M., Rodríguez, A., Kok, P., Toledo, L.F., Emmrich, M., Glaw, F., Haddad, C., Rödel, M.O., & Vences, M. **The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice.** (*Zootaxa* 4251) 124 pp.; 30 cm. 11 Apr. 2017.

Krause, B. L. **Bioacoustics, habitat ambience in ecological balance.** Whole Earth Review, 57: 14–18. 1987.

LIFE INSTITUTE. **Ecorregiones del Paraguay**, Asunción, p. 45. 2016. Disponible en: https://institutolife.org/wp-content/uploads/2018/11/Ecorregiones_del_Paraguay.pdf Acceso en: 23 de junio 2023.

Madroño, A. **El Chaco Paraguayo: ambientes naturales, sus aves y problemas de conservación.** & quot; Cotinga: journal of the Neotropical Bird Club 4.

Magrini, L., Carvalho-e-Silva, SD, Beda, AF y Giaretta, AA. **Calls of five species of the Scinax ruber (Anura: Hylidae) clade from Brazil with comments on their taxonomy.** *Zootaxa* , 3066 (1), 37-51. 2011.

Martins, I. A., Almeida, S. C., Jim, J. **Calling sites and acoustic partitioning in species of the Hyla nana and rubicundula groups (Anura, Hylidae).** The Herpetological Journal, v. 16, n. 3, p. 239-247, 2006.

Mereles, F., Cartes, J.L., Clay, R. P., Cacciali, P., Paradedda, C., Rodas, O. & Yanosky, A. **Análisis cualitativo para las definiciones de las ecorregiones de Paraguay Occidental** Paraquaria Natural, 6 (2), pp 12–20. 2013.

Ochoa-Ochoa, L.M., Ortiz-Ramírez, M.F., Figueroa-Huitrón, R., Ríos-Muñoz, C.A. 2021. **Ausencia de partición del nicho acústico en una comunidad de anuros en Chiapas, México.** *Ecosistemas* 30(1): 1962. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1962>

Oksanen, J. F., Blanchet, G., Friendly M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., Gavin, O. L., Simpson, P., Solymos, M., Stevens, H., Szoecs, E and Wagner, H. **vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7.** 2020. <https://CRAN.R-project.org/package=vega>

Pavoinee, S. & Bonsall, M.B. 2011. **Measuring biodiversity to explain community assembly: a unified approach.** *Biological Reviews*, 86, 792–812. 2011.

Paradis E. & Schliep K. **ape 5.0: an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R.** *Bioinformatics* 35:526-528. 2019.

Pianka, E. R. **The structure of lizard communities.** *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 4, pp.53-74. 1973.

Ryan, M.J. & Rand A.S. **Species recognition and sexual selection as a unitary problem in animal communication.** *Evolution* 47(2):647-657. 1993.

Robilard, T.; Hobell, G.; Gerardt, H.C. **Evolution of Advertisement Signals in North American Hylid Frogs: Vocalizations as End-Products of Calling Behavior.** *Cladistics*, Westport, v. 22, p. 533-545, 2006.

Silva, R.A., Martins, I.A. & ROSSA-FERES, D.C. 2008. **Bioacoustics and calling site in anuran assemblages of open area in the northwest of São Paulo State, Brazil.** *Biota Neotrop.* 8(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?article+bn0160803> 2008.

Teixeira, B.F.V., Zaracho, V.H., Giaretta, A.A. **Advertisement and courtship calls of *Dendropsophus nanus* (Boulenger, 1889) (Anura: Hylidae) from its type locality (Resistencia, Argentina).** 2016. *Biota Neotropica.* 16(4): e20160183. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0183>.

Toledo, L. F. et al. **The anuran calling repertoire in the light of social context.** *Acta ethologica*, v. 18, p. 87-99. 2015.

Tobias, M. L.; Evans, B. J.; Kelley, D. B. **Evolution of advertisement calls in African clawed frogs.** *Behaviour*, v. 148, n. 4, p. 519. 2011.

Yamamoto, M. E, Volpato, G. L. **Comportamento animal.** *Natal: UFRN*, 2007.

Yen, G.G. & Q Fu. **Automatic frogs call monitoring system: a machine learning approach.** *International Journal of Computational Intelligence and applications* 1(2): 165-186). 2001.

Weiler, A. et al. **Anfibios del Paraguay.** Universidad Nacional de Asunción; Universidad de Salamanca. 2013.

Wells, K. D. **The ecology and behavior of amphibians.** In *The Ecology and Behavior of Amphibians.* University of Chicago press. 2007

Wells, K.D. **The social behavior of anuran amphibians.** *Anim. Behav.* 25(4): 666-693. 1977.

Zaracho, V. H., Abreliano, F. N., Ocampo, D. E., & Giaretta, A.A. **Estudios acústicos en poblaciones argentinas de *Leptodactylus* (Anura).** 2023.

Zimmerman, B.L. & J.P. Bogart. **Vocalization of primary forest species in the central Amazon.** *Acta Amazonica* 14(3-4): 473-519. 1984.