



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

**CIENCIAS BIOLÓGICAS – ECOLOGÍA Y
BIODIVERSIDAD**

Bioacústica de *Aburria jacutinga* (SPIX, 1825): Estructura del repertorio acústico y actividad vocal en el Parque Nacional do Iguaçu, Brasil

MAYRA ALEJANDRA SILVA BAUTISTA

Foz do Iguaçu
2023

Bioacústica de *Aburria jacutinga* (SPIX, 1825): Estructura del repertorio acústico y actividad vocal en el Parque Nacional do Iguaçu, Brasil

MAYRA ALEJANDRA SILVA BAUTISTA

Trabajo de Conclusión de Curso presentado al Instituto Latino-Americano de Ciencias de la Vida y de la Naturaleza (ILACVN), como requisito parcial para la aprobación en la disciplina de Trabajo de Conclusión de Curso II en Ciencias Biológicas - Ecología y Biodiversidad.

Orientador: Dr. Michel Varajão Garey
Coorientador: Dr. Carlos Barros de Araújo

Foz do Iguaçu
2023

MAYRA ALEJANDRA SILVA BAUTISTA

Bioacústica de *Aburria jacutinga* (SPIX, 1825): Estructura del repertorio acústico y actividad vocal en el Parque Nacional do Iguaçu, Brasil

Trabajo de Conclusión de Curso presentado al Instituto Latino-Americano de Ciencias de la Vida y de la Naturaleza (ILACVN), como requisito parcial para la aprobación en la disciplina de Trabajo de Conclusión de Curso II en Ciencias Biológicas-Ecología y Biodiversidad.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. PhD. Michel Varajão Garey
UNILA

Coorientador: Dr. Carlos de Araujo
IBS, CONICET-UNaM

Dr. Juan Pablo Zurano
IBS, CONICET-UNaM

Prof. Dr. Luiz Roberto Ribeiro Faria Junior
UNILA

Foz do Iguaçu, 03 de noviembre de 2023.

TERMO DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Nome completo do autor(a): Mayra Alejandra Silva Bautista

Curso: Ciências Biológicas – Ecología y Biodiversidad

	Tipo de Documento
<input checked="" type="checkbox"/> graduação	<input type="checkbox"/> artigo
<input type="checkbox"/> especialização	<input type="checkbox"/> trabalho de conclusão de curso
<input type="checkbox"/> mestrado	<input checked="" type="checkbox"/> monografia
<input type="checkbox"/> doutorado	<input type="checkbox"/> dissertação
	<input type="checkbox"/> tese
	<input type="checkbox"/> CD/DVD – obras audiovisuais
	<input type="checkbox"/> _____

Título do trabalho acadêmico: Bioacústica de *Aburria jacutinga* (SPIX, 1825): Estructura del repertorio acústico y actividad vocal en el Parque Nacional do Iguaçu, Brasil.

Nome do orientador(a): Michel Varajão Garey

Data da Defesa: 03/10/2023.

Licença não-exclusiva de Distribuição

O referido autor(a):

a) Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que o detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade.

b) Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à UNILA – Universidade Federal da Integração Latino-Americana os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

Se o documento entregue é baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não a Universidade Federal da Integração Latino-Americana, declara que cumpriu quaisquer obrigações exigidas pelo respectivo contrato ou acordo.

Na qualidade de titular dos direitos do conteúdo supracitado, o autor autoriza a Biblioteca Latino-Americana – BIUNILA a disponibilizar a obra gratuitamente e de acordo com a licença pública *Creative Commons Licença 3.0 Unported*.

Foz do Iguaçu, 03 de noviembre de 2023.

Mayra Alejandra Silva Bautista.

Assinatura do Responsável

Dedico este trabajo a mi querida abuela María Gladis,
en memoria de su valentía, amor eterno y crianza.
Gracias por transmitirme la pasión por cocinar,
disfrutar de la música, y la belleza de contar historias.
Tus abrazos y enseñanzas continuarán abrigando mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Con gratitud en mi corazón, deseo expresar mis sinceros agradecimientos a todas las personas que han tocado mi vida de manera significativa durante este recorrido. Cada uno de ustedes, con sus palabras de aliento y apoyo incondicional, ha sido una parte fundamental en este capítulo de mi vida.

Agradezco al profesor Michel y al profesor Carlos, por haber aceptado ser mis orientadores en este trabajo. Su paciencia y dedicación fueron indispensables en el desarrollo de este trabajo. Sin su participación, este logro no habría sido posible. Gracias, Profesor Carlos, por abrirme las puertas de un mundo desconocido como la bioacústica. Gracias, Profesor Michel, por permitirme participar del grupo de estudio de meta comunidades, entre conversaciones parece que la ecología es más fácil de ser entendida.

Agradezco a la Banca Examinadora, por gentilmente aceptar mi convite.

A todos mis profesores a lo largo de mi graduación, quiero que sepan que su conocimiento y enseñanzas han dejado una huella imborrable en mi formación. Aprendí tanto de cada uno de ustedes, y estoy agradecida por todas las lecciones que compartieron.

A mi padre, agradezco su apoyo constante. Tu amor ha sido mi ancla en esta travesía, y sé que eres fundamental en lo que soy.

A mis amigos, Lina, Carolina, Yoan, Teresa, Alejandra, Keryny, Elizabeth y Diana quienes compartieron conmigo momentos de compañía, preocupaciones, risas, cervezas y comidas, les agradezco infinitamente. Ustedes fueron mi círculo de apoyo en los momentos de mayor desafío.

A mi gran amiga Keryny, que está acompañando este camino desde inicios de la carrera. Mi mayor gratitud por su amistad y apoyo en esta lucha que vivenciamos juntas.

Quiero extender un agradecimiento especial a Yoan, por su cariño, comprensión y apoyo. Además, por enseñarme el arte de preparar las mejores comidas, ¡gracias!

A Lina, gracias por tu apoyo y compañerismo, especialmente en la etapa final de este proceso. Tu apoyo fue fundamental para completar este trabajo, sobre todo por la compañía, charlas y conclusiones ecológicas de madrugada. Vencimos una de tantas.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi profundo agradecimiento a la UNILA que ha sido mi hogar académico durante estos años. Esta institución no solo me brindó una educación de calidad, sino también un apoyo económico que hizo posible que persiguiera mis sueños. La universidad me mostró la belleza y el potencial de la academia, y por eso le estoy eternamente agradecida.

RESUMO

Cracidae está entre as famílias de aves neotropicais mais ameaçadas, e a descrição de seu comportamento vocal pode ajudar a orientar esforços de conservação e monitoramento. Nesse sentido, descrevemos o repertório vocal da jacutinga (*Aburria jacutinga*), uma espécie endêmica da Mata Atlântica, atualmente em perigo de extinção devido à caça ilegal e à fragmentação das florestas. Além da descrição, analisamos os padrões de atividade vocal dessa espécie no Parque Nacional do Iguaçu (PN). Gravações da espécie foram coletadas em diferentes bancos de dados ornitológicos, e dados acústicos coletados em pontos diversos dentro do PN por meio do programa Floriano. A análise das gravações revelou que *Aburria jacutinga* possui um repertório acústico composto por dez tipos de vocalizações e um som não vocal. As vocalizações de piado I e assobio I são usadas para contato, enquanto chamados e piados curtos servem como chamadas de alerta, sendo estas últimas mais intensas e de maior duração. Piados longos parecem ser chamados territoriais. Assobio II, associado ao cortejo, frequentemente é acompanhado pelo bater de asas. Chamados categorizados como gritos estão ligados a comportamentos agonísticos. Nenhum comportamento específico foi associado ao silbido III. Cada componente vocal ocupa um espaço acústico distinto. As jacutingas apresentam pico de atividade vocal durante a manhã e antes do pôr do sol, com uma maior ocorrência de piados curtos e assobio I pela manhã, possivelmente relacionados à busca por alimento e interações sociais em áreas de alimentação. Este estudo fornece uma descrição detalhada do repertório vocal da jacutinga, estabelecendo as bases para futuras pesquisas da espécie com métodos bioacústicos na Mata Atlântica, como o monitoramento da espécie no Parque Nacional do Iguaçu e a avaliação de sua distribuição nesta área de conservação.

Palavras-chave: Cracidae; atividade vocal, repertório vocal; Mata Atlântica.

RESUMEN

Cracidae se encuentran entre las familias de aves neotropicales más amenazadas, y la descripción de su comportamiento vocal puede ayudar a guiar los esfuerzos de conservación y monitoreo. En ese sentido, describimos el repertorio vocal de la pava yacutinga (*Aburria jacutinga*), una especie endémica del Bosque Atlántico que actualmente se encuentra en peligro de extinción debido a la caza ilegal y fragmentación de bosque, además de la descripción, se analizaron los patrones de actividad vocal de esta especie en el Parque Nacional do Iguacu (PN). Para ello, se recopilaron grabaciones de la especie en diferentes bancos de datos ornitológicos, y se utilizaron datos acústicos recopilados en el área intangible dentro del PN. El análisis de las grabaciones reveló que *Aburria jacutinga* tiene un repertorio acústico con diez tipos de vocalizaciones y un sonido no vocal. Las vocalizaciones de piado I y silbido I son llamadas de contacto. Llamados y piados cortos son llamadas de alerta, este último con mayor intensidad y duración. Los piados largos parecen ser llamados con función de territorialidad. El silbido II, una llamada asociada al cortejo, junto con el batir de alas. Los gritos son vocalizaciones asociadas a comportamientos agonísticos. Para el silbido III no se encontró un comportamiento descrito. Cada componente vocal ocupa una parte diferente del espacio acústico. Las pavas yacutingas presentan un pico de actividad en las horas de la mañana y antes del atardecer, con mayor registro de piados cortos y silbidos I en horas de la mañana, que parece estar relacionado con la búsqueda de alimento y la interacción social en torno a los lugares de alimentación. El estudio proporciona una descripción detallada del repertorio vocal de la pava yacutinga, lo que establece las bases para futuras investigaciones de la especie con métodos de bioacústica en el Bosque Atlántico, como el monitoreo de la especie a largo del Parque Nacional de Iguacu, y la evaluación de su distribución en esta área de conservación.

Palabras clave: Cracidae; actividad vocal; repertorio vocal; Bosque Atlántico.

ABSTRACT

Cracidae are among the most threatened neotropical bird families, and the description of their vocal behavior can help guide conservation and monitoring efforts. In this regard, we describe the vocal repertoire of the black-fronted piping guan (*Aburria jacutinga*), a species endemic to the Atlantic Forest, currently at risk of extinction due to illegal hunting and forest fragmentation. In addition to the description, we analyzed the vocal activity patterns of this species in the Iguacu National Park (PN). Recordings of the species were collected from various ornithological databases, complemented by acoustic data collected at different locations within the PN through the Floriano program. The analysis of the recordings revealed that *Aburria jacutinga* has an acoustic repertoire consisting of ten types of vocalizations and a non-vocal sound. Piado I and Silbido I vocalizations are used for contact, while Llamados and short Piados serve as alert calls, with the latter being more intense and longer in duration. Long Piados appear to be territorial calls. Silbido II, associated with courtship, is often accompanied by wing flapping. Calls categorized as "Gritos" are linked to agonistic behaviors. No specific behavior was associated with Silbido III. Each vocal component occupies a distinct acoustic space. Black-fronted piping guans exhibit peak vocal activity during the morning and before sunset, with a higher occurrence of short Piados and Silbidos I in the morning, likely related to foraging and social interactions around feeding areas. This study provides a detailed description of the vocal repertoire of the black-fronted piping guan, which establishes the basis for future investigations of the species with bioacoustics methods in the Atlantic Forest, such as monitoring the species throughout the Iguacu National Park, and evaluation of its distribution in this conservation area.

Key words: Cracidae; vocal activity, vocal repertoire; Atlantic forest.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Registro fotográfico de una yacutinga adulta posando en los frutos de palmito 17
- Figura 2** – Rango de distribución geográfica estimada de *Aburria jacutinga*..... 17
- Figura 3** – Localización de puntos de muestreo en el Parque Nacional de Iguaçu, Paraná Brasil.....22
- Figura 4** – Oscilograma y espectrograma de las vocalizaciones de *Aburria jacutinga*: silbido I, silbido II, silbido III y silbido largo..... 26
- Figura 5** – Oscilograma y espectrograma de las vocalizaciones de llamado de *Aburria jacutinga*..... 26
- Figura 6** – Oscilograma y espectrograma de las vocalizaciones de *Aburria jacutinga*: piado I, piado II, piado III y piado largo..... 28
- Figura 7** – Oscilograma y espectrograma de las vocalizaciones de grito de *Aburria jacutinga*.....29
- Figura 8** – Oscilograma y espectrograma de las vocalizaciones de golpe de ala de *Aburria jacutinga*.....29
- Figura 9** – Distribución de 378 muestras de los once tipos de vocalizaciones de *Aburria jacutinga* en el espacio multivariado definido por los dos primeros ejes de un análisis de componentes principales (PCA)..... 30
- Figura 10** – Distribución de componentes vocales de *Aburria jacutinga* recopilados en los puntos de monitoreo acústico en Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil.....32
- Figura 11** – Número de registros de vocalizaciones de *Aburria jacutinga* obtenidos en las colecciones sonoras y el paisaje sonoro del Parque Nacional do Iguaçu, Brasil,

durante el período del 21 al 31 de abril de 2022..... 32

Figura 12 – Distribución de componentes vocales de *Aburria jacutinga* recopilados en los puntos de monitoreo acústico en Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil..... 34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 – Variables acústicas del repertorio de *Aburria jacutinga*.....23

Tabla 2 – Valores de p corregidos por Bonferroni de comparaciones por pares de los componentes acústicos del repertorio de *Aburria jacutinga* obtenidos mediante análisis de PERMANOVA..... 31

SUMARIO

1 INTRODUCCIÓN.....	12
2 OBJETIVOS.....	15
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 ESPECIE DE ESTUDIO.....	16
3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	18
3.2 LEVANTAMIENTO DE ARCHIVOS DE AUDIO.....	18
3.3 MEDIDAS DE PARÁMETROS ACÚSTICOS.....	19
3.4 CLASIFICACIÓN DE COMPONENTES DEL REPERTORIO.....	19
3.5 ADQUISICIÓN DE GRABACIONES DE PAISAJE.....	20
4 RESULTADOS.....	23
5 DISCUSIÓN.....	35
REFERENCIAS.....	40
APÉNDICES.....	44

1 INTRODUCCIÓN

La comunicación desempeña un papel crucial en diversas funciones biológicas al permitir la transmisión de información vital para la sobrevivencia y reproducción de los animales, empleando diversas señales y canales para comunicarse (Vielliard, 2005). Entre estas señales, se observan dos manifestaciones sonoras: las vocalizaciones, generadas exclusivamente a través del órgano vocalizador, y la de sonidos, compuesta por manifestaciones sonoras que no son producidas en los órganos vocalizadores (Sick, 2001). En las aves, las vocalizaciones se originan en un órgano emisor llamado siringe, una cámara de membranas timpaniformes localizada en las paredes mediales de los bronquios. Estas membranas vibran en respuesta al flujo del aire pulmonar y son controladas de manera independiente, permitiendo emitir una variedad de vocalizaciones (Catchpole & Slater, 2008; Vielliard, 2004). Propiedades físicas de este sonido, como la frecuencia, intensidad y duración son moduladas casi independientemente uno del otro, haciendo de la vocalización de las aves una característica altamente variable y multidimensional (Leroy, 1979).

Básicamente, el proceso de comunicación sonora involucra a un emisor que produce una onda sonora, transmitida en un medio y captada por un receptor. Esta señal lleva un mensaje codificado que puede desencadenar una respuesta por parte del receptor (Vielliard, 2005). Las especies emplean la comunicación acústica con diversos propósitos, desde señales cortas que facilitan interacciones sociales complejas, como la elección de parejas reproductivas, la localización de crías y la defensa de territorios (de Araújo et al. 2011; Catchpole & Slater, 2008; Vielliard, 2004), hasta señales de largo alcance que fomentan la cohesión grupal y alerta contra depredadores (Aubin et al. 2004; de Araújo et al. 2017). Sin embargo, su función primordial es el reconocimiento de señal especie-específico (Vielliard, 2004). La estructura distintiva de cada componente vocal garantiza el reconocimiento preciso de las señales (Weaver, 1949). Ecológicamente, cada componente vocal asociada a un tipo de respuesta durante el proceso de comunicación ocupa una parte diferente del espacio acústico (de Araujo et al. 2020), lo que debe garantizar su funcionalidad o reconocimiento específico (Vielliard, 1987).

El reconocimiento del repertorio vocal de una especie es esencial para comprender cómo diferentes señales pueden influir en el comportamiento, ya que cada vocalización puede utilizarse para diversos propósitos en la comunicación (Byers, 1995). Las vocalizaciones de las aves se dividen en dos categorías principales: cantos y llamadas. Los

cantos, emitidos principalmente por machos en época de reproducción, son extensos, complejos (Catchpole & Slater 2008) y deben permitir el reconocimiento específico (Vielliard, 1987). En contraste, las llamadas son más simples, de corta duración y se producen en una variedad de situaciones ambientales (Catchpole & Slater, 2008). Las llamadas juegan un papel esencial en la comunicación intrapoblacional de aves, proporcionando información sobre el comportamiento parental, el nepotismo, el altruismo y la cooperación (Wheeler, 2008; Goedert et al. 2014). Las llamadas se pueden dividir en dos grupos: llamadas de alarma y de contacto (Marler, 1955; 2004). Las llamadas de alarma ocurren durante interacciones hostiles, como la detección de depredadores potenciales, y son fuertes, repetitivas y difíciles de localizar (Kondo & Watanabe, 2009). Por otro lado, las llamadas de contacto, emitidas entre individuos de la misma especie, codifican información diversa como reconocimiento, señalización de alimentos y coordinación de vuelo. Estas llamadas son suaves, de banda ancha y audible a corta distancia (Hamilton, 1962).

Los avances en la tecnología de grabadores digitales automatizados (GDA), han permitido el uso de monitoreo acústico como una herramienta de gran utilidad en estudios ecológicos (Bahía et al. 2022). En este contexto, el Monitoreo Acústico Pasivo del inglés *Passive Acoustic Monitoring* (PAM), está siendo cada vez más utilizado en investigaciones de ecosistemas terrestres (Boullhesen & Akmentins, 2021) al ser un método no invasivo que posibilita la obtención autónoma y eficiente de datos acústicos de un determinado lugar (Bahía et al. 2022). Las grabaciones generadas mediante el PAM proporcionan una cantidad significativa de registros acústicos, contribuyendo así al análisis del paisaje sonoro (de Araujo, 2023).

El uso de PAM proporciona información valiosa de la presencia de organismos a través de sus vocalizaciones, permitiendo extraer diferentes informaciones, como los patrones temporales de distintos grupos taxonómicos, incluyendo aves (Bahía et al. 2022). El MAP también se presenta como una opción destacada para el estudio de especies crípticas (Lambert & McDonald, 2014), como aquellas aves cuyo hábitat resulta de difícil acceso para los investigadores. Además, el PAM ha ganado relevancia al facilitar el reconocimiento automatizado de especies, incluidas las aves, mediante la implementación de software de detección automatizado (Boullhesen & Akmentins, 2021).

Dado que el conjunto de señales acústicos durante el procesos de comunicación es único para cada especie y está relacionadas con el comportamiento, técnicas de detección automatizada como el *template matching* (de Araujo, 2023) utilizan correlaciones que

permitan la identificación de la señal a gran escala (de Araujo, 2023), y un análisis exhaustivo del repertorio acústico y comportamental en espacio y tiempo. Este enfoque permite que, a través del PAM y el uso de técnicas como el *template matching*, no solo se lleve a cabo una evaluación de la presencia de la especie, sino también de los comportamientos que estas hacen en campo, debido a la interrelación entre canto y comportamiento, así proporcionando información valiosa sobre la dinámica comportamental de las especies en su entorno natural (de Araujo, 2023).

En este sentido, el método PAM es una herramienta interesante para la biología de la conservación, siendo eficaz al recolectar datos acústicos sobre la biodiversidad de un lugar, especialmente donde se tiene conocimiento de la presencia de especies cuyas poblaciones están en declive (Caycedo et al. 2013) permitiendo el monitoreo de poblaciones en riesgo (Bahía et al. 2022).

A pesar de los recientes avances, todavía existen lagunas de conocimiento con respecto a los repertorios vocales de aves amenazadas, incluyendo *Aburria jacutinga*, lo que limitaría la utilización de PAM o de técnicas específicas para la búsqueda automatizada. Entre las descripciones disponibles en la literatura para *Aburria jacutinga* se incluyen, piados bajos y constantes (Paccagnella et al. 1994), piados fuertes y finos (De Souza et al. 2020), silbidos prolongados que aumentan gradualmente en tono y agudeza (Arlott & Perlo, 2021), silbidos finos prolongados descendente "i-ü" (Sick, 2001), así como el distintivo ruido producido por el batir de las alas al descender de las copas de los árboles (Galetti et al. 1997; Arlott & Perlo, 2021; Souza et al. 2020; Hayes et al. 2009), vocalizaciones de grito y llamado documentadas en condiciones de cautiverio (Rivera, 2016). Sin embargo, la mayoría de estos estudios se han limitado a descripciones en términos onomatopéyicos (Paccagnella et al. 1994; Galetti et al., 1997; Arlott & Perlo, 2021; Souza et al. 2020), con poco uso de representaciones visuales a través de espectrogramas y una escasa descripción paramétrica de las mismas (Rivera, 2016). En este contexto, una descripción más detallada de los componentes del repertorio acústico de *Aburria jacutinga* proporciona las bases para que sea empleado en métodos de reconocimiento automatizado, como *template matching*, permitiendo la detección de señales acústicas de la especie en el paisaje sonoro. Este enfoque sería esencial para programas de monitoreo y conservación de esta especie amenazada.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Este trabajo tiene como objetivo describir la bioacústica de *Aburria jacutinga*, con foco en dos aspectos esenciales. Primeramente, buscar describir la estructura del repertorio vocal de esta especie, utilizando grabaciones provenientes de diversas localidades como fuente primaria. En segundo lugar, pretende analizar la actividad vocal de *A. jacutinga* por medio de datos de monitoreo acústico pasivo en su hábitat natural. Ambos enfoques se combinan para proporcionar una comprensión integral de la comunicación acústica de esta especie y constituyen la base para la búsqueda de la especie empleando métodos de detección automatizada como experimentos de *template matching* y otros.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- (i) Analizar y caracterizar el repertorio acústico de *Aburria jacutinga* en base a los componentes vocales descritos hasta el momento;
- (ii) Describir las características estructurales y temporales de las vocalizaciones de *Aburria jacutinga*;
- (iii) Describir el patrón de variación temporal de la actividad vocal de *Aburria jacutinga* en el Parque Nacional do Iguaçu.
- (iv) Relacionar las vocalizaciones descritas en el repertorio y las registradas en paisaje sonoro del Parque Nacional do Iguaçu, con el propósito de entender el comportamiento vocal de *Aburria jacutinga* en la naturaleza.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ESPECIE DE ESTUDIO

Cracidae (Galliformes) es un grupo de aves endémicas del Neotrópico, que incluye paujiles, pavas y chachalacas (Del Hoyo et al. 1994). La familia contiene 50 especies descritas, con su centro de diversidad en Colombia y Ecuador (Kattan, 2016). Son aves de grande y mediano tamaño, con preferencias forestales, frugívoras y algunas arborícolas (Sick, 2001). Su relevancia ecológica se destaca en su contribución a la dispersión de semillas y manutención ecológica de los bosques (Del Hoyo et al. 1994, Zaca et al. 2006). Esta es una de las familias de aves más amenazadas, con 24 especies incluidas en las categorías Amenazada, En Peligro o En Peligro Crítico (Brooks, 2006) debido a la pérdida de hábitat y la caza (Brooks, 2006). Sus vocalizaciones fuertes y estridentes, silbantes o retumbantes, son parte del paisaje sonoro de estos bosques (Sick, 2001).

Entre las cracideos amenazadas se destaca la “pava yacutinga” *Aburria jacutinga* (Spix, 1825), un ave endémica de la Floresta Atlántica (Figura 1), que originalmente se distribuida desde el sur del estado de Bahía en Brasil hasta Argentina (Provincia de Misiones) y Paraguay (Departamento Alto Paraná y Canindeyú) (Brooks & Strahl, 2000), pero hoy se encuentra extinta en grande parte de esta distribución. (Figura 2). Esta ave de grande porte es frugívora y desempeña un papel ecológico esencial como dispersora de semillas, contribuyendo al mantenimiento y regeneración de los bosques (Sick, 2001; Jordano et al. 2006).

Actualmente, *Aburria jacutinga* es categorizada En Peligro (EN) en Brasil (ICMBio, 2018) como a nivel mundial (BirdLife International, 2019). La caza ilegal y la pérdida de hábitat, principalmente por la deforestación, son las principales causas de la reducción de su población ya que dependen de hábitat forestales (Silveira et al. 2008). Se estima una población entre 1.500 a 7.000 individuos, con poblaciones concentradas mayormente en áreas protegidas (UICN, 2020). En Brasil, las principales poblaciones se concentran en São Paulo con las densidades más altas registradas en el macizo de Paranapiacaba y dos islas costeras (Ilhabela e Ilha do Cardoso), y las densidades más bajas en la Serra do Mar (Bernardo et al. 2011). Otras poblaciones son encontradas en Paraná, Santa Catarina y una pequeña población en Rio Grande do Sul, en el Parque Estatal Turbo, área adyacente a la Reserva de la Biosfera Yabotí, ubicada en Argentina; donde se cree que existen poblaciones significativas en Misiones (del Hoyo et al. 2014)

La yacutinga habita principalmente en el dosel del bosque, ocasionalmente desciende al suelo del bosque para alimentarse o beber agua (Galetti et al. 1997). Busca alimento sola, en parejas o en pequeños grupos familiares. Morfológicamente se distingue por ser el único miembro del género con frente negra y una zona de la piel desnuda que se limita a un anillo de color blanco alrededor de los ojos. Presenta un plumaje brillante con listras blancas, un penacho largo y blanco. Su pico es azul brillante con una porción blanca. La bábela azul y roja con algunas plumas. Los machos suelen presentar bábelas más vistosas y coloridas, siendo que solo son observadas durante la temporada de reproducción (Sick, 2001).



Figura 1. Registro fotográfico de una yacutinga adulta posando en los frutos de palmito.
Referencia: WA2568092 Fuente: Wiki Aves, 2023.

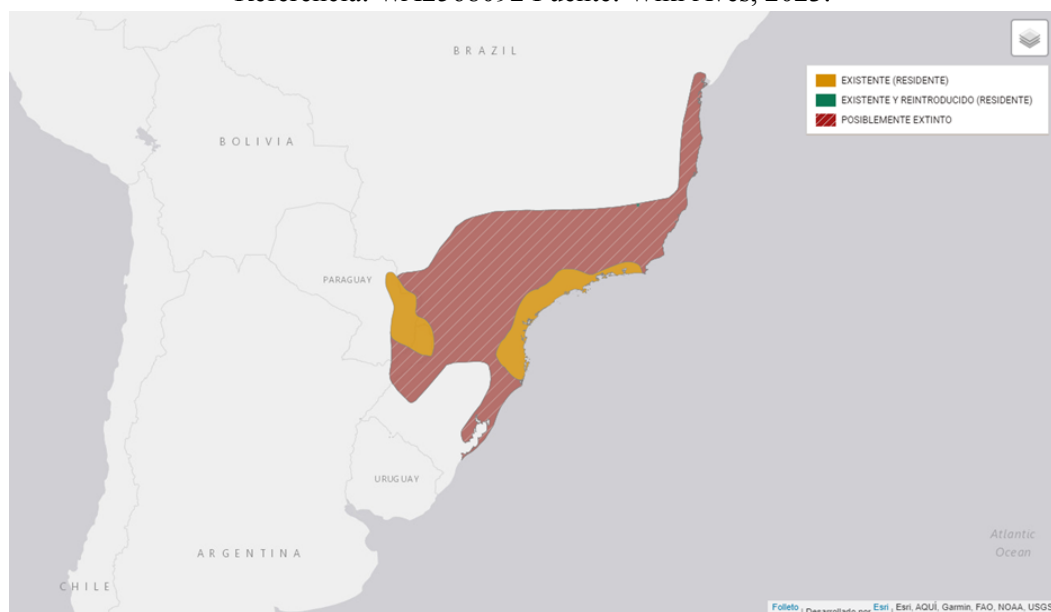


Figura 2. Rango de distribución geográfica estimada de *Aburria jacutinga*. En amarillo área que existe y en rojo área estimada donde posiblemente esta extinta. Fuente: UICN, 2022.

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

La región de estudio corresponde al Parque Nacional do Iguacu (PNI), una unidad de conservación ubicada en la región oeste del estado de Paraná, Brasil. El PNI abarca una extensión de 185.262 hectáreas y se encuentra conectado al Parque Nacional Iguazú, en Argentina, a través del Río Iguacu, y juntos conforman un conjunto de áreas protegidas que albergan las Cataratas do Iguacu, reconocidas como Patrimonio Nacional de la Humanidad por la Unesco (Brasil, 2019).

El PNI está ubicado sobre el dominio del bioma del Bosque Atlántico y alberga el mayor remanente forestal del sur de Brasil (Ferreira, 1999). Según datos del ICMBIO (2018), este remanente alberga una biodiversidad muy rica, compuesta por especies representativas de la fauna y flora brasileña, algunas de las cuales están en peligro de extinción. En el parque son encontradas dos fisonomías forestales de este bioma, la Bosque Estacional Semidecidual (BES) y Bosque Ombrofila Mista (BOM) (Brasil, 2019). En las zonas de menor altitud cercanas al río Iguacu, se encuentra la Floresta Estacional Semidecidual (FES), que se divide en sub formaciones: la Submontana, que se extiende hasta aproximadamente 400 m de altitud, y la Montana, que se encuentra por encima de esta altitud y transiciona con FOM. En la región noreste del PNI, las altitudes superan los 700 m, donde se encuentra ubicada la Floresta Ombrofila Mista (FOM). Además, a lo largo de los cursos de agua del parque, se encuentran Formaciones Pioneras con Influencia Fluvial (FPIF), ocupadas principalmente por vegetación herbácea-arbustiva y praderas (Brasil, 2019).

Según la clasificación climática de Köppen-Geiger, la región del PNI presenta un clima húmedo subtropical, con estaciones de invierno y verano definidas, con bien distribuidas a lo largo del año. La temperatura varía entre 40°C máxima y 3°C mínima, con una media anual cerca de 26°C y mínima de 15°C. Además, presenta índices pluviométricos elevados, con media anual de 1728 mm, sin la existencia de una estación seca, con humedad relativa alta, raramente por debajo de 80% (Salamuni et al. 2002).

3.2 LEVANTAMIENTO DE ARCHIVOS DE AUDIO

Los archivos de audio que contienen las vocalizaciones de *Aburria jacutinga* se obtuvieron de colecciones en línea, específicamente de la Biblioteca Macaulay (<https://search.macaulaylibrary.org/catalogo>), Xeno-canto (<https://xeno-canto.org/species/Pipile-jacutin>) y Wiki-aves (<https://www.wikiaves.com.br/297005>), siendo

consultados por última vez el 30 de mayo de 2023. Estas grabaciones provienen de diversas localidades, incluyendo la Provincia de Misiones, Argentina, así como de los estados de Santa Catarina, Paraná y São Paulo, Brasil. Informaciones referentes a la fecha, autor, ubicación y otras informaciones se encuentran disponibles en el Apéndice 1.

Las grabaciones recolectadas se categorizaron en función de la calidad de la señal, evaluada en términos de la relación señal-ruido, utilizando el programa Raven Pro 1.6 (Cornell Lab of Ornithology, 2023). La relación señal-ruido se clasificó en tres categorías: buena calidad (señales nítidas y claramente distinguibles en el espectrograma y oscilograma), calidad media (donde las señales eran visibles, pero menos diferenciables en el espectrograma) y baja calidad (señales casi inexistentes, de calidad deficiente y con dificultad de distinguir la señal del ruido de fondo). Utilizamos para el análisis de parámetros acústicos apenas grabaciones de buena calidad.

3.3 MEDIDAS DE PARÁMETROS ACÚSTICOS

Se llevó a cabo la descripción del repertorio vocal de *Aburria jacutinga* basándose en vocalizaciones asociadas a respuestas comportamentales *ex situ* (Rivera, 2016). Las grabaciones utilizadas se seleccionaron priorizando la calidad de la señal, y excluyendo aquellas con una baja relación señal-ruido, superposición con otras vocalizaciones o exceso de ruido. Se midieron siete parámetros acústicos de las vocalizaciones. Estos parámetros incluyen cuatro características espectrales: frecuencia máxima (Hz), frecuencia mínima (Hz), frecuencia dominante (Hz) y variación o banda de la frecuencia (Hz). También se incluye un parámetro temporal: la duración de la nota en segundos (s).

El análisis de las medidas se realizó mediante la inspección visual de los espectrogramas utilizando el software Raven Pro 1.6 (Cornell Lab of Ornithology, 2023), con una frecuencia de muestreo de 44.1 kHz, una resolución 16 bits de resolución. Además, una configuración de ventana tipo Hann, tamaño de la ventana y transformación rápida de Fourier de 512 bits, con un ajuste de brillo al 60 %, contraste al 50%. Para cada vocalización, se calcularon los valores promedios y desvío padrón de cada una de las variables acústicas.

3.4 CLASIFICACIÓN DE COMPONENTES DEL REPERTORIO

En este estudio, la nota se define como la menor unidad sonora, caracterizada por un sonido continuo con inicio y final claramente definidos, y se observa en el espectrograma

como un trazo continuo (Slabbekoorn & Marley, 2004). Se realizó una clasificación de los tipos de canto a partir de una adaptación de la obra de Rivera (2016). Los componentes del repertorio se clasificaron en (1) Número de notas: se refiere al recuento de unidades sonoras presentes en una vocalización. (2) Forma de la nota: se basa en la estructura observable en el espectrograma, que incluye la modulación de frecuencia en el tiempo, considerando (a) sonidos agudos, estos sonidos se caracterizan por tener una frecuencia más elevada; (b) sonidos graves, estos sonidos se distinguen por tener una frecuencia más baja; (c) sonidos monótonos, son aquellos que mantienen un tono constante a lo largo de su duración y se representan como líneas horizontales en el espectrograma; (d) sonidos ascendentes, estos sonidos incrementan gradualmente su frecuencia y se observan como trazos inclinados hacia arriba en el espectrograma; (e) sonidos descendentes, se caracterizan por disminuir progresivamente su frecuencia y se representan como trazos inclinados hacia abajo en el espectrograma; (f) sonidos ascendentes-descendentes, cuando las notas exhiben un patrón de aumento y disminución en la frecuencia a lo largo de su duración, y presentan una secuencia de disminución y aumento en la frecuencia. (3). Duración de la nota: determinada por el tiempo que ocupa en el espectrograma. Las notas pueden ser cortas o prolongadas, y esta característica se representa mediante la extensión horizontal que ocupan en el espectrograma (Pieplow, 2019).

Con el fin de determinar si cada componente vocal es específico y puede ser agrupado en el espacio acústico (de Araújo et al. 2020), se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (PCA) basado en la matriz de medidas de parámetros acústicos correspondientes a cada vocalización, como se detalla en la Tabla 1. Estos análisis se llevaron a cabo utilizando el software R (R Core Team, 2020) usando la interfaz Rstudio (Rstudio Team, 2020) versión 4.1.3.

Para evaluar si los agrupamientos de tipo de vocalizaciones en el PCA presentan diferencias estadísticas significativas, se realizó un PERMANOVA (one-way). Este análisis empleó una matriz de distancia Euclidiana con los datos de los parámetros acústicos de las vocalizaciones, 999 permutaciones y utilizó la corrección de P-valor de Bonferroni. Este análisis se realizó en el software Past 4.13 (Hammer, 2023).

3.5 ADQUISICIÓN DE GRABACIONES DE PAISAJE

Los datos de paisaje acústico utilizados fueron colectados a lo largo del “proyecto Floriano”, una iniciativa de ICMBio, realizado por un núcleo de investigadores de diferentes universidades de Argentina y Brasil, llevado a cabo en las áreas intangibles del PNI. El banco

de datos acústicos del “proyecto Floriano” actualmente posee un total de 3000 horas de grabaciones de PNI, las cuales se emplearon aproximadamente 4020 minutos. Estas grabaciones se llevaron a cabo en ocho puntos distintos del PNI, con una distancia mínima de 200 metros entre sí (con excepción de PDA5, instalado a 100m de PDA7) y en lugares donde la Yacutinga fue avistada (véase Figura 3).

Los registros acústicos del paisaje se realizaron a intervalos de 10 min/h, entre 06:30 y 19:00, a lo largo de 10 días, entre el 21 y 30 de abril de 2022. Hicimos una inspección activa de estos archivos, mediante el software de audio Ocenaudio o 3.9.6 (www.ocenaudio.com) realizando la identificación de la especie a partir de una inspección auditiva y visual de los sonogramas de las grabaciones. Los sonogramas fueron construidos con una ventana de FFT de 1024 puntos, configuración de ventana tipo Hann y rango dinámico de 76 dB.

Aunque los datos de colecciones de sonidos permiten evaluar la estructura del repertorio vocal de Yacutinga, los datos de paisaje permiten evaluar la distribución de cada componente del repertorio en el tiempo y espacio, en la naturaleza. Se utilizarán para obtener una comprensión inicial del comportamiento acústico de la especie, y que pueden ser utilizados para optimizar detectores acústicos automatizados como *Template matching* u otros algoritmos.

El análisis de los datos de actividad vocal de *Aburria jacutinga* se llevó a cabo considerando el número total de registros para cada componente vocal, así como el recuento total por fecha, horario y punto de registro. La hora del día de cada registro se utilizó como horario de actividad de cada componente vocal. Se generaron gráficos de densidad de Kernel para los padrones de actividad, los cuales emplean una única curva para representar la distribución de los valores en un conjunto de datos. Estos gráficos resultantes ilustran la distribución de los registros de actividad vocal de la especie a lo largo del día. Los picos de densidad vocal indican los momentos de mayor actividad vocal, mientras que las áreas de menor densidad señalan momentos de menor actividad. Estos análisis se llevaron a cabo utilizando el software R (R Core Team, 2020) usando la interfaz Rstudio (Rstudio Team, 2020) versión 4.1.3.

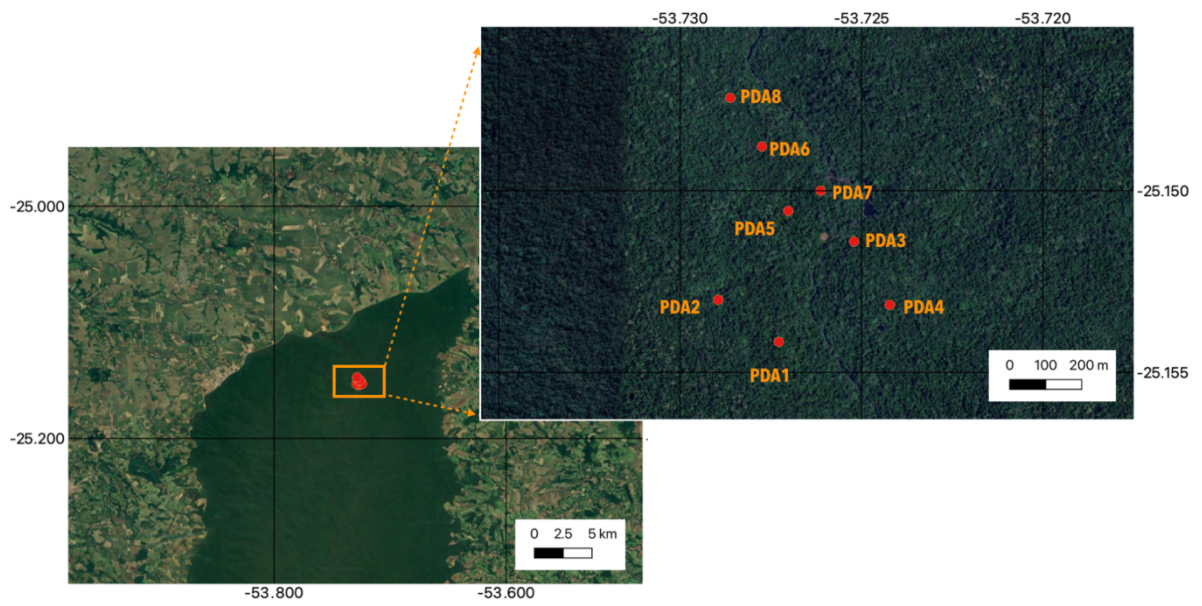


Figura 3. Localización de puntos de muestreo en el Parque Nacional de Iguazu, Paraná - Brasil. En destaque los puntos de los grabadores utilizados en la colecta de datos bioacuáticos.

4 RESULTADOS

Identificamos 52 grabaciones de vocalizaciones de *Aburria jacutinga*, provenientes de diferentes localidades del sureste de Brasil y regiones adyacentes de Argentina. De estas grabaciones, se clasificaron 10 como de buena calidad, 30 de media calidad y 10 de baja calidad. Analizamos un total de 40 audios, con una duración total de 29.7 minutos. Categorizamos el repertorio de vocalizaciones de *A. jacutinga* en 11 componentes distintos, que incluyen diez vocales y un componente no vocal, tal como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables acústicas del repertorio de *Aburria jacutinga*. Los valores se expresan como promedio \pm desvío padrón. Las variables incluyen: duración; frecuencia fundamental mínima (FF Min); frecuencia fundamental máxima (FF Max); frecuencia dominante (F Dom); Entropía Media (E Media); y Banda de Frecuencia (Banda F).

Vocalización	Duración (s)	FF Min (Hz)	FF Max (Hz)	F Dom (Hz)	E Media (bits)	Banda F (Hz)
Silbido I	0.45 (\pm 0.08)	2563 (\pm 39.92)	2834 (\pm 57.25)	2724 (\pm 44.58)	1.12 (\pm 0.25)	270.97 (\pm 72.22)
Silbido II	0.63 (\pm 0.19)	3307 (\pm 491.65)	4113 (\pm 720.21)	3792 (\pm 600.36)	1.61 (\pm 0.34)	806.49 (\pm 323.04)
Silbido III	0.61 (\pm 0.15)	2841 (\pm 259.70)	3574 (\pm 185.63)	3092 (\pm 144.13)	1.97 (\pm 0.24)	732.64 (\pm 235.44)
Silbido largo	1.86 (\pm 0.97)	2731 (\pm 272.84)	3291 (\pm 116.71)	3124 (\pm 144.59)	1.81 (\pm 0.44)	559.89 (\pm 235.89)
Golpe de Alas	1.00 (\pm 0.29)	219 (\pm 91.08)	3218 (\pm 771.87)	959 (\pm 875.43)	4.55 (\pm 0.31)	2999.11 (\pm 735.77)
Llamado	01.09 (\pm 0.27)	3711 (\pm 131.88)	7094 (\pm 153.85)	4383 (\pm 562.72)	1.97 (\pm 0.11)	3565.93 (\pm 26.77)
Grito de alerta	1.43 (\pm 0.47)	1557 (\pm 75.38)	3899 (\pm 311.93)	2643 (\pm 944.57)	3.37 (\pm 0.34)	2342.50 (\pm 299.12)
Piado I	0.23 (\pm 0.18)	2446 (\pm 416.84)	4789 (\pm 358.18)	4083 (\pm 664.51)	3.44 (\pm 0.55)	2343.08 (\pm 491.29)
Piado II	0.21 (\pm 0.02)	3954 (\pm 361.07)	5178 (\pm 170.05)	5039 (\pm 143.33)	2.71 (\pm 0.28)	1224.12 (\pm 335.00)
Piado corto	0.19 (\pm 0.01)	2742 (\pm 320.96)	4456 (\pm 118.35)	3999 (\pm 313.95)	2.79 (\pm 0.56)	1714.68 (\pm 365.10)
Piado largo	0.18 (\pm 0.04)	1143 (\pm 243.86)	4599 (\pm 470.52)	2919 (\pm 822.65)	5.04 (\pm 0.32)	3456.14 (\pm 608.76)

Características acústicas de las vocalizaciones

En el análisis de espectrogramas que abarcó un total de 378 muestras, identificamos los componentes vocales de *Aburria jacutinga* como estructuras acústicas predominantemente tonales, con una variación de modulación en sus notas y escasamente armónicas. Estos componentes se caracterizan por constar de una a varias notas, con duraciones que oscilan entre 0.18 y 1.86 segundos. La frecuencia de los componentes vocales de *A. jacutinga* variaron en un rango que abarca desde 214 Hz hasta 7094 Hz. Cabe resaltar que la mayor frecuencia dominante observada fue de 5039 Hz. La entropía de estas vocalizaciones se situó entre 1.12 y 5.04 bits (Tabla 1).

Silbidos

Silbido I

Se caracteriza por la emisión de uno a cuatro silbidos graves, cortos y ligeramente monótonos, compuesto por una sola nota con duración promedio de 0.45 segundos (ver Figura 4a). Esta vocalización es representada por el patrón “püüeee, püüeee, püüeee...” que se emite mediante la repetición serie de la misma nota. Su frecuencia fundamental oscila entre los 2563 y 2834 Hz, siendo la frecuencia dominante de aproximadamente 2724 Hz ($n = 2$). La variación en la frecuencia de 270.97 Hz indica una cierta flexibilidad en la frecuencia de la vocalización.

Silbido II

Esta vocalización está compuesta por una frase de tres a cinco notas con una leve modulación ascendente, cada una con una duración media de 0.63 segundos (Figura 4b). Notablemente, a partir de la segunda y tercera nota, inicia en una frecuencia ligeramente inferior a la anterior, finalizando en una frecuencia mayor. Se observaron la presencia de repeticiones de esta frase de silbidos, seguidas por el tamborileo de alas. La frecuencia fundamental varía entre 3307 Hz y 4113 Hz, con una frecuencia dominante de 3792 Hz ($n = 11$). La entropía media 1,61 bits indica una modulación tonal más compleja, en comparación con el silbido I.

Silbido III

Este es un silbido descendiente y corto, compuesto por una única nota de tono fino con una duración media de 0.61 segundos (Figura 4c). Su frecuencia fundamental varía entre 2841 Hz y 3574 Hz, presentando una frecuencia dominante de 3792 Hz ($n = 1$). Esta vocalización exhibe la entropía media más elevada en comparación con los demás silbidos, alcanzando 1.97 bits.

Silbido largo

Esta vocalización se caracteriza por emitir una única nota que se repite en series de dos a cinco silbidos suaves, prolongados y ligeramente ascendentes, emitidos en un ritmo más lento que los demás silbidos descritos (ver Figura 4d). Esta vocalización presenta una duración de 1.6 segundos, mayor en comparación con los demás silbidos. El silbido largo tiene una frecuencia dominante de 3124 Hz y frecuencias fundamentales que oscilan entre 2731 y 3291 Hz ($n = 1$).

Llamados

Los llamados se caracterizan por tener una alta intensidad. Se distinguen de los demás silbidos por emitir sonidos más agudos y descendientes, con una duración promedio de 1.09 segundos (ver Figura 5). Su rango de frecuencia fundamental varía entre 3711 Hz hasta 7094 Hz, con una frecuencia dominante de cerca de 4383 Hz ($n = 1$). Destaca por presentar una notaría variación de frecuencia de 3565.93 Hz.

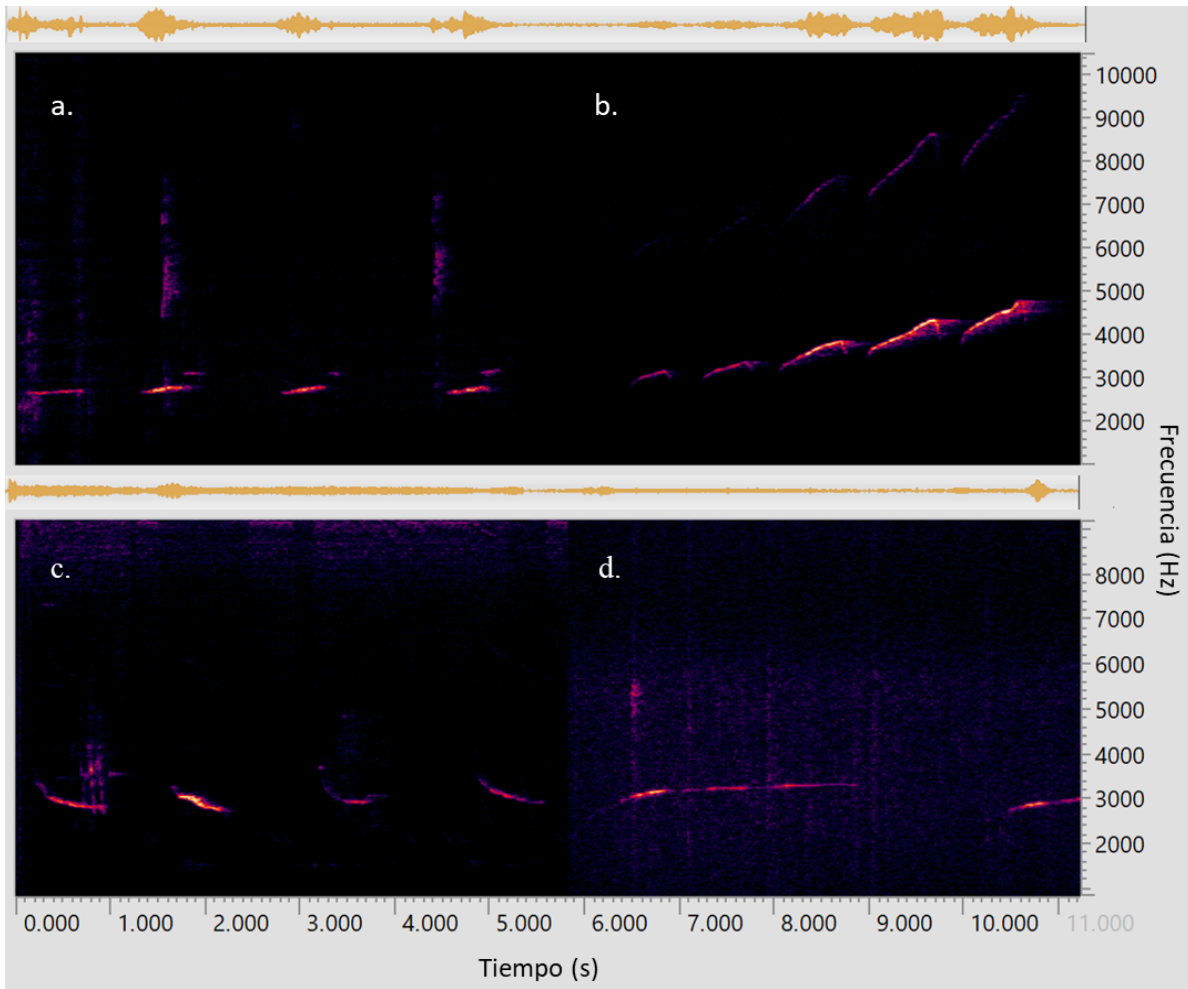


Figura 4. Oscilograma (parte superior) y espectrograma (parte inferior) de las vocalizaciones de *Aburria jacutinga*: silbido I (a); silbido II, con notas que presentan modulaciones ascendentes (b); silbido III, con notas descendientes y finas, y silbido largo, con notas ligeramente ascendentes y prolongadas (d).

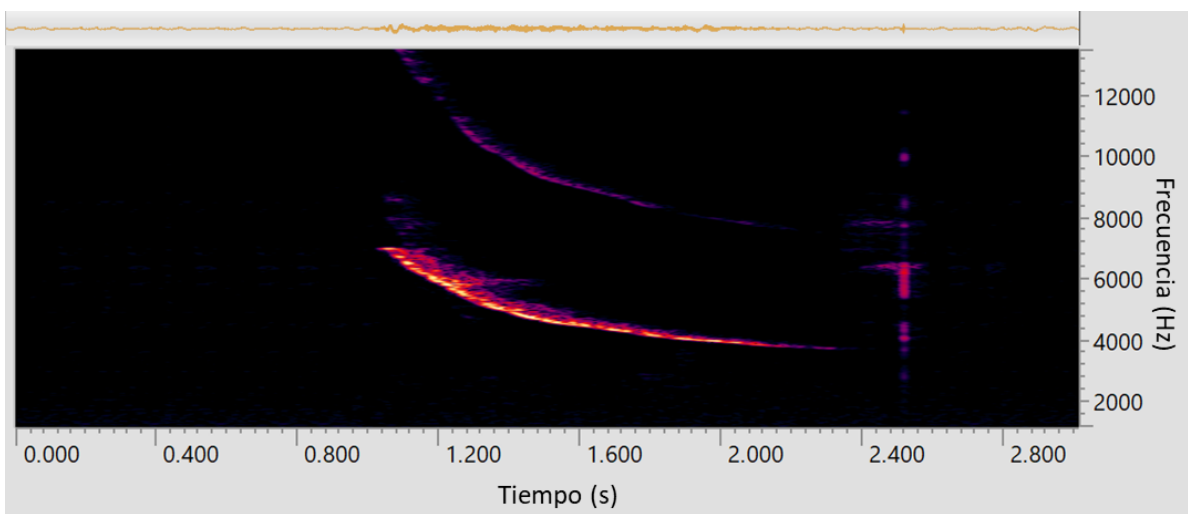


Figura 5. Oscilograma (parte superior) y espectrograma (parte inferior) de la vocalización del llamado de *Aburria jacutinga*, ligeramente agudo y descendiente.

Piados

Piado I

Esta vocalización fue una de las más frecuentes durante el análisis ($n = 11$). Se caracteriza por emitir piados finos y agudos, los cuales se representan mediante el patrón sonoro “pee-oo, pee-oo, pee-oo...” (Ver Figura 6a). Este piado consiste en dos notas moduladas ascendentes con cierta variación en su estructura y tono, que se repiten en series que varían entre cuatro y 25 repeticiones, y presenta una duración media de 0.23 segundos. La frecuencia fundamental de esta vocalización oscila entre 2446 Hz hasta 4789 Hz, con una frecuencia dominante cercana de 4083 Hz.

Piado II

Esta vocalización presenta una nota modulada y descendiente en forma de “v invertida”, la cual se repite en series que varían entre dos a seis notas, con una duración promedio de 0.21 segundos (Figura 6b). La frecuencia fundamental de estas vocalizaciones varía entre los 3954 Hz hasta 5178 Hz, con una frecuencia dominante cercana a los 5039 Hz ($n = 1$).

Piado corto

Esta vocalización se distingue por su tono más agudo, conformada por la repetición de una nota que exhibe cierta variabilidad en su estructura. La repetición de las notas puede ocurrir de entre una y nueve veces, presentando una duración media de 0.19 segundos (Figura 6c). La frecuencia fundamental de estas vocalizaciones varía en un rango que abarca entre los 2742 Hz hasta 4456 Hz, con una frecuencia dominante cerca de 3999 Hz ($n = 1$).

Piado largo

Este piado se destaca por su tono más grave en comparación con otros piados. Se caracteriza por emitir únicamente una nota con una forma que se asemeja a una “L invertida” (Figura 6d). Esta nota se repite en series que varían entre cuatro y 26 repeticiones, y presenta una duración de 0.18 segundos. La frecuencia fundamental de estas vocalizaciones abarca entre los 1143 Hz hasta 4599 Hz, con una frecuencia dominante cerca de 2919 Hz ($n = 5$).

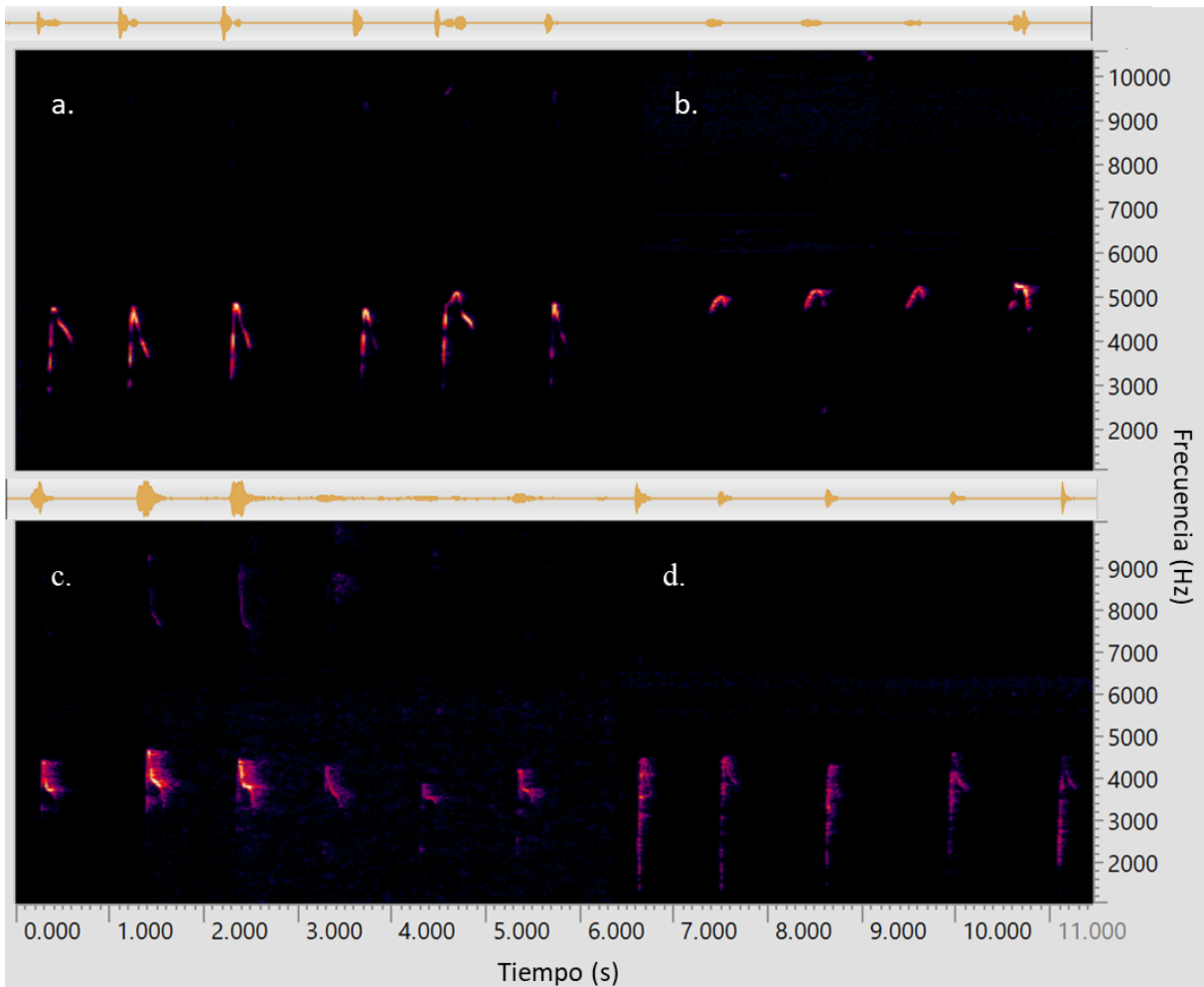


Figura 6. Oscilograma (parte superior) y espectrograma (parte inferior) de las vocalizaciones de *Aburria jacutinga*: piado I, con dos notas moduladas ascendentes (a); piado II, nota en forma de “v invertida” (b); piado corto (c) y piado largo (d).

Grito

Esta vocalización se caracteriza por su tonalidad más aguda y consta de una sola nota que presenta entre tres y cinco armónicos de alta frecuencia, con una duración promedio de 1.43 segundos. Inicialmente, la nota se caracteriza por un rápido y pronunciado ascenso en la frecuencia, seguido de una fase descenso que adopta la forma de una “v” invertida, extendiéndose hacia una gama más baja de frecuencia, similar a un silbido prolongado (ver Figura 7). La vocalización se repite en series compuestas de una a tres notas, seguidas de vocalizaciones tipo “piados”. La frecuencia fundamental de esta vocalización varía de 1557 Hz y 3899 Hz, con una frecuencia dominante de 2643 Hz y una variación de frecuencia que alcanza los 2342.50 Hz ($n = 1$).

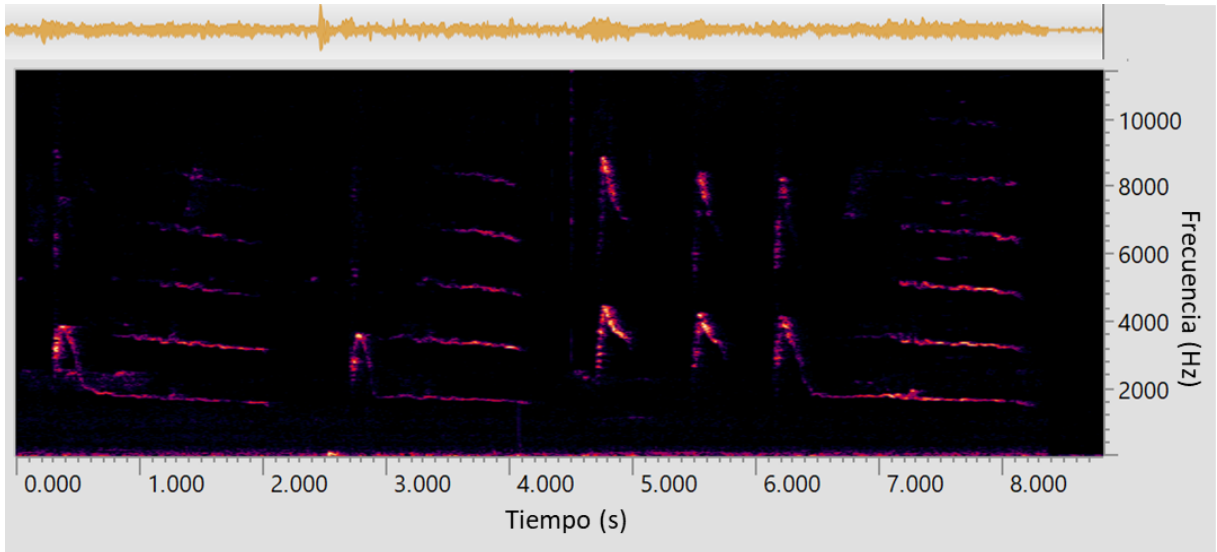


Figura 7. Oscilograma (parte superior) y espectrograma (parte inferior) de la vocalización del grito de *Aburria jacutinga*.

Sonidos no vocales

Golpe de Alas

Es una emisión sonora no vocal, ligeramente grave que se caracteriza por una secuencia de golpes rítmicos de aleteos durante el vuelo descendente que se asemejan al sonido de un tamboreo. Este sonido se compone de: una ráfaga inicial de tamboreos, seguida por una ráfaga subsiguiente más rápida, prolongada y fuerte (ver Figura 8). La frecuencia fundamental de este sonido presenta una variación entre 219 y 3218 Hz, con una frecuencia dominante de 959 Hz y una variabilidad en la frecuencia registrada de 2999.11 Hz ($n = 5$).

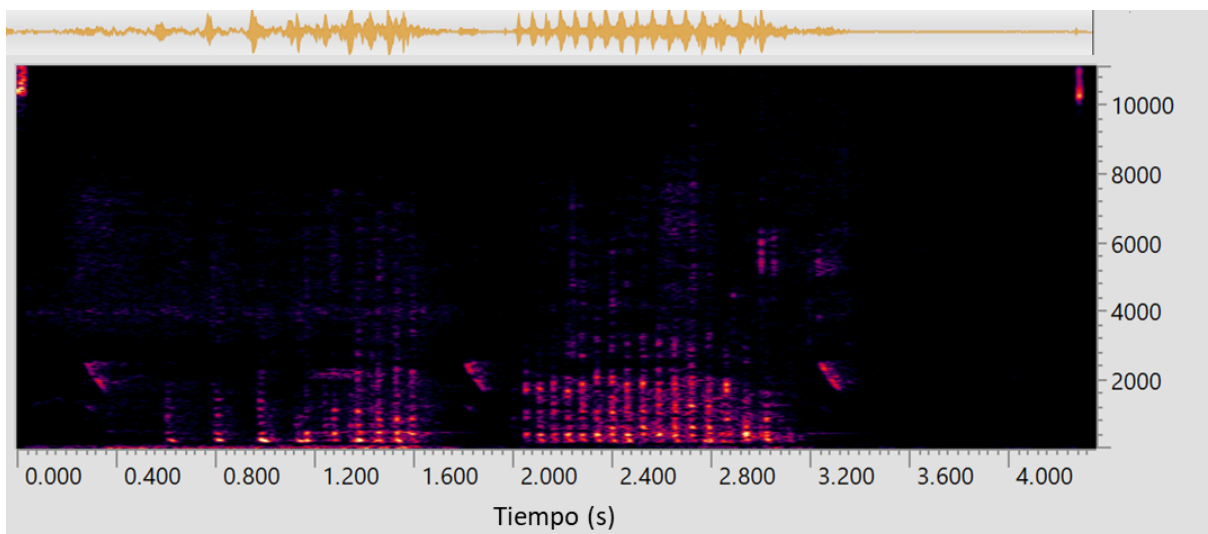


Figura 8. Oscilograma (parte superior) y espectrograma (parte inferior) del sonido de golpe de alas de *Aburria jacutinga*.

Diferenciación de componentes acústicos.

Los dos primeros ejes del análisis de Componentes Principales (PCA) explicaron el 82.54 % de la variación en los datos (Figura 8). Aunque algunas vocalizaciones muestran cierta superposición, el PCA reveló un grado de agrupamiento entre los componentes del repertorio, representado por tres grupos principales: silbidos, piados y golpe de alas, indicando que cada componente se localiza en una porción diferente del espacio acústico. Los componentes piado largo, piado I, silbido II y golpe de alas formaron grupos más definidos.

El análisis de PERMANOVA mostró que existen diferencias significativas entre los componentes del repertorio ($p < 0.05$). En efecto, los componentes vocales se diferencian entre sí en los parámetros espectrales y temporales ($F = 89.13$; $p = 0.0001$). En este contexto, vale la pena destacar que la vocalización de llamado presentó diferencias únicamente en relación a piado I y piado largo, mientras que silbido II no difirió significativamente del silbido III y piado corto. Sin embargo, el silbido III se diferenció de todos los grupos, excepto del silbido largo. Asimismo, el piado corto no se diferenció del piado I (Ver Tabla 2).

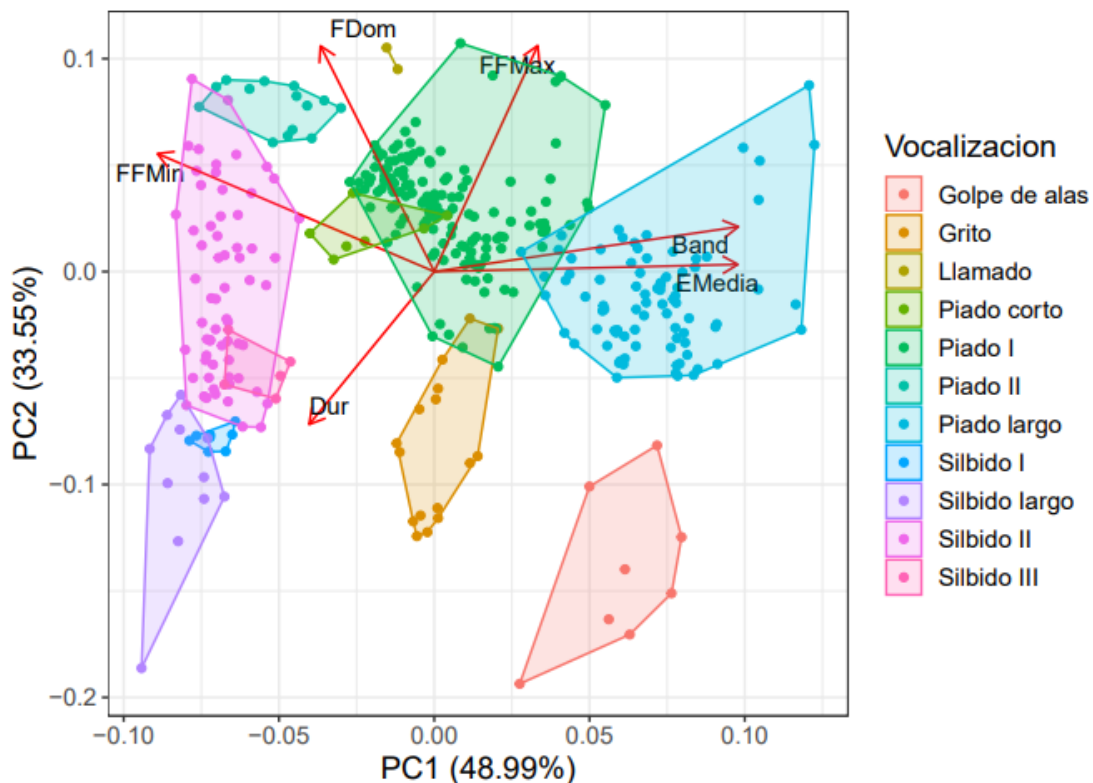


Figura 9. Distribución de 378 muestras de los once tipos de vocalizaciones de *Aburria jacutinga* en el espacio multivariado definido por los dos primeros ejes de un análisis de componentes principales, (PCA).

Tabla 2. Valores de p corregidos por Bonferroni de comparaciones por pares de los componentes acústicos del repertorio de *Aburria jacutinga* obtenidos mediante análisis de PERMANOVA. Los valores destacados indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las distintas vocalizaciones analizadas. Los componentes acústicos son: silbido I (S I); silbido II (S II); silbido III (S III); golpe de alas (G de alas); piado I (P I); piado II (P II); piado corto (P corto) y piado largo (P largo).

Vocalización	S I	S II	S III	S largo	G alas	Llam	Grito	P I	P II	P corto
S II	0.0055									
S III	0.055	1								
S largo	0.0055	0.0165	1							
G de alas	0.011	0.0055	0.0385	0.0055						
Llam	1	0.0385	1	0.781	1					
Grito	0.0055	0.0055	0.011	0.0055	0.0055	0.374				
P I	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055			
P II	0.011	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.5555	0.0055	0.0055		
P corto	0.0055	0.1925	0.0385	0.011	0.022	1	0.011	0.715	0.0055	
P largo	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.011	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055

El repertorio vocal en el paisaje acústico

Se obtuvieron un total de 76 registros acústicos de Yacutinga en el PNI, durante el período comprendido entre el 21 y 30 de abril de 2022. *Aburria jacutinga* fue detectada en los cinco puntos de monitoreo acústico, y el número de vocalizaciones detectadas variaron entre 5 y 22 vocalizaciones por punto. En términos generales se registraron más vocalizaciones en el punto ocho, pero se observa una variación considerable en cuanto al tipo de componente vocal entre los distintos puntos. De las diez estructuras acústicas se encontró que el llamado y piado corto, fueron las vocalizaciones más frecuentes, siendo que piado corto y silbido III estuvieron presente en todos los puntos de monitoreo (Figura 10). Comparaciones entre las vocalizaciones obtenidas en las colecciones sonoras con las obtenidas en el PNI presentan gran variación. Es relevante destacar que no detectamos vocalizaciones de grito, silbido II y golpe de alas en el paisaje sonoro del PNI durante el período de estudio (Figura 11). Aunque componentes vocales como llamado y piado corto sean raros en las colecciones acústicas, fueron bastante abundantes en el paisaje, donde las detectamos en 24 y 15 de las grabaciones inspeccionadas, respectivamente.

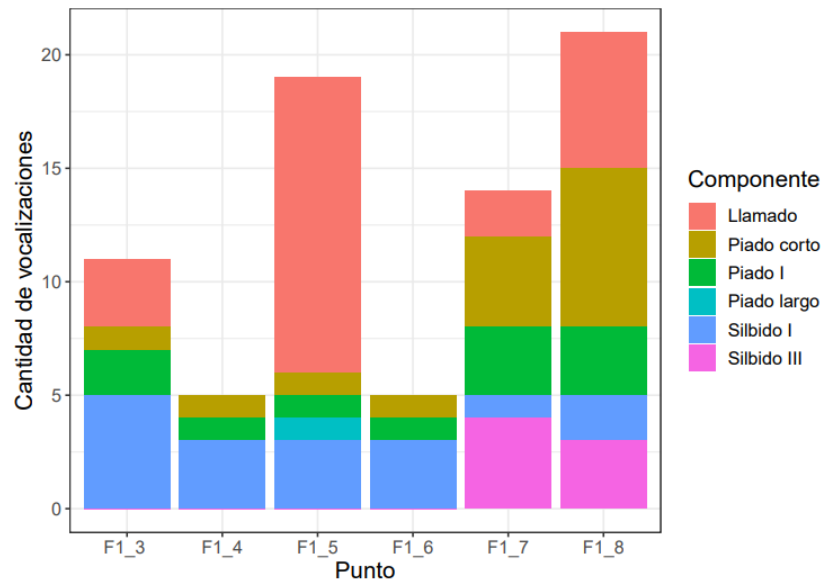


Figura 10. Distribución de componentes vocales de *Aburria jacutinga* recopilados en los puntos de monitoreo acústico en Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil, durante el período del 21 al 31 de abril de 2022.

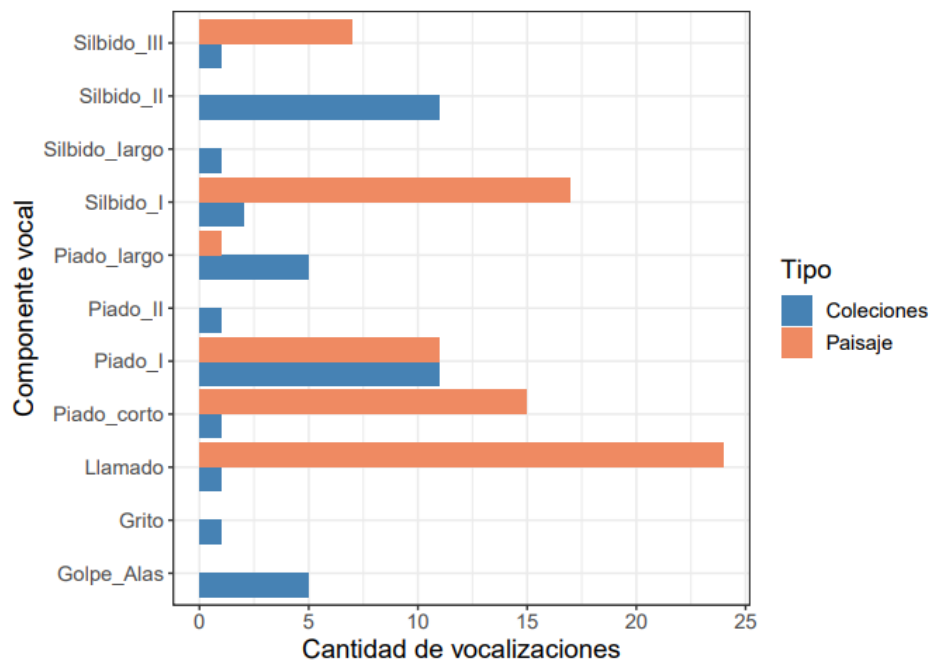


Figura 11. Número de registros de vocalizaciones de *Aburria jacutinga* obtenidos en las colecciones sonoras y el paisaje sonoro del Parque Nacional do Iguaçu, Brasil, durante el período del 21 al 31 de abril de 2022.

Actividad vocal diaria

La Yacutinga muestra variaciones en su actividad vocal diaria. A lo largo del día se destacan dos picos de actividad vocal. El primero por la mañana cuando la especie se encuentra más activa y se extiende desde las 9:00 hasta las 12:00 horas, mientras que el segundo pico (más bajo) se registra entre las 15:00 y las 17:00 horas. Los valores más bajos de la actividad vocal se observaron alrededor de las primeras horas del amanecer y luego del atardecer (Figura 12a).

Al analizar los tipos de vocalizaciones por hora, se encontró que los piados cortos son más frecuentes en el período de la mañana, con una disminución progresiva de su actividad antes del mediodía. Por otro lado, el piado I es más común en horas de la mañana y próximo al atardecer. En contraste, los llamados exhiben una mayor actividad alrededor del mediodía. En cuanto al silbido III, presenta mayor actividad vocal en horas de la tarde, a diferencia del silbido I, que muestra una distribución más notable en horas de la mañana (Figura 12b).

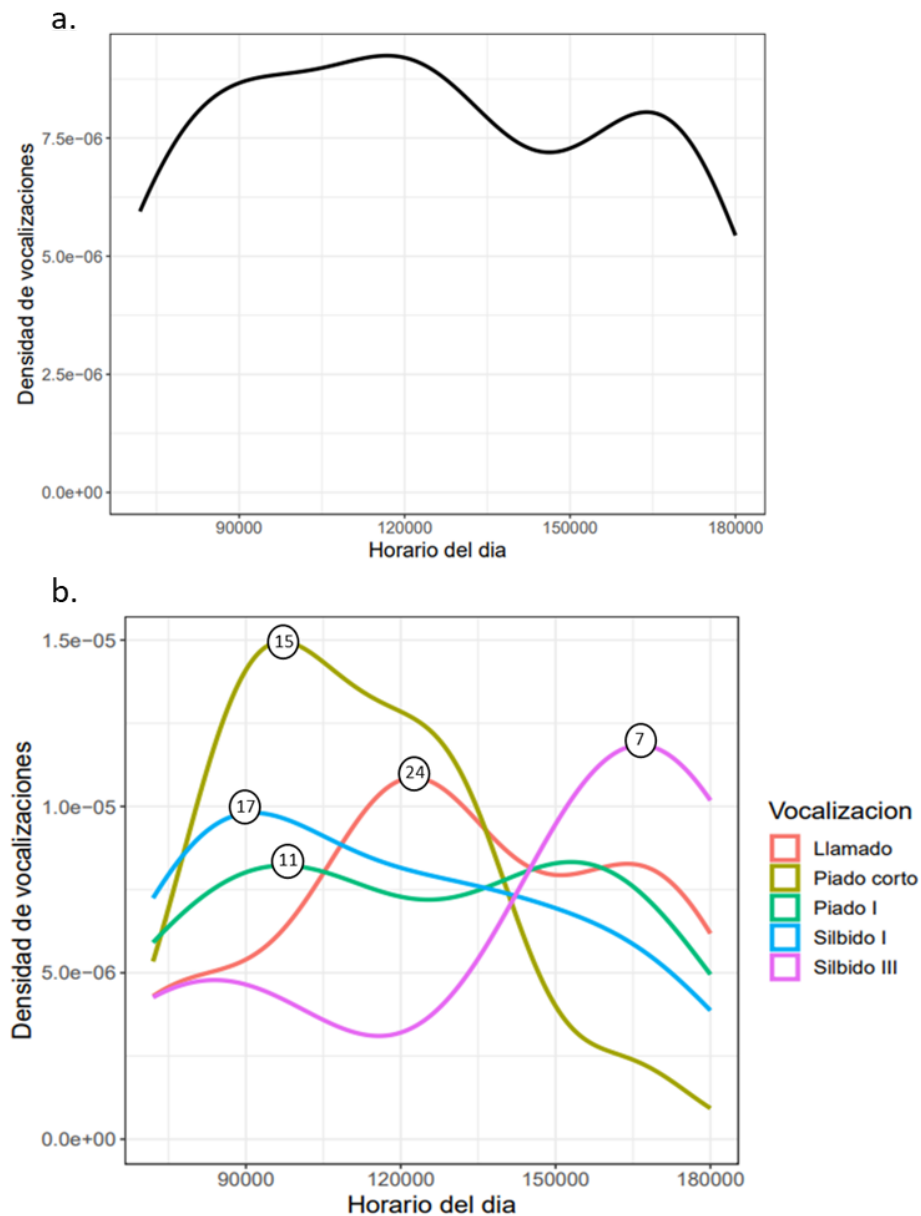


Figura 12. Representación de la densidad de la actividad vocal diaria de *Aburria jacutinga* en el Parque Nacional do Iguazu, Paraná, Brasil. (a) Representación de la densidad diaria de tipos de vocalizaciones de Yacutinga. (b) Distribución temporal a lo largo del día por tipo de vocalización de la Jacutinga. La figura muestra que algunas vocalizaciones son emitidas en diversos horarios del período de la mañana al mediodía, y continúan en tasas más bajas hasta el final de la tarde, con excepción de una vocalización ($n = 76$ grabaciones). Los círculos representan el número de vocalizaciones detectadas.

5 DISCUSIÓN

Los registros acústicos de *Aburria jacutinga* en bancos de datos ornitológicos han proporcionado información valiosa, permitiendo una comprensión más profunda de la comunicación acústica. El análisis de estas grabaciones ha revelado un amplio repertorio vocal, compuesto por diez tipos de vocalizaciones: tres modalidades de silbidos, un llamado, un grito, cuatro modalidades de piados y un sonido no vocal generado por el batir de alas. Nuestros resultados indican que cada una de estas vocalizaciones presenta diferencias significativas en sus parámetros acústicos, ocupando diferentes espacios del nicho acústico. Además, el padrón de actividad vocal identificado brinda información relevante para la comprensión del comportamiento acústico de *Aburria jacutinga* en el Parque Nacional do Iguacu, respaldando la utilidad de datos de monitoreo acústico en futuras investigaciones.

En términos generales, se ha observado que aves de la familia Cracidae, producen una amplia variedad de vocalizaciones (Sick, 2001; Baldo & Mennill, 2011). Sin embargo, diferentes especies dentro de esta familia exhiben variaciones significativas en la cantidad y estructura de vocalizaciones que componen su repertorio. Por ejemplo, un estudio llevado a cabo por Alexander et al. (2002) en pavas de la especie *Pipile pipile* identificó un repertorio de aproximadamente cuatro cantos distintos, cada uno asociado a diferentes comportamientos. Investigaciones en paujiles de la especie *Crax rubra* han identificado cinco tipos de llamadas que difieren en términos de frecuencia, duración y especificidad para cada sexo (Baldo & Mennill, 2011). En la pava cornuda (*Oreophasis derbianus*) se ha demostrado la existencia de una marcada individualidad en uno de los tipos de vocalizaciones, siendo que los machos emiten hasta cuatro tipos de cantos, mientras que las hembras pueden emitir hasta ocho (González et al. 2017). La existencia de un repertorio vocal en *Aburria jacutinga* ya se conocía a partir de estudios que documentaron vocalizaciones en observaciones de campo (Galetti et al. 1997; Hayes et al. 2009; Pacagnella et al. 1994). Estos estudios evidenciaron un repertorio amplio con la existencia de cuatro vocalizaciones, de esta manera nuestro estudio amplía este repertorio en 2,5 veces.

Los piados se destacan como una de las vocalizaciones más comunes en el repertorio de *Aburria jacutinga*. Estas vocalizaciones se caracterizaron por su corta duración (0.18 a 0.23 s) y una intensidad más alta en comparación con los silbidos. La variabilidad en sus frecuencias relaciona la posibilidad de transmitir información, lo que indica su capacidad para la transmisión de señales codificadas relacionadas con diversos comportamientos (de Araujo,

2020). Según Rivera (2016), estos piados desempeñan un papel en la defensa, expulsión y/o ahuyentamiento de posibles amenazas. Los piados cortos en particular, parecen estar relacionados con comportamientos defensivos y suelen ir acompañados de acciones de vigilancia y protección (Rivera, 2016). Estas llamadas de alerta se emiten en presencia de posibles depredadores, lo que indica su función de comunicación a corta distancia entre individuos. Estas vocalizaciones pueden considerarse como referencias, ya que codifican información sobre diferentes situaciones ambientales (Bradbury & Vehrencamp, 1998). Por otro lado, los piados largos se observaron en contextos de interacciones antagonistas (Rivera, 2016). Estos resultados son congruentes con las observaciones de Souza et al. (2020), quienes describen que los machos emiten un llamado “pioooo” con tono fuerte y final más suave. Esta vocalización parece estar asociada a comportamientos territoriales, ya que se utilizan en enfrentamientos con otros machos, a veces acompañados de exhibiciones como inflar el pecho, batir sus alas y erizar las plumas de su penacho representando una exhibición agresiva o de alarma (Alexander *et al.* 1992). Se nota que los valores medios de la frecuencia mínima, máxima y en la banda frecuencia de piado corto se asemejan a los reportados por Rivera (2016). Sin embargo, existen diferencias en la frecuencia máxima y en la banda de frecuencia del piado largo. Pero, la duración de estas vocalizaciones no exhibe diferencias notables.

Por otro lado, una de las vocalizaciones que más se registraron fue la de piado I. De acuerdo con las observaciones de Paccagnella et al (1994), piados suaves y constantes eran frecuentes en situaciones relacionadas con el forrajeo, donde el macho de un grupo familiar asume una posición elevada en los árboles, manteniéndose alerta. Observaciones similares se registraron en *Pipile pipile*, donde individuos solitarios como grupos posando en las ramas, emiten llamadas "pee-oo" o "pyoo" suaves y constantes, indicando una posible función de comunicación y contacto entre grupos (Alexander *et al.* 1992). Este autor describe la llamada con notas con un alto grado de variación en el tono y estructura, con un rango de frecuencia comparable a las denominadas como piado I. Pero no se registraron parámetros acústicos que nos permitan hacer una mejor comparación.

El repertorio vocal de *Aburria jacutinga* estuvo compuesto por cuatro silbidos. Los silbidos tienen una intensidad baja (Rivera, 2016), y por esto deben estar asociados con la comunicación a corta distancia. Observaciones realizadas en cautiverio indican que estos componentes están asociados a la vigilancia grupal, y suelen ser emitidos por individuos específicos, los centinelas (Rivera, 2016). La descripción de esta vocalización por Rivera (2016) muestra similitudes estructurales con el silbido I. Además, se observó que los valores medios registrados para esta vocalización son cercanos a los reportados por Rivera (2016). Es

importante destacar que la duración y la frecuencia de los silbidos descritos son variables, indicando que este tipo de vocalización puede posibilitar la transferencia de información. Además, el Silbido III es una vocalización no descrita previamente y por esta razón podría ser asociada a un comportamiento poco común.

Encontramos sólo un sonido no vocal en la base de datos de *A. jacutinga*. El golpe de alas, un ruido característico producido por las yacutingas al batir sus alas al volar de una copa de árbol a otra y se considera un marcador del inicio de la temporada reproductiva (Sick, 2001; Arlott & Perlo, 2021). Souza et al. (2020) describieron como el “*wing display*”, un comportamiento asociado a la reproducción. En este comportamiento, el macho emite una secuencia de fuertes silbidos ascendentes desde la copa del árbol, luego, realiza una exhibición de alas, levanta vuelo y produce un sonido metálico con las alas durante el vuelo en dirección a la copa de un árbol cercano, similar al ruido de un “desgarro” de una tela gruesa o la caída de un gran árbol (Sick, 2001). El silbido asociado a este comportamiento se asemeja al descrito por Alexander (2002) y Hayes et al. (2009), compuesto por series de tres a siete silbidos claros, lastimeros con una secuencia que inician en tonos más bajos y finaliza en tonos más agudos (1800 Hz - 3700 Hz). Considerando el repertorio vocal descrito aquí, está silbido presentada por Alexander (2002) y Hayes et al. (2009) es estructuralmente similar al silbido II. Hayes et al. (2009) lo registró intermitente en las primeras horas de la mañana y las últimas horas de la tarde. No se tienen registros de esta vocalización en condiciones de cautiverio, posiblemente el entorno no promueve un ambiente propicio (Rivera, 2016).

Entre las vocalizaciones con menos registros están los llamados, que, al contrario de los silbidos, se caracterizan por tener una alta intensidad lo que sugiere su asociación con la comunicación a larga distancia, y con esto pueden proporcionar una cohesión del bando en distancias mayores (de Araujo, 2017). Según las observaciones de Rivera (2016), esta vocalización representa una señal de peligro, alertando a los individuos y generando un cambio en su comportamiento al recibir una advertencia sobre la presencia de un depredador, como tomar medidas defensivas o buscar refugio (Rohwer et al. 1976; Griesser et al. 2013). Los valores medios registrados para esta vocalización son cercanos a los reportados por Rivera (2016), a pesar del número limitado de registros.

Registramos apenas un grito en el repertorio de *Aburria jacutinga*. Esta vocalización parece estar relacionada con comportamientos agonísticos, debido a una situación de alto grado de estrés, en que el ave emite vocalizaciones de alta intensidad como respuesta a comportamientos de desespero (Rivera, 2016). Observamos que los valores medios registrados por Rivera (2016) difieren de los nuestros, ya que presentaron una frecuencia

máxima y variación de banda mucho más elevada. Esto puede estar asociado a la falta de representatividad de los registros.

Entre las vocalizaciones que describimos y los comportamientos asociados a estas, encontramos que los silbidos II son llamados que parecen ser parte del cortejo de la yacutinga, las llamadas de alarma pueden ser asociadas a los piados cortos, el silbido I y piado I como llamadas de contacto.

Las diferencias en el registro de estas vocalizaciones por parte los autores mencionados podrían deberse a variaciones en el esfuerzo de la muestra, observaciones en diferentes fases de la vida de la especie y condiciones específicas que podrían haber influenciado en la probabilidad de registrar ciertos comportamientos vocales. La utilización de grabaciones de diferentes localidades y momentos en los que se registró *A. jacutinga* aumentó la posibilidad de obtener un conjunto más amplio de vocalizaciones.

Para garantizar una comunicación eficaz, se espera que cada vocalización presente una estructura específica que permita su detectabilidad en función del riesgo y la función conductual (De Araújo et al. 2020). Constatamos que la mayoría de las vocalizaciones de *A. jacutinga* presentan diferencias significativas en sus parámetros temporales y espectrales, representando unidades que ocupan espacios acústicos distintos. A pesar de que el gráfico de PCA sugiere agrupamientos claramente definidos, los resultados del análisis de PERMANOVA indican que algunas vocalizaciones no presentan diferencias significativas. Esto podría deberse a variaciones mínimas en sus parámetros, especialmente porque muchas de estas vocalizaciones cuentan con un número reducido de muestras (por ejemplo, silbido I ($n = 2$); silbido largo ($n = 1$); llamado ($n = 1$), piado I ($n = 1$); piado corto ($n = 1$)). En este sentido, es fundamental reconocer que, a pesar de que nuestros resultados sugieren cada vocalización parece ocupar un espacio acústico único, esta información por sí sola no es suficiente para caracterizar adecuadamente el repertorio, ya que desconocemos los cambios comportamentales asociado a cada una de estas señales (De Araujo et al. 2011). No obstante, catalogar el repertorio vocal de una especie es una base clave para la investigación del comportamiento, ya que proporciona una medida objetiva de la complejidad vocal y una base para futuros trabajos acerca de la función de estas vocalizaciones (Crane et al. 2016).

Nuestros datos cuantitativos de los padrones de actividad diaria en el Parque Nacional do Iguacu representan el primero para *Aburría jacutinga*. Revelando una actividad vocal más pronunciada durante las primeras horas de la mañana y antes del atardecer. Este patrón

concuera con una descripción del comportamiento vocal de otros cracideos (Hayes et al., 2009; Baldo & Mennill, 2011). Estos picos de actividad pueden estar relacionados con la búsqueda de alimento y la interacción social en torno a los lugares de alimentación, ya que los piados cortos y silbidos I, encontrados en grandes cantidades por la mañana, están asociados a estas actividades. La especie frecuenta locales en búsqueda de frutos maduros en abundancia, forrajeando hasta 10 días en grandes árboles frutales (Galetti et al. 1997). En hábitats estacionales como los bosques semicaducifolios en Brasil y bosque atlántico sur en Paraguay y Argentina parecen frecuentar alimentos a lo largo de la vegetación ribereña (Benstead & Hearn, 1994). Nuestros datos evidencian que la especie parece forrajear naturalmente por el ambiente, ya que no detectamos gritos de alarma. Por otro lado, la baja actividad de tarde debe estar asociada a que permanecen en reposo, empoderados en las copas de los árboles de los bosques (Paccagnella et al. 1994). El pico de silbidos III encontrado al final de la tarde deben estar asociados a comportamientos específicos que aún no están descritos. La ausencia de registros de silbidos II puede ser explicada por la temporada en que se realizó el muestreo, ya que la temporada reproductiva inicia en agosto hasta febrero (Del Hoyo et al. 1994; De Souza et al. 2020; Galetti et al. 1997). En vista del padrón descrito, sería ideal que el conjunto de vocalizaciones utilizadas en detectores automatizados como el *template matching* sean aquellas que presentaron una mayor frecuencia a lo largo del día, como piado corto, piado I y llamado, que con exención del llamado también fueron frecuentes en los registros de las colecciones.

6 CONCLUSIÓN

Las Yacutingas exhiben un comportamiento acústico complejo, con al menos 10 vocalizaciones y un sonido no vocal, que proporciona pistas acerca de sus interacciones con otros individuos o con su ambiente. Además, describimos una variación diaria del canto, registrada por primera vez para esta especie, patrón que es congruente con otras especies de la familia Cracidae. Como las vocalizaciones de *A. jacutinga* son estructuradas, un próximo paso implica la aplicación de técnicas de detección automatizada como el *template matching* (de Araújo et al. 2023). Esta metodología permitiría identificar distintos componentes del repertorio de la especie a lo largo del Parque Nacional de Iguazu, y evaluar como la especie se distribuye a lo largo de esta área. Esto incluiría comprender si hay alteraciones comportamentales próximo de las bordas cuando comparado a los padrones encontrados en su interior.

REFERENCIAS

ALEXANDER, G. D. et al. Conservation-related observations of the Trinidad piping guan (*Aburria pipile pipile*). 1992.

ALEXANDER, GAVIN D. Observations of the endangered Trinidad piping-guan (*Pipile pipile*), or pawi, in northern Trinidad. **Studies in Trinidad and Tobago Ornithology Honouring Richard french**, p. 119-130, 2002.

ANTAS, PTZ. Chestnut-bellied Guan (*Penelope ochrogaster*). **Conserving cracids: the most threatened family of birds in the americas (DM Brooks, ed.). Miscellaneous Publications of the Houston Museum of Natural Science, Houston**, p. 75-78, 2006.

ARLOTT, Norman; VAN PERLO, Ber. **The Complete Birds of the World: Every Species Illustrated**. Princeton University Press, 2021.

AUBIN, Thierry et al. How a simple and stereotyped acoustic signal transmits individual information: the song of the White-browed Warbler *Basileuterus leucoblepharus*. **Anais da Academia brasileira de Ciencias**, v. 76, p. 335-344, 2004.

BAHÍA, Rocío; LAMBERTUCCI, Sergio A.; SPEZIALE, Karina L. Aplicando técnicas de bioacústica a estudios de ornitología urbana: guía y recomendaciones. **El Hornero**, v. 37, n. 2, 2022.

BALDO, Sarah; MENNILL, Daniel J. Vocal behavior of Great Curassows, a vulnerable Neotropical bird. **Journal of Field Ornithology**, v. 82, n. 3, p. 249-258, 2011.

BENSTEAD, Phil J.; HEARN, Richard D.; NEDELCOFF, Adrian R. Stagi. Arecentsigh tin gof Brazilian Merganser *Mergus octosetaceus* in Misiones province, Argentina. 1994.

BERNARDO, Christine SS et al. Density estimates of the Black-fronted Piping Guan in the Brazilian Atlantic rainforest. **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 123, n. 4, p. 690-698, 2011.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2018. *Pipile jacutinga*. In: The IUCN Red List of Threatened Species 2018: Disponible en: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22678429A132049346>.

BRADBURY, Jack W. et al. **Principles of animal communication**. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, ICMBio. Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguaçu. Brasília, 2019.

BRENOWITZ, Eliot A.; MARGOLIASH, Daniel; NORDEEN, Kathy W. An introduction to birdsong and the avian song system. **Journal of neurobiology**, v. 33, n. 5, p. 495-500, 1997.

BROOKS, Daniel M.; STRAHL, Stuart D. **Curassows, guans and chachalacas: status survey and conservation action plan for cracids 2000-2004**. Gland, Switzerland and Cambridge UK: IUCN, 2000.

BOULLHESEN, Martín; AKMENTINS, Mauricio Sebastián. Monitoreo acústico pasivo (MAP). 2021.

BYERS, Bruce E. Song types, repertoires and song variability in a population of Chestnut-sided Warblers. **The Condor**, v. 97, n. 2, p. 390-401, 1995.

CATCHPOLE, Clive K.; SLATER, Peter JB. **Bird song: biological themes and variations**. Cambridge university press, 2003.

CRANE, Jodie MS; SAVAGE, James L.; RUSSELL, Andrew F. Diversity and function of vocalisations in the cooperatively breeding Chestnut-crowned Babbler. **Emu-Austral Ornithology**, v. 116, n. 3, p. 241-253, 2016.

DE ARAÚJO, C. B. et al. The sound of hope: searching for critically endangered species using acoustic template matching. **Bioacoustics**, p. 1-16, 2023.

DE ARAÚJO, Carlos B.; MARCONDES-MACHADO, Luiz Octavio; VIELLIARD, Jacques ME. Vocal repertoire of the yellow-faced parrot (*Alipiopsitta xanthops*). **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 123, n. 3, p. 603-608, 2011.

DE ARAÚJO, Carlos B.; MARQUES, Paulo AM; VIELLIARD, Jacques ME. Flight-call as species-specific signal in South American parrots and the effect of species relatedness in call similarity. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 25, p. 143-151, 2017.

DE ARAÚJO, Carlos Barros et al. O nicho acústico: integrando a física, ecologia e teoria da comunicação. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 4, p. 769, 2020.

DE CARVALHO, Dorinny Lisboa et al. Delimiting priority areas for the conservation of endemic and threatened Neotropical birds using a niche-based gap analysis. **PloS one**, v. 12, n. 2, p. e0171838, 2017.

DEL HOYO, J.; ELLIOTT, A.; SARGATAL, J. New world vultures to guineafowl. Handbook of the birds of the world. **Lynx, Barcelona, Spain**, 1994.

DEL HOYO, J.; KIRWAN, G. M.; SHARPE, C. J. Black-fronted Piping-guan (*Pipile jacutinga*). **Handbook of the Birds of the World Alive**. Retrieved on May, v. 27, 2014.

FERREIRA, L. M. Revisão do Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguaçu - Encarte 5, com Vistas à Revisão do Plano de Manejo. Brasília: MMA, 353 p. 1999.

GALETTI, Mauro et al. Ecology and conservation of the jacutinga *Pipile jacutinga* in the Atlantic forest of Brazil. **Biological Conservation**, v. 82, n. 1, p. 31-39, 1997.

GOEDERT, Debora; DIAS, Raphael I.; MACEDO, Regina H. Nestling use of alternative acoustic antipredator responses is related to immune condition and social context. **Animal Behaviour**, v. 91, p. 161-169, 2014.

GONZÁLEZ-GARCÍA, Fernando et al. Individual variation in the booming calls of captive Horned Guans (*Oreophasis derbianus*): an endangered Neotropical mountain bird. **Bioacoustics**, v. 26, n. 2, p. 185-198, 2017.

GRIESSER, Michael. Do warning calls boost survival of signal recipients? Evidence from a field experiment in a group-living bird species. **Frontiers in Zoology**, v. 10, p. 1-5, 2013.
 HAMILTON, William J. Evidence concerning the function of nocturnal call notes of migratory birds. **The Condor**, v. 64, n. 5, p. 390-401, 1962.

HAYES, Floyd E. et al. Ecology and behaviour of the critically endangered Trinidad piping-guan *Aburria pipile*. **Endangered Species Research**, v. 6, n. 3, p. 223-229, 2009.
 INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguaçu. Brasília. Limites do Parque Nacional do Iguaçu Escala 1:600.000. p.6. 2018.

KATTAN, Gustavo H.; MUÑOZ, Marcia C.; KIKUCHI, David W. Population densities of curassows, guans, and chachalacas (Cracidae): Effects of body size, habitat, season, and hunting. **The Condor: Ornithological Applications**, v. 118, n. 1, p. 24-32, 2016.

K. LISA YANG CENTER FOR CONSERVATION BIOACOUSTICS AT THE CORNELL LAB OF ORNITHOLOGY. Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.6.4) [Computer software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology, 2023.

KONDO, Noriko; WATANABE, Shigeru. Contact calls: information and social function. **Japanese Psychological Research**, v. 51, n. 3, p. 197-208, 2009.

LEROY, Y. L'univers sonore animal, rôle et évolution de la communication acoustique. **Gauthiers-Villars, Paris**, v. 350, 1979.

MARLER, Peter. Bird calls: their potential for behavioral neurobiology. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1016, n. 1, p. 31-44, 2004.

MARLER, Peter. Characteristics of some animal calls. **Nature**, v. 176, n. 4470, p. 6-8, 1955.

MARLER, Peter R.; SLABBEKOORN, Hans. **Nature's music: the science of birdsong**. Elsevier, 2004.

PACAGNELLA, S. G. et al. Observações sobre *Pipile jacutinga* Spix, 1825 (Aves, Cracidae) no Parque Estadual de Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. **Iheringia Zool**, v. 76, n. 1, p. 29-32, 1994.

PIELOW, Nathan. **Peterson field guide to bird sounds of western North America**. Peterson Field Guides, 2019.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2020. Available in: <https://www.R-project.org>

RSTUDIO TEAM. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA, 2020. Available in: <http://www.rstudio.com/>.

RIVERA, Douglas Nazareth. Uso de etograma na conservação de *Jacutingas-Aburria jacutinga* (Spix, 1825)(Galliformes: Cracidae): comportamento antipredatório e avaliação de dieta como subsídio para a criação e soltura. 2016.

ROHWER, Sievert; FRETWELL, Stephen D.; TUCKFIELD, R. Cary. Distress screams as a

measure of kinship in birds. **American Midland Naturalist**, p. 418-430, 1976.

SALAMUNI, Riad et al. Parque Nacional do Iguaçu, PR: Cataratas de fama mundial. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. Brasília: DNPM/CPRM (SIGEP)**, p. 313-321, 2002.

SICK, H. Ornitologia Brasileira. Nova Fronteira (Ed.), Rio de Janeiro, 862p, 2001.

SILVA, M. L. Estereotipia e versatilidade nos cantos das aves: os padrões de canto em sabiás e outras aves. *Anais de Etologia*, v. 13, p. 133-147, 1995.

SILVEIRA, L.F et al. Plano de Ação Nacional para a Conservação de Galliformes Ameaçados de Extinção (aracuãs, jacus, jacutingas, mutuns e urus). *Série Espécies Ameaçadas* 6. 2008.

SOUZA, Livia Dias Cavalcante de et al. Reproductive and agonistic behaviors of black-fronted piping guans candidates for release and reintroduced (Galliformes: Cracidae) in the Brazilian Atlantic Forest. 2020.

UICN. 2018. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2018-2. Disponible en:www.iucnredlist.org

VIELLIARD, Jacques ME. A diversidade de sinais e sistemas de comunicação sonora na fauna brasileira. **Seminário Música Ciência Tecnologia**, v. 1, n. 1, 2004.

VIELLIARD, Jacques; SILVA, Maria Luisa da. A Bioacústica como ferramenta de pesquisa em Comportamento animal. *Bulletin*, p. 1-15, 2004.

WEAVER W. Recent contributions to the mathematical theory of communication. *Math Theory Commun* v.10, pp 93–117, 1949.

WHEELER, Brandon C. Selfish or altruistic? An analysis of alarm call function in wild capuchin monkeys, *Cebus apella nigrurus*. **Animal Behaviour**, v. 76, n. 5, p. 1465-1475, 2008.

ZACA, William; SILVA, Wesley Rodrigues; PEDRONI, Fernando. Diet of the Rusty-margined Guan (*Penelope superciliosus*) in an altitudinal forest fragment of southeastern Brazil. **Ornitologia Neotropical**, v. 17, p. 373-382, 2006.

APÉNDICES

Apéndice 1. Registros de grabaciones de banco de datos ornitológicas utilizadas para la descripción del repertorio acústico de *Aburria jacutinga*.

Ref. grabación	Duración (s)	Tipo de sonido	Sexo	Contexto	Fecha	Hora	País	Localidad	Fuente
WA5242855	0.29	Llamado/Apelo	Indeterminado	Posando	23/01/2023	16:40:00	Brasil	Derrubadas/RS	WikiAves
WA5008450	0.12	Canto	Macho	Posando	02/09/2022	11:00:00	Brasil	Ilhabela/SP	WikiAves
WA4944018	0.46	Canto/Batir alas	Indeterminado	Posando	13/07/2017	NA	Brasil	Sideropolis/SC	WikiAves
WA4616792	0.8	Batir alas	Indeterminado	En vuelo	27/10/2021	10:10:00	Brasil	Iporanga/SP	WikiAves
WA4611401	0.24	Canto/ Batir alas	Indeterminado	En vuelo	27/10/2021	10:11:00	Brasil	Iporanga/SP	WikiAves
WA4584230	0.53	Llamado/Apelo	Macho	Posando	20/10/2021	7:55:00	Brasil	Ilhabela/SP	WikiAves
WA3730656	0.39	Llamado/Apelo	Indeterminado	Posando	21/03/2020	8:00:00	Brasil	Paranaguá/PR	WikiAves
WA3448215	0.13	Canto	Indeterminado	Posando	08/08/2019	10:00:00	Brasil	Antonina/PR	WikiAves
WA3311076	0.28	Llamado/Apelo	Macho	Posando	19/02/2019	8:00:00	Brasil	Antonina/PR	WikiAves
WA3110805	0.14	Llamado/Apelo	Indeterminado	Posando	02/09/2018	10:35:00	Brasil	Ribeirão Grande/SP	WikiAves
WA2651137	0.16	Llamado/Apelo	Indeterminado	Posando	03/08/2017	NA	Brasil	Tapiraí/SP	WikiAves
WA2609273	0.23	Canto	Indeterminado	Indeterminado	01/07/2017	18:00:00	Brasil	Tapiraí/SP	WikiAves
WA2591951	0.66	Llamado/Apelo	Hembra	Posando	08/06/2017	14:25:00	Brasil	Caraguatatuba/SP	WikiAves
WA2591952	0.97	Canto	Macho	Posando	16/06/2017	11:23:00	Brasil	Caraguatatuba/SP	WikiAves
WA2098514	0.61	Canto, Batir alas	Indeterminado	Posando	21/07/2015	NA	Brasil	Ribeirão Grande/SP	WikiAves
WA802733	0.6	Canto	Indeterminado	Posando	16/08/2015	12:30:00	Brasil	Tapiraí/SP	WikiAves
WA1474827	0.26	Canto	Indeterminado	Posando	4/10/2014	10:20:00	Brasil	Ipaba/MG	WikiAves
WA1166660	0.93	Llamado/Apelo	Casal	Posando	21/11/2011	17:30:00	Brasil	Ilhabela/SP	WikiAves
WA721017	0.2	Canto	Indeterminado	Indeterminado	18/08/2012	7:52:00	Brasil	São Miguel Arcanjo/SP	WikiAves
WA297005	0.9	Llamado/Apelo	Indeterminado	Indeterminado	12/02/2011	8:59:00	Brasil	Ribeirão Grande/SP	WikiAves
XC268229	1.00	Canto	Indeterminado	Indeterminado	21/07/2015	17:00	Brasil	Parque Estadual Intervalas, Estrada do Carmo/ SP	XenoCanto
XC588214	2.38	Llamada de alerta	Indeterminado	Indeterminado	29/11/2018	17:30:00	Argentina	Parque Uruguay-i / Misiones	XenoCanto

XC583238	0.07	Canto	Indeterminado	Indeterminado	11/06/2017	9:10	Brasil	Parque Estadual Intervalles, Guapiara/ SP	XenoCanto
XC155711	1.33	Llamada	Indeterminado	Indeterminado	21/11/2013	17:00	Brasil	Ilhabela /SP	XenoCanto
XC72021	0.08	Llamada de alerta	Indeterminado	Indeterminado	12/02/2011	9:00	Brasil	Parque Estadual Intervalles/ SP	XenoCanto
XC228155	0.06	canto	Indeterminado	Indeterminado	06/08/2004	5:45	Brasil	Parque Estadual Intervalles/ SP	XenoCanto
XC110142	0.02	Batir alas	Indeterminado	Indeterminado	19/09/2012	8:05	Brasil	Parque Estadual Alto Ribeira / SP	XenoCanto
XC110141	0.04	canto	Indeterminado	Indeterminado	19/09/2012	8:05	Brasil	Parque Estadual Alto Ribeira / SP	XenoCanto
XC85349	0.05	Llamada de alerta	Indeterminado	sonidos de ala	8/10/2003	6:44	Brasil	Parque Estadual Intervalles, Estrada do Carmo/ SP	XenoCanto
XC20371	0.38	Llamada de alerta	Indeterminado	Indeterminado	04/07/2008	10:46	Brasil	Parque Estadual Intervalles /SP	XenoCanto
ML50449	0.76	Canto	Indeterminado	Indeterminado	13/10/1991	7:30	Brasil	Parque Nacional do Iguaçu/ PR	Macaulay Library
ML133271	3.33	Llamada	Indeterminado	Posando	15/11/2006	NA	Argentina	Parque Provincial Urugua-i; Arroyo Uruzú /Misiones	Macaulay Library
ML293943	0.06	Canto	Indeterminado	Indeterminado	06/08/2004	5:45	Brasil	Parque Nacional Intervalles /SP	Macaulay Library
ML344703461	2.38	Llamada	Indeterminado	Indeterminado	30/10/2018	17:30	Argentina	PP Uruguay-í (AICA MI02)--Seccional Uruzú General Manuel Belgrano, Misiones	Macaulay Library
ML345405461	30	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	05/06/2021	NA	Argentina	Iguazú, Misiones, Argentina	Macaulay Library
ML358159141	0.56	Canto	Indeterminado	Indeterminado	27/06/2021	NA	Argentina	PP Uruguay-í (AICA MI02)--Seccional Uruzú General Manuel Belgrano/ Misiones	Macaulay Library
ML398025901	1.24	Llamada	Indeterminado	Indeterminado	13/12/2021	NA	Brasil	CPCN Pró Mata PUCRS/RS	Macaulay Library

ML433855931	0.13	Canto	Indeterminado	Forrajeo	09/04/2022	NA	Brasil	Tapiraí, Pousada/ SP	Macaulay Library
ML433855932	0.15	Canto	Indeterminado	Forrajeo	09/04/2022	NA	Brasil	Tapiraí, Pousada Salve Floresta/ SP	Macaulay Library
ML459008401	0.6	Canto	Indeterminado	Indeterminado	16/08/2015	NA	Brasil	Trilha dos Tucanos/ SP	Macaulay Library