



Uso de grabadoras de sonido para documentar la diversidad biocultural de la Avifauna de las Tierras Altas Colectivas Emberá de Balsa, Darién, Panamá

Use of sound recorders to document the biocultural diversity of the Avifauna of the Emberá Collective High Lands of Balsa, Darién, Panama

¹ Catherine Potvin

McGill University, Department of Biology, Canada.

cathehrine.potvin@mcgill.ca

<https://orcid.org/0009-0009-6516-6144>

Héctor Barrios

Universidad de Panamá, Maestría en Entomología, Panamá.

hector.barriosv@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-0542-1731>

²Katia Forgues

McGill University, Department of Biology, Canada.

katia.forgues@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-2094-6396>

Heather M. Gray

Investigador Independiente, Montréal, Canada.

grahm@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0587-8755>

Matthias Kunz

Helmholtz GFZ German Research Centre for Geosciences, Remote Sensing and Geoinformatics Section, Telegrafenberg, Potsdam, Germany.

matthias.kunz@gfz.de

<https://orcid.org/0000-0002-0541-3424>

W. Douglas Robinson

Oregon State University, Corvallis, Department of Fisheries, Wildlife and Conservation Sciences, Estados Unidos

douglas.robinson@oregonstate.edu

<https://orcid.org/0000-0003-2240-0606>

Sandra Mueller

University of Freiburg, Faculty of Biology, Geobotany, Schauenstr. 1, D-79104 Freiburg, Germany.

sandra.mueller@biologie.uni-freiburg.de

<https://orcid.org/0000-0003-4289-755X>

¹ Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá.

² Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá.

Fecha de recepción: 2 de abril de 2025

Fecha de aceptación: 7 de mayo 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v27n2.a7672>

RESUMEN

El Darién de Panamá, es uno de los últimos bosques fronteras del mundo. los Pueblos Indígenas desempeñan un papel fundamental como administradores de bosques intactos y Darién no es una excepción. Aquí utilizamos grabadoras de sonido para documentar la comunidad de aves. La identificación de aves fue realizada por Euclides Campos, panameño y guía de aves, así como Doug Robinson, ornitólogo conocedor de la avifauna de Panamá. Retuvimos solo las especies reportadas por ambos coautores. El análisis de los cantos de las aves fue complementado con observaciones hechas por técnicos Emberá en transectos de 1Km. El análisis de los cantos de las aves permitió identificar sonidos de especies. Esto a su vez nos permitió calcular la riqueza de especies. Las curvas de acumulación de especies se generaron agrupando todas las grabadoras, separando las estaciones seca y húmeda. Se agruparon las especies de aves según sus preferencias alimenticias. Se realizó un análisis de correspondencia en las comunidades de aves por sitio para determinar si las comunidades de aves diferían en el paisaje muestreado. La lista de aves obtenidas sirvió para estimular el debate en torno a los poseedores del conocimiento tradicional Emberá sobre aves. La información sobre conocimientos tradicionales de aves fue validada en una reunión con autoridades tradicionales de la región de Balsa (Cacique regional, el presidente del Congreso y los seis Nokos) y hombres y mujeres (40 personas). Una motivación de los Emberá al unir fuerzas con nosotros es documentar y mostrar su éxito en la conservación del bosque. Mientras el mundo enfrenta una sexta crisis de extinción masiva, el pueblo Emberá del río Balsa convive con el bosque de una manera pacífica.

PALABRAS CLAVE

Darién, aves, diversidad biocultural, paisaje sonoro.

ABSTRACT

The Darién region of Panama is one of the world's last frontier forests. Indigenous peoples play a critical role as stewards of intact forests, and Darién is no exception. Here, we used sound recorders to document the bird community. Bird identification was performed by Euclides Campos, a Panamanian bird guide, and Doug Robinson, an ornithologist knowledgeable about Panama's avifauna. We retained only the species reported by both co-authors. The analysis of bird songs was complemented by observations made by Emberá technicians along 1-km transects. The analysis of bird songs allowed us to identify species sounds. This, in turn, allowed us to calculate species richness. Species accumulation curves were generated by pooling all recorders, separating the dry and wet seasons. Bird species were grouped according to their food preferences. A correspondence analysis was performed on bird communities by site to determine if bird communities differed across the sampled landscape. The bird list obtained served to stimulate discussion among the holders of traditional Emberá bird knowledge. The information on traditional bird knowledge was validated in a meeting with traditional authorities from the Balsa region (the regional chief, the president of Congress, and the six Nokos) and men and women (40 people). One of the Emberá's motivations in joining forces with us is to document and showcase their success in forest conservation. As the world faces a sixth mass extinction crisis, the Emberá people of the Balsa River coexist peacefully with the forest.

KEYWORDS

Darien, birds, biocultural diversity, soundscape.

INTRODUCCIÓN

El Darién de Panamá, en la unión entre Centroamérica y Sudamérica, alberga ~1,33 millones de hectáreas de diversos hábitats de bosques tropicales (Davis, 1997). La región es parte de un punto de alta biodiversidad global conocido por su notable diversidad ecológica, alto endemismo de especies (Myers et al., 2000) y avifauna única (Angehr, 2010; Ridgely, 1992). Es uno de los últimos bosques fronteras del mundo (Kunz et al., 2022) y la única interrupción (~100 km) en la Carretera Panamericana de ~30.000 km de longitud. En todo el mundo, los Pueblos Indígenas desempeñan un papel fundamental como administradores de bosques intactos (Garnett et al., 2018) y Darién no es una excepción. Es el hogar de tres Pueblos Indígenas: los Emberá, los Kunas y los Wounaans. Sin embargo, en este contexto de extraordinario capital natural y cultural, Darién se ha visto plagado de múltiples rutas de tráfico humano, de armas y de drogas (Darién, 2021). En Darién, como en otros lugares, el comercio ilícito está afectando los derechos de los Pueblos Indígenas, a través de presiones sobre sus recursos naturales y su cultura (van Uhm & Grigore, 2021). Sin opciones de desarrollo alternativo basado en los servicios ecosistémicos, estos importantes bosques, el patrimonio cultural y la rica fauna que albergan podrían verse comprometidos.

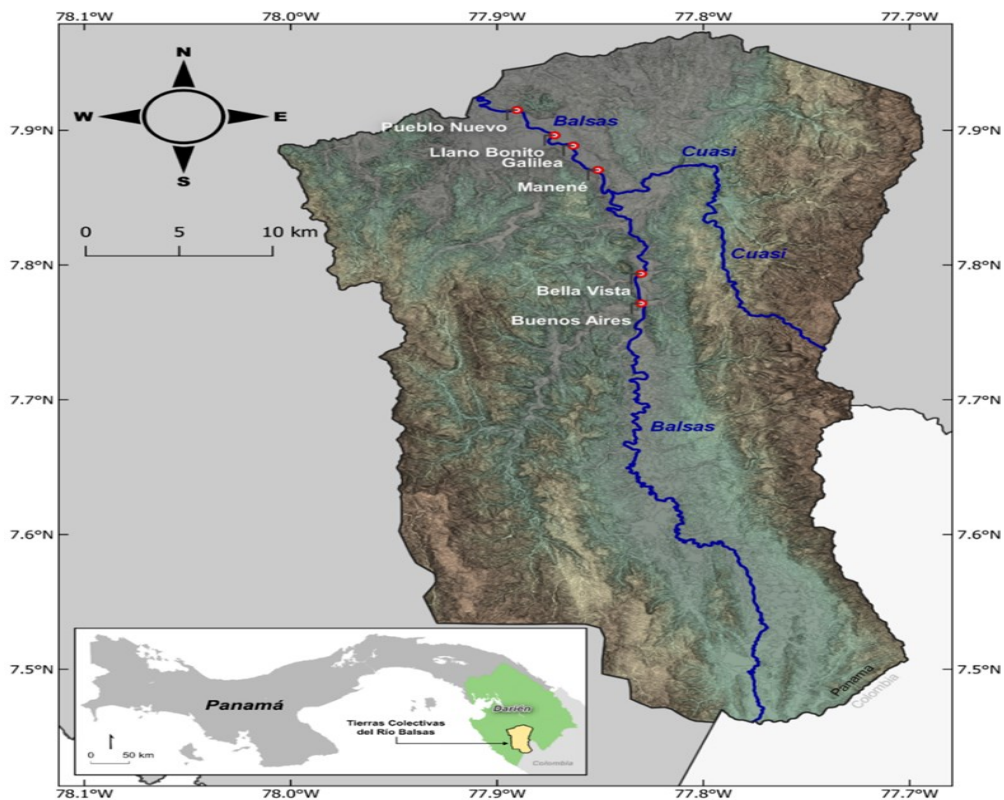
Los habitantes tradicionales más numerosos de los bosques del Darién son los Emberá. Algunos viven en un territorio autónomo conocido como comarca, mientras que otros aún esperan el título colectivo legal de sus tierras ancestrales. Algunas comunidades Emberá están ubicadas dentro del Parque Nacional Darién creado en 1980 para proteger la biodiversidad única del Darién. El Parque Nacional Darién es el parque nacional más grande de Centroamérica y fue declarado Reserva de la Biosfera por la UNESCO en 1983. Dentro de este parque se encuentran las tierras tradicionales del pueblo Emberá a lo largo del río Balsa. Hay seis comunidades Emberá en el río Balsa. (Figura 1). Estas comunidades componen las Tierras Colectivas Emberá de Balsa (TCEB) que se extienden hasta la frontera con Colombia. El presente estudio de la avifauna es parte integral del proyecto *Bacurú Drõa* (Bosques Antiguos en Emberá) desarrollado con las comunidades Emberá y Autoridades Tradicionales de las TCEB para mejorar la comprensión de la ecología en los bosques antiguos mientras se encuentran nuevas oportunidades para la economía local. En *Bacurú Drõa* el monitoreo forestal es realizado por técnicos Emberá capacitados quienes entonces reciben un salario para sus trabajos científicos. Debido a las dificultades inherentes a la observación de la vida silvestre en una densa selva tropical, confiamos en el muestreo acústico pasivo, un método que está ganando impulso para el estudio de las aves en el campo (Darras et al., 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre enero y julio de 2019, se instalaron siete grabadoras de paisajes sonoros (BAR, V2.99, Frontier Labs, Australia) en bosques intactos. Antes de su instalación en el campo, las grabadoras fueron etiquetadas como BAR002-BAR008. Dos grabadoras (BAR002-BAR003) fueron instaladas a lo largo del río Cuasi mientras que las otras cuatro se ubicaron al sur de Manené a lo largo de 30 km del río Balsas (Figura 1). Las grabadoras fueron programadas para registrar sonidos durante 1 minuto cada 10 minutos por un período de dos meses en dos estaciones. Fueron instaladas por técnicos Emberá en sitios identificados por los poseedores de conocimientos Emberá y las autoridades tradicionales como bosques antiguos.

Figura 1.

Mapa de las Tierras colectivas Emberá de Balsa (TCEB) con los dos ríos principales a los lados de los cuales hemos establecido las grabadoras. Las seis comunidades están indicadas en el mapa. El fondo del mapa muestra las curvas de nivel y el cuadrillo la ubicación de las TCEB dentro de Panamá



El análisis de fitolitos confirmó que los sitios elegidos eran efectivamente bosques antiguos (Kunz et al., 2022). Aquí utilizamos las grabaciones para documentar la comunidad de aves del Darién. Para ello, se tomaron submuestras de los archivos de audio seleccionando dos días en la temporada seca (26 de enero y 14 de febrero) y dos días al inicio de la temporada húmeda (22 de mayo y 19 de junio) en los cuales todas las grabadoras tenían sonidos y poca interferencia del viento o la lluvia. Debido a que las aves tienden a estar más activas temprano y tarde en el día, concentramos nuestros esfuerzos de identificación entre las 5h:30 y las 9h:00 y entre las 16h:00 y las 19h:30 para un total de 192 horas de muestreo. La identificación de aves fue realizada de forma independiente por Euclides Campos (EC), panameño y guía experimentado en aves, así como Doug Robinson (DR), un ornitólogo con décadas de trabajo de campo con la avifauna de Panamá. Aquí solo tuvimos las especies reportadas por ambos coautores para el mismo intervalo de tiempo y ubicación.

El análisis de los cantos de las aves fue complementado con observaciones directas hechas por los coautores Andres Casamá, Delfino Olea y Irving Salazar. Usando el sitio de cada grabadora como punto de partida se establecieron, en enero 2019, 7 transectos de 1 km con paradas de observaciones marcadas en el campo a cada 50 m. Los técnicos recorrieron estos transectos temprano en la mañana, cada mes hasta agosto caminando lentamente y parándose a cada 50 m anotando las especies observadas. Concentrándose en las especies de interés para la conservación en particular los guacamayos, el pavón norteño, *Crax rubra*, y la pava cojolita, *Penelope purpurascens*. Cada técnico esta responsable de muestrear 2 o 3 transectos con un tiempo de observación promedio 86.7 ± 30.7 minutos.

El análisis de los cantos de las aves nos permitió identificar sonidos de especies, pero no de individuos dentro de una especie. Esto a su vez nos permitió calcular la riqueza de especies, pero nos impidió calcular índices de diversidad. Las curvas de acumulación de especies se generaron agrupando todas las grabadoras, pero separando las estaciones seca y húmeda. Para proporcionar más información sobre la ecología de la avifauna, se agruparon las especies de aves según sus preferencias alimenticias (grupos tróficos). Los grupos tróficos incluyeron aves de rapiña (depredadores), frugívoros, granívoros, herbívoros, insectívoros, nectarívoros y omnívoros utilizando (Angehr GR, 2010) complementada con un archivo ecológico de atributos de alimentación (Wilman et al., 2014) así como información proporcionada por el sitio *eBird* de la universidad Cornell. Seguimos a (Wilman et al., 2014) quienes cuantificaron los hábitos alimenticios por proporción, que simplificamos para asignar cada especie de ave a un solo grupo. Por ejemplo, las especies caracterizadas como 60% frugívoras y 40% insectívoras se convirtieron en “omnívoras”. Teniendo en cuenta que es posible que las especies no siempre tengan acceso a su fuente de alimento preferida, las aves que mostraban una preferencia alimentaria del 70% o más se clasificaron según el tipo de alimento dominante: p.e. El 70% de los insectívoros y el 30% de las rapaces fueron asignados a la categoría de "insectívoros" (Tabla 1). Además, recopilamos información sobre su estado de conservación, incluida la distribución geográfica restringida identificada por mapas electrónicos de aves, categorías de la UICN y falta de informes existentes en la lista de aves del Parque Nacional Darién (Clements, 2023).

Se realizó un análisis de correspondencia (CA) en las comunidades de aves en cada sitio de registro para determinar si las comunidades de aves diferían en el paisaje muestreado. La matriz de entrada fue la presencia y ausencia de cada especie o género de aves en cada grabadora. Para comprender si los grupos tróficos de las aves estaban influenciados por las características del paisaje o del bosque, llevamos a cabo un análisis de redundancia (RDA). La matriz de la variable dependiente consistió en el número de especies de aves en cada grupo trófico en cada sitio de registro. La matriz explicativa incluyó variables geográficas y botánicas descritas a continuación. Las variables geográficas incluyeron las coordenadas GPS de cada una de las grabadoras, lo que permitió caracterizar el lugar donde fueron posicionadas, así como la distancia (m) de las grabadoras a: los campos agrícolas más cercanos, a los ríos Balsa o Cuasi, y al pie de montañas con cimas de al menos 600 m de altura. La elevación en el lugar de las grabadoras se obtuvo a partir de un mapa de elevación digital (Panamá DEM 30 m, JAXA). Las variables botánicas se derivaron de datos de parcelas forestales de 30 m por 30 m (Kunz et al., 2022) establecidas a una distancia que oscilaron entre 56 m y 1057 m de los sitios de registro (Tabla 1). Además, el estudio considera siete variables biológicas: diámetro medio de los árboles a la altura del pecho-DAP, altura media de los árboles, altura media de las parcelas estimada por LiDAR terrestre, número de árboles, número de árboles con DAP > 50 cm, número de especies de árboles y presencia de *Dipteryx oleifera* Benth, una especie de árbol conocida por ser una fuente de alimento esencial para *Ara ambiguus*, guacamayo ambiguo (Chassot, 2012). Para seleccionar las variables de la matriz explicativa, primero realizamos un análisis de correlación entre variables geográficas y biológicas. Ninguna de las variables geográficas estuvo significativamente correlacionada, por lo que todas se retiraron en la matriz explicativa. Por el contrario, algunas variables biológicas se correlacionaron significativamente y, por lo tanto, se excluyeron de la matriz explicativa. La escala de especies (2) se utilizó en CA y RDA, mientras que en este último las variables explicativas se seleccionaron mediante selección hacia adelante (forward selection). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete Vegan in R (Oksanen, 2019).

La lista de aves establecida a partir de las grabadoras sirvió para estimular el debate en torno a los poseedores del conocimiento tradicional Emberá sobre aves. Se utilizaron como referencia ilustraciones de la versión en español de *The Birds of Panamá* (Ridgely, 1992). Uno de los coautores, Alexis Ortega (AO), utilizó un formato de discusión abierta para hablar con tres poseedores de conocimientos tradicionales Emberá de las aves, en particular sus nombres (certificado ético McGill 22-01224). Dos de los poseedores de conocimientos tradicionales fueron los coautores Juvencio Guaynora y Juanico Ortega,

quienes observaron las láminas y dieron un nombre Emberá, si lo conocían, a las especies escuchadas en las grabaciones (resaltadas en amarillo en el libro) y a todas las demás especies. Durante este proceso, los dos poseedores del conocimiento y AO también discutieron y analizaron la importancia cultural de las aves, particularmente los aspectos relacionados con la caza y la recolección. Los coautores AO y Catherine Potvin (CP) también

se reunieron con una poseedora de conocimiento tradicional Emberá, la coautora Adriana Mezua (AM). Al ver las ilustraciones del libro de Ridgely, AM proporcionó un rico conocimiento relacionado con las aves importantes para las mujeres con fines culturales. La información sobre conocimientos tradicionales de aves fue validada en una reunión con las 8 autoridades tradicionales de la región de Balsa es decir el Cacique regional, el presidente del Congreso y los seis Nokos (jefes de una comunidad) así como de una audiencia del pueblo, hombres y mujeres de unas 40 personas. La reunión validó la información de los cuentos y creo una comisión para validar los nombres en Emberá. Esta comisión se reunió en enero 2025 con el Noko de Manene, Francisco Solís. El Emberá es un idioma oral sin una ortografía consensuada. Los conocimientos Emberá sobre aves (Kane, 2015) usa una ortografía fonética para presentar los nombres Emberá. Dado que el presente artículo quiere ser relevante para los mismos Emberá decidimos utilizar la ortografía consensuada con las autoridades tradicionales.

RESULTADOS

En los cuatro días analizados (26 de enero - 14 de febrero - 22 de mayo -19 de junio), las grabadoras captaron 7217 fragmentos sonoros identificados como vocalizaciones de aves. De estos fragmentos de sonido, los coautores EC y DR identificaron de forma independiente 5,357 fragmentos sonoros que conservamos para su posterior análisis. Estos fragmentos de sonidos representan 172 especies. Las curvas de acumulación de especies, analizadas, indicaron que los cuatro días de registro en siete sitios fueron suficientes para alcanzar el número asintótico de especies tanto en la estación seca como en la húmeda. Observamos separación tanto estacional como diaria en la aparición de especies. Se escucharon 30 especies de aves sólo durante la estación seca y 35 especies sólo durante la estación húmeda. A lo largo de las estaciones, se escucharon 48 especies solo por la mañana. Se escucharon 5 especies solo al final del día, a saber: *Cnipodectes subbrunneus*, *Megascops centralis*, *Monasa morphoeus*, *Psarocolius guatimozinus* y *Herpetotheres cachinnans*.

El número de especies de aves identificadas por sitios de registro individual varió desde un máximo de 108 especies en BAR002 hasta un mínimo de 84 especies en BAR006 (Figura 2). Las cuatro grabadoras con el mayor número de especies escuchadas (94 a 108 especies) también registraron un mayor número de sonidos (859 a 1095 sonidos). El Análisis de Correspondencia (CA) sobre la composición de la comunidad explicó el 42% de la variación espacial en los sonidos de las aves. La ilustración (biplot) muestra que la composición de las comunidades de aves para dos grabadoras BAR004 y BAR008 son diferentes de las otras cinco (Figura 3). Sólo en estas grabadoras se encontraron veinticuatro especies, incluida *Pheugopedius spadix* una especialidad de Darién. Entre las especies registradas, la especie *Amazona farinosa* es la más escuchada, presente en 383 observaciones. En particular, una especialidad del Darién, la paloma *Patagioenas plumbea*, con 163 observaciones, se encuentra entre el 5% de las especies registradas con mayor frecuencia. Los bosques donde se instalaron las grabadoras también difieren en las características de la vegetación cercana. La diversidad de árboles fue especialmente alta en BAR007, equivalente a 244 especies por

hectárea (Tabla 1). Los árboles fueron los más grandes cerca de BAR004 y BAR008 con un DAP medio > 40 cm. Se midieron árboles con DAP > 50 cm en cada sitio y cinco de los sitios incluyeron árboles con DAP > 2 m, siendo las excepciones BAR007 y BAR003. El más grande de estos árboles, *Clarisia biflora* Ruiz & Pav., medía 2.87 m de DAP. El almendro de montaña, *Dipteryx oleifera*, estuvo presente en dos parcelas forestales, el más grande medía 2.28 m DAP. El coeficiente de correlación de Pearson mostró que el DAP medio de los árboles está fuertemente correlacionado positivamente con el número de árboles con DAP > 50 cm ($r=0.88$), pero también que el DAP medio estaba fuertemente correlacionado negativamente con el recuento total de árboles ($r=-0.84$). También se encontró una correlación negativa significativa entre el número de árboles y el número de árboles > 50 cm ($r=-0.90$).

Tabla 1.

Características geográficas y botánicas del bosque en las proximidades de las siete grabadoras. Debido a que escuchamos varias especies en peligro de extinción, decidimos no revelar la posición exacta de las grabadoras. Las grabadoras BAR002-003 se ubicaron a lo largo del río Cuasi y los demás a lo largo del río Balsa al sur de la comunidad de Manene. La altura de la parcela TLS es la medida de la altura media de los árboles mediante un escáner láser terrestre en una parcela de 30 m por 30 m. Abreviaciones: Dist: Distancia, DA: (diámetro a altura de pecho, Num: número, ELT: escáner láser terrestre.

	8 BAR00	4 BAR00	7 BAR00	5 BAR00	6 BAR00	2 BAR00	3 BAR00
Variabes Geográficas							
Dist grabador a parcelas (m)	1057	56	80	605	756	658	785
Elevación (m)	163	131	122	212	179	163	212
Dist al río (m)	172	509	1290	949	858	1525	380
Dist a campos cultivos (m)	117	320	470	919	741	2927	2479
Dist al pie de montañas (m)	3798	3771	2881	5134	7004	2834	2654
Variabes Biológicas							
Promedio DAP	46.47	42.47	24.49	38.52	26.94	31.75	38.61
Promedio altura de árbol	26.79	22.39	20.55	24.40	23.26	21.64	24.09
Num de arboles	55.00	66.00	94.00	57.00	90.00	61.00	66.00

Árbol >50 cm	14.00	13.00	8.00	13.00	5.00	11.00	11.00
presencia <i>Dipteryx</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
Diversidad de arboles	32.00	32.00	44.00	32.00	31.00	30.00	28.00
Altura de parcela ELT	32.37	36.60	31.84	27.35	37.68	38.68	29.26

Figura 2.

Número de especies identificadas en función de los sonidos de las aves identificadas en cada uno de los siete sitios de muestreo

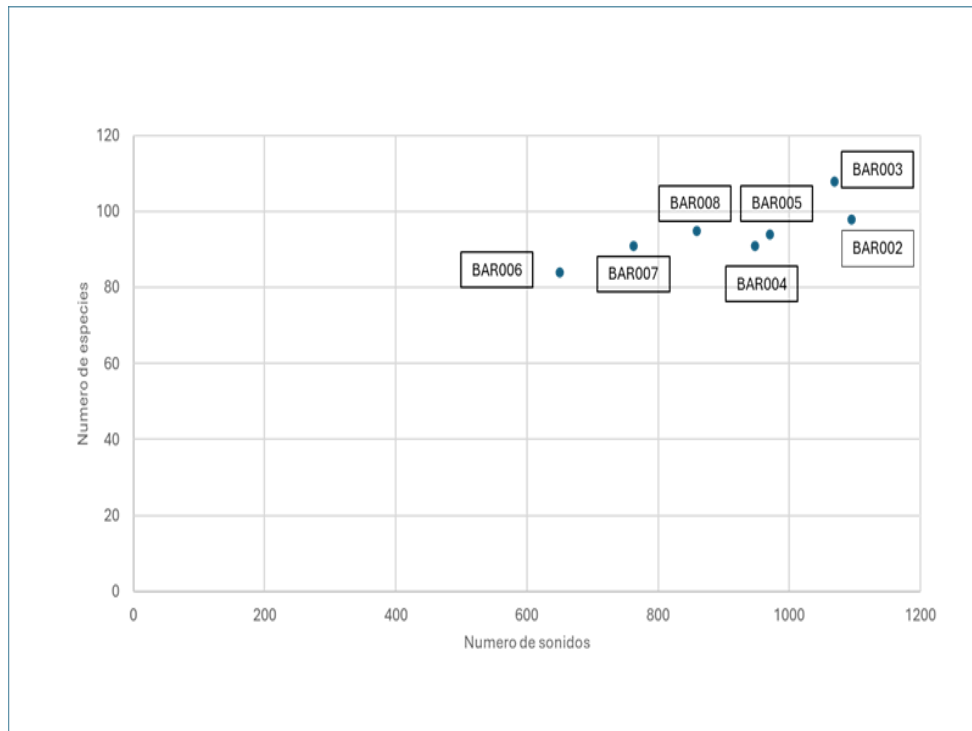
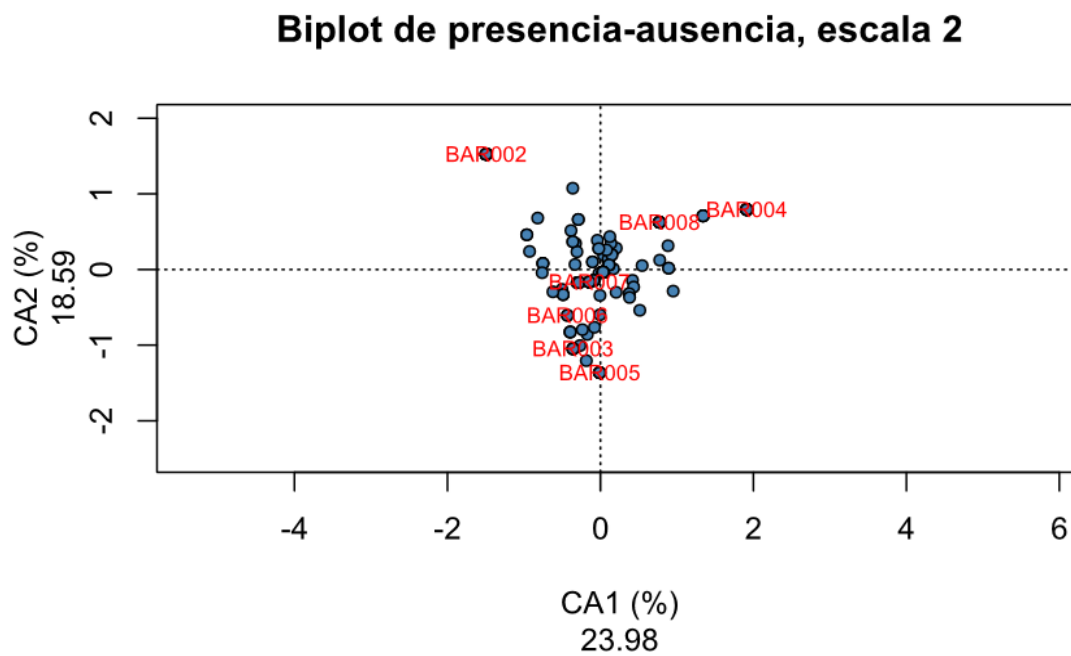


Figura 3.

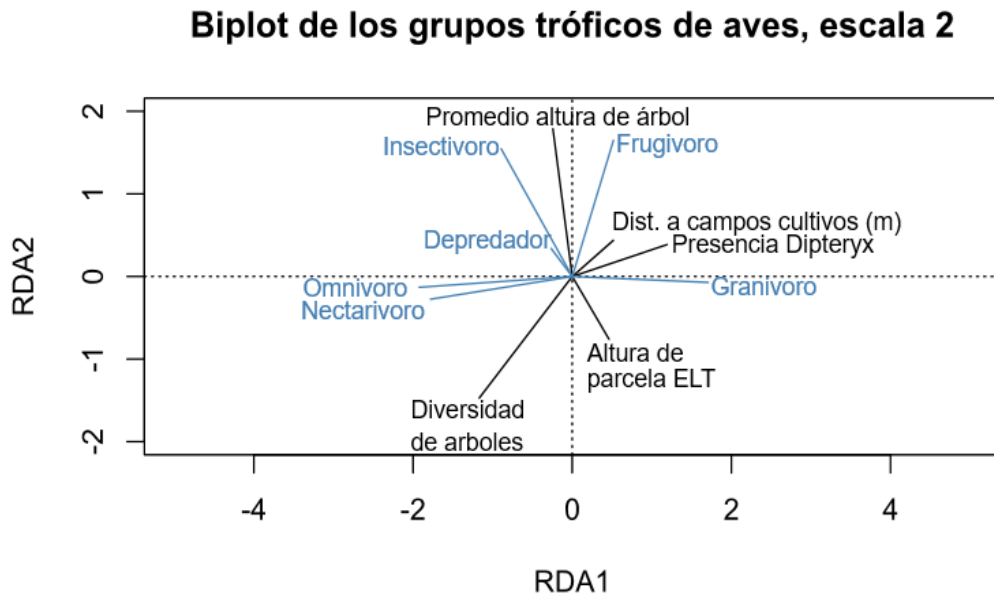
Ilustración biplot de análisis de correspondencia sobre la composición de la comunidad de aves en las siete grabadoras representadas por su nomenclatura. Los puntos azules representan la puntuación canónica de cada especie.



Para proporcionar más información sobre las comunidades de aves, asignamos a las especies su grupo trófico. El grupo trófico más diverso escuchado fue el de los insectívoros con 85 especies registradas, seguido de los frugívoros con 34 especies escuchadas y los nectarívoros (29 especies). Las aves insectívoras incluyeron cuatro especialidades del Darién (*Aphanotriccus audax*, *Myiopagis caniceps*, *Sirystes albogriseus*, *Chlorothraupis olivacea*). Los granívoros fueron los menos diversos con solo dos especies: *Claravis pretiosa* y *Leptotila cassinii*, escuchada solo en BAR008. La selección directa utilizada en RDA para analizar la variación de los grupos tróficos entre las grabadoras mantuvo las siguientes variables explicativas: diversidad de los árboles, altura media de las parcelas, distancia al pie a campos cultivos, así como la presencia o ausencia de *D. oleifera*. El primer eje canónico, que explica el 45.6% de la variación, está determinado en gran medida por la presencia de *D. oleifera* (factor de carga 0.5963) y diversidad de los árboles (factor de carga -0.5847), mientras que el segundo eje, que explica un 23.6% adicional de la variación, está asociado al promedio altura de árbol (factor de carga 0.8950) y la diversidad de los árboles (factor de carga -0.7361). La inspección de la gráfica (Figura 4) muestra que la diversidad de frugívoros e insectívoros se asocia positivamente con una mayor altura de los árboles, mientras que los omnívoros y nectarívoros aparentemente responden a la diversidad de los árboles.

Figura 4.

Biplot de la RDA analizando grupos tróficos de aves versus características geográficas y biológicas. Abreviaciones: Dist. Distancia; Altura de parcela ELT: Altura de parcela mediada con un escanear lidar terrestre.



Debido a su importancia para la conservación, analizamos con más detalle las grabaciones de los tres guacamayos (*Ara severus*, *A. ambiguus* y *A. chloropterus*) y descubrimos que el guacamayo ambiguo (*A. ambiguus*) se escuchaba con más frecuencia que las demás, con 50 fragmentos de sonidos identificados. El guacamayo ambiguo, *A. ambiguus*, se escuchó en todas las grabadoras, tanto en la mañana como en la tarde durante la estación seca y húmeda. Esto contrasta con el *A. severus*, que sólo se escuchó una vez en una tarde de estación seca. El guacamayo *A. chloropterus* se escuchó en ocho grabaciones de cinco sitios diferentes. Además del guacamayo ambiguo, *A. ambiguus*, que se encuentra en peligro crítico de extinción, las especies que preocupan para su conservación son: el pavón, *Crax rubra* (vulnerable), así como el loro *Pyrrhuloxia pyrrhuloxia* y la paloma *Patagioenas plumbea*, ambas clasificadas por la UICN como casi amenazadas (Tabla 2). Los registros de aves incluyeron especies endémicas como el carpintero *Piculus colaptes* (Panamá oriental) y once especies endémicas de la región Choco-Darién, también cuatro especies nuevas para el Parque Nacional Darién (Tabla 2). Las observaciones directas de los coautores AC, DO y IS confirman la presencia de especies de interés para la conservación en todos los sitios de muestreo y a través el tiempo (Tabla 3). En total se observaron 187 guacamayos en 60.6 horas de muestreo. Las observaciones del guacamayo severo son interesantes porque no estaba muy frecuente en las grabadoras. Aquí suponemos que las menciones de guacamayos pequeños se refieren a esta especie lo que haría un total de 30 observaciones.

Tabla 2.

Clasificación de especialidades que incluye distribución geográfica restringida, estado de la UICN y que no están reportado en el check list del Parque Nacional Darién (PND) (Clements 2024).

Especie de ave	Clasificación especial
Cacique negro	Choco-Darién
Mosquero piquinegro	Choco-Darién
Mosquero del Choco	Choco-Darién
Saltarin cabecidorado	Darién y Sur America
Fiofio gris	Choco-Darién
Pavon norteño	UICN Vulnerable
Guacamayo ambiguo	UICN Peligro critico
Tangara olivacea	Choco-Darién
Anambe unicolor	Choco-Darién
Eufonia ventrinaranja	Darién y Sur America
Busardo plumizo	UICN casi amanezado
Paloma plumiza	Darién y Sur America
Mielerito ceruleo	Choco-Darién y Sur America
Vireon cejirrufo	Sin reporte en PND
Guardabosques rojizo	Sin reporte en PND
Lloron picofino	Choco-Darién Sin reporte en PND

Tiluchi alirrofo norteño	Darién y Sur America
Lorito cabecigualdo	Choco-Darién UICN casi amenazado
Sapayoa	Choco-Darién
Tangara cejirroja	Choco-Darién
Cucarachero pechirrayado	Sin reporte en PND
Carpintero panameño	Endemico Panamá este
Cucarachero gorjirrayado	Choco-Darién

Tabla 3.

Observaciones directas hecha en transecto de 1 km empezando en el sitio de las siete grabadoras de sonido. Las observaciones fueron hechas en 2019 y se presentan como la suma por especies de los siete transectos por cada fecha de muestreo. Cuando no se pudo identificar los guacamayos a las especies, por ejemplo, cuando vuelan muy alto, solo se registraron como guacamayos.

	30 ene- 2 feb	23-25 feb	20-22 abril	26-28 mayo	20-22 julio	8-15 agosto	total
Guacamayo aliverde	9	9	4	18	6	6	52
Guacamayo ambiguo	4	11	8	5	12	8	48
Guacamayo severo	4	0	0	0	0	0	4
Guacamayo azuliamarillo	0	0	0	0	0	2	2
Guacamayo	6	4	23	1	5	1	41
Guacamayo grande	7	1	0	2	0	0	10
Guacamayo pequeño	1	8	5	6	4	6	30
Pavon norteño	0	4	17	6	4	3	34
Pava cojolita	0	2	0	5	2	3	12

Los poseedores de conocimiento tradicional Emberá informaron nombres de sesenta especies de aves (Tabla 4). Las familias de aves con el mayor número de especies con nombres Embera fueron los Psittacidae con 7 especies; Trogonidae y Icteridae 4 especies cada una; los Momotidae y Strigidae 3 especies cada una; los Trochilidae, Tyrannidae, Tinamidae, Odontophoridae, Crassidae y Falconidae 2 especies cada una y las Rallidae, Corvidae, Hirundinidae, Bucconidae, Galbulidae, Polioptilidae, Cuculidae, Columbidae, Pipridae, Piciformes, Accipitridae con una especie cada una. Más del 70% de los momótidos, trogones y loros escuchados también tenían un nombre Emberá (respectivamente 75, 78 y 80%). Los tiránidos (Tyrannidae), el más diverso de los grupos de aves escuchados con 26 especies, fueron los menos reconocidos, ya que sólo el 6%

de las especies tenían nombres Emberá. El segundo grupo de especies más amplio en las grabaciones son los tamnofílidos típicos (Thamnophilidae), una categoría que los Emberá no mencionan en gran medida. También notamos la ausencia de nombres Emberá para las Cardinalidae, Troglodytidae y Furnariidae. Los Emberá tienen nombres para especies cuyos sonidos no fueron registrados, por ejemplo, los martines pescadores (Alcenidos) (Tabla 4).

Tabla 4.

Listado de aves con nombre Emberá encontrado en la versión español del libro de Ridgely. Algunos de estas aves se escucharon en las grabadoras, pero otros no.

Nombre español de Ridgely	Nombre Emberá
oropendula crestada	cumbara bocece
cacique lomiescarlata	cumbara kirokiro
martin pescador grande	ansabida wibua
golondrina alirrasposa	badibadi
guacamaya azul y amarilla	bagara cuara
guacamaya verde	bagara pawarra
guacamaya rojas y verde	bagara purru
tucansiyo collarejo	bichi
buho penachudo	bombora
amazona arinoso	kare chiara
amazona frentirojo	kare chijue
bolsero dorsiamarillo	chacoro ogigi
saltarin cabesidorado	chitochito
oropendula negra	cumbara chidroma
soterillo caricafe	dekasera
jacana caruculada	dojeje
garza del sol	furi
rascón-montes cuellegris	gotede
amazilia pechiazul	imbisu pawara
ninfa coronada	imbisu pawara pecho toro
jacamar grande	jaragu
guacamaya frentiscaña	jiwa bagara
monja frentiblanca	jowjow
trogon gorginegro	jowjow jaa cuarabu ocua torobu
trogon colipizarra	jowjow jaa pureabu

trogon colinegro	jowjow jaa pureabu ocua torobu
trogon coliblanco	jowjow pecho cuarabu
momoto coroniazulado	juwdu droma eyadebema caibea
momoto enano	juwdu retrojodebema
momoto piquiancho	juwdu caibe eyadebema
momoto rufo	juwdu droma eyadebema
tucan swaison	kewara ichiara
cuco hormiguero	kidatada eyadebema
loro cabeci azul	michita
harcon-montes barreteado	negimbu gatearo
gabilán cangrejero	neginbu guapipi
martin pescador berdirufo	nunsi ansabida
buho monteado	parru
tucan orejamarilla	patra patra
codorniz jaspeada	porro mulato
mosquero piscudo	pipidi droma
codorniz carrirufa	porraa
tortolita azul	putujo
paloma pechigris	puchira droma
perico barbيرانja	quequerre
tucan pico iris	quewuara quereo
loro cabeci pardo	quewetaca
pavon grande	samoo
tinamu grande	socorro
tinamu chico	sojerru
caracara avispera	tantao
mosquero cabecigris	terotero
urraca pechinegra	tio tio chocho
cuco ardilla piaya cayana	trica
pava grestada	tusii
pava negra	tusii paima
copetón viajero	warra jaramia
buho de anteojos	wemia

Escuchar los sonidos con los coautores Emberá sacó a la luz el hecho de que las aves desempeñan papeles importantes en diferentes aspectos de su cultura. Algunos nombres de árboles Emberá ilustran la relación entre las aves y los árboles. Dos árboles, tusipono (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F.Blake) y tusineta (*Rinorea squamata* S.F.Blake) reciben ese nombre porque la pava cojolita, *Penelope purpurascens* (tusii en Emberá), se alimenta de sus flores (neppono - flor en Emberá) o frutos (neta en Emberá). Otra especie de árbol, *Allophylus psilospermus* Radlk, se conoce como Kareneta en Emberá, que significa frutos del loro (loro - care en Emberá). Las aves también son importantes para la seguridad alimentaria, ya que se cazan varias especies o se recolectan huevos. La pava cojolita, *P. purpurascens* - tusii, y el pavón norteño, *C. rubra* - samoo en Emberá, son particularmente importantes para los medios de vida de los Emberá. Mientras los cazan, los Emberá también los crían como si fueran pavos. Se aprecian los huevos del *Tinamus major*, socorro en Emberá. En nuestras unidades de registro, las detecciones fueron las más altas para el *T. major* con 133 observaciones identificadas como tal en ambas estaciones y a lo largo del día. Se escuchó en todos los lugares. Con 11 observaciones, el guan, *P. purpurascens*, tuvo una frecuencia más baja pero una alta concordancia entre los dos oyentes (84%). El pavón norteño, *C. rubra*, fue escuchado con menor frecuencia, 8 identificaciones por parte de ambos oyentes en solo dos sitios. Tanto el pavón norteño que la pava cojolita se observaron de manera directa (Tabla 3).

Las aves también están presentes en las creencias espirituales Emberá. Según la tradición, el warra jaramia, un mosquero, visita a las mujeres al inicio del embarazo, a menudo antes de que sepan que están embarazadas, para informarles que están embarazadas. Si el warra jaramia es con una cabeza grande entonces el bebé será un niño mientras que, si el pájaro es con una cabeza pequeña, el bebé será una niña. Las aves desempeñan un papel en la narración, como lo ilustra la historia de la oropéndola (cumbarra) y la iguana (opoga):

Antes los pájaros hablaban. Nadie había visto jamás sonreír a una iguana. Los cumbarra, oropéndola, decidieron triunfar. Para ello empezó a cantar con la cabeza al revés. Opoga, la iguana, se echó a reír porque pensó que el cumbarra se caería.

Según el coautor AM las aves son partes esenciales de los rituales que contribuyen a transferir una característica deseada de una especie a un bebé. El makua, un búho, es una de esas aves. Un niño con la ceremonia tradicional del pájaro makua podría convertirse en un gran cazador porque atraerá a sus presas o se volverá muy atractivo para las mujeres. Un niño, que ha recibido la ceremonia con un pájaro carpintero, sorre en Emberá, será excelente usando un hacha para cortar leña. Los martines pescadores, ansabida en Emberá, brindan al niño el arte de pescar con lanza, chawala en Emberá, mientras que los colibrís, imbisu en Emberá, aseguran que se convierta en una persona trabajadora. Se puede asignar más de un pájaro a un niño y estos rituales se realizan tanto en niños como en niñas.

DISCUSION

Aunque la avifauna de Panamá es bien conocida gracias a extensos estudios realizados en todo el Istmo, hay una notoria ausencia de monitoreo de aves en el sureste de Darién (Miller, 2014). De hecho, la mayor parte del conocimiento de la comunidad ornitológica proviene de observadores de aves que realizan expediciones, algunos de los cuales archivan sus observaciones en *eBird* y partes remotas de Darién, como las TCEB, se consideran en gran medida demasiado peligrosas para los viajes de observación de aves. El acuerdo de cooperación a largo plazo con las TCEB nos permitió iniciar este seguimiento a largo plazo.

En México, los investigadores han comenzado a utilizar cámaras trampa para documentar la diversidad de aves del sotobosque debido a sus características no intrusivas (Santos-Moreno et al., 2019). Aquí elegimos la grabación acústica como técnica de muestreo porque estábamos interesados en comprender la diversidad no sólo de las aves del sotobosque sino también de las del dosel. La lejanía de la región de muestreo dificultó que el equipo de investigación realizara inventarios completos de aves, por lo que la tecnología que podía registrar durante largos períodos de tiempo era eficiente. En el futuro, visualizamos capacitar a técnicos Emberá para estudios ornitológicos, pero las grabaciones acústicas ofrecieron una alternativa factible para comenzar a acumular información sobre la avifauna de la región de Balsa. Al escuchar 192 horas de grabaciones, los coautores ED y DR identificaron 173 especies/géneros, lo cual es ligeramente inferior a la diversidad de aves estimada en 218 especies en el centro de Panamá en la isla Barro Colorado (BCI) con 138 horas de observaciones directas (Robinson, 1999). La grabación acústica obviamente pasa por alto especies que nunca vocalizan o lo hacen fuera de los períodos de tiempo que analizamos. Además, optamos por colocar todas las grabadoras en los bosques, lo que limitó la detección de aves relacionadas con el agua, como el martín pescador. Las listas de aves para BCI y el Parque Nacional Darién mencionadas anteriormente incluían aves acuáticas o playeras que no están en nuestra lista de las TCEB. Un estudio basado en la detección automática de especies en la selva amazónica cerca de Manaus, Brasil, encontró 60 especies de un grupo potencial de 400 especies en 11000 horas de grabaciones (de Camargo et al., 2019). Podemos concluir entonces que nuestro método fue más eficaz.

Kane (2015) proporciona una lista completa de nombres Emberá de aves, así como cuentos y canciones asociadas. Con un 78% de acuerdo, la coherencia entre los nombres ocultos por este autor y los dados por nuestros coautores e informantes es impresionante. Además, nos contaron varias historias, como el papel mágico de los makua, el cuento de los cumbarra y opoga (oropendola e iguana), el hecho de que el sorre (pájaro carpintero) puede ayudar al hombre a usar mejor el hacha o que los warua jaramia (mosqueros) puede informar a las mujeres que están embarazadas, también fueron corroborado por Kane (2015). Estos sugieren que el conocimiento sobre las aves es ampliamente compartido entre la población Emberá a través todo el Darién y es un conocimiento colectivo generalizado. El análisis de Kane (2015) sobre el conocimiento taxonómico Emberá destaca el hecho de que los Emberá reconocen

frecuentemente grupos de aves como los imbisu (Colibríes) mientras que para otros grupos de aves tienen una taxonomía precisa como es el caso de los guacamayos para las cuales el nombre genérico Emberá: bagara está calificado por su color bagara pawarra y bagara purru son respectivamente el *A. ambiguus* así como el *A. chloropterus*. Por respeto al sistema de conocimiento de los Emberá, siempre reportamos los nombres Emberá para designar algunas de las especies para las cuales coincide la clasificación científica y Emberá. Esta práctica es coherente con nuestro compromiso de descolonizar la investigación ornitológica (Thomsen et al., 2023).

El grupo más grande de aves identificadas fueron los insectívoros, incluidos cerca de la mitad de todas las especies, un patrón que se observa generalmente en las comunidades de aves (Sedláček et al., 2023). Los frugívoros son el segundo grupo de aves más escuchado e incluyen frugívoros pequeños como los saltarines, uno de tamaño mediano como las palomas y frugívoros grandes, en particular los bagaras (guacamayos). Este hallazgo es interesante en vista del hecho de que se ha identificado que los grandes frugívoros se ven afectados de manera desproporcionadamente negativa por la fragmentación del bosque (Bregman et al., 2014). Aquí 15 de las 34 especies de frugívoros son animales de gran tamaño: un hallazgo que podría interpretarse como una confirmación de la calidad del hábitat forestal. Además, un análisis espacial del uso de la tierra en las TCEB mostró que gran parte de las 125 000 ha de tierras colectivas estaban cubiertas por bosques y solo el 1.4% del territorio estaba asignado a asentamientos humanos o agricultura (Kunz et al., 2022). Consideramos que la detección geográfica de frugívoros de gran tamaño en todo el territorio es un indicio más de su alto estado de conservación. Dos órdenes de aves se encuentran entre los más amenazados, los Psitaciformes con un 28-29 % de las especies de loros consideradas amenazadas (Berkunsky et al., 2017) y los Galliformes, en particular los Cracidae, que tienen un nivel de amenaza del 38 % (Whitworth et al., 2018).

Escuchamos bagara pawarra (guacamayo ambiguo) en cada una de las siete grabadoras y la bagara purru (guacamayo rojo y verde) en seis de los siete sitios. A su vez, en frecuencia de registro, bagara pawarra (guacamayo ambiguo) ocupa el segundo lugar después de care (loro amazónico), lo que confirma la observación del fallecido George Angehr, quien señaló, en 2019, que las TCEB era el lugar donde observó el mayor número de bagara pawarra (guacamayo ambiguo) en su vida. A pesar de ser aves de caza importantes, los Cracidae también están representados en nuestras grabaciones con el socorro (*T. major*) escuchado en las siete grabadoras, el tusii (*P. purpurascens*) en seis de ellos y el samoo (*C. rubra*) en dos. La distancia lineal entre los registradores es de aproximadamente 30 km. Si bien esto está dentro de la distancia de vuelo de las guacamayas, las grabadoras están demasiado separadas para que se escuchen las mismas aves terrestres en todas ellas.

El conjunto de aves descritas aquí a través de grabaciones acústicas proporciona información valiosa sobre aspectos importantes de la avifauna del sureste del Darién. Registramos cuatro de las seis especies de aves clasificadas como amenazadas en la lista de aves del Parque Nacional Darién (Clements, 2023). Nuestra lista de aves incluye varias especies endémicas

de Panamá o de la región de Choco-Darién. Para otras especies, Darién aparentemente representa el límite occidental de distribuciones con una distribución mayoritariamente sudamericana. En su análisis de la avifauna de Panamá, Miller (2014) señaló la alta diversidad de aves en el país e invocó el gradiente de precipitación como explicación. Nuestros análisis sugieren que la diversidad de árboles, la altura y la presencia de *D. oleifera* fueron un fuerte determinante de las comunidades de aves. La literatura sugiere que muchas aves de gran tamaño anidan en cavidades (Lewis et al., 2024) y que la ausencia de árboles de gran tamaño en los bosques secundarios podría ser la razón por la cual las aves de gran tamaño tienden a estar ausentes de estos bosques (Dantas Oliveira et al., 2024). En el caso del TCEB, la calidad del bosque es sin lugar a duda un elemento clave para explicar la presencia de los grandes frugívoros.

Los habitantes de las TCEB dependen de la caza, la pesca y la recolección para alimentarse. A pesar de la presión de la caza, aves que son objetivos preciados como el samoo (*C. rubra*), tusii (*P. purpurascens*) y socorro (*T. major*) se escucharon en todo el paisaje. Estudiando la práctica de caza del pueblo Bugle del oeste de Panamá (Smith, 2010) concluyó que no se estaba produciendo caza excesiva en ese territorio ya que se encontraron aves de caza dentro de la zona de caza de 1 km de la casa de los participantes. Según se informa, los Emberá de las TCEB caminan entre 1 y 2 horas hacia el bosque para recolectar material vegetal o cazar (Alejo-Monroy et al en prensa). Al estar nuestras grabadoras ubicadas dentro de ese rango y siguiendo la lógica de Smith (Smith 2010), el hecho de que las grabadoras capturaran los cantos de las aves de caza dentro de la zona de caza probablemente sugiere que la caza de los Emberá es sostenible. El otro grupo de especies amenazadas a nivel mundial que registramos son los bagaras (guacamayos).

Los bagaras (guacamayos) necesitan árboles viejos y grandes para sus nidos, por lo que pueden considerarse especies paraguas (Olah et al., 2014). Las amenazas, son la pérdida de hábitat debido a la agricultura y el comercio como mascotas (Berkunsky et al., 2017). Las bagaras (guacamayos), care (loro amazónico) y otros loros se encuentran en las aldeas Emberá como mascotas y nos han dicho que hay un mercado para bagaras fuera de las TCEB. Nuestras grabadoras generalmente se instalaron a dos horas de caminata de las aldeas, nuestros resultados sugieren que, a pesar de la caza y la captura, la población de los grandes frugívoros amenazados está sana.

Una motivación clave de los Emberá al unir fuerzas con nuestro equipo de biólogos es documentar y mostrar su éxito en la conservación del bosque. Mientras el mundo enfrenta una sexta crisis de extinción masiva (Turvey & Crees, 2019), el pueblo Emberá del río Balsa convive con el bosque de una manera que protege elementos clave de su biodiversidad, como las aves. Un estudio realizado en Brasil señaló una brecha importante en la investigación ecológica tropical, a saber, que muchas áreas de estudio se encuentran en lugares accesibles y casi ninguna investigación se lleva a cabo en territorios indígenas (Carvalho et al., 2023). Lo mismo se podría decir de Panamá y *Bacurú Drõa* proporciona un modelo de investigación participativa que podría servir para llenar ese vacío.

CONCLUSIONES

La lejanía y la compleja logística de acceso a la región de muestreo en Darién, dificulta que el equipo de investigación realice inventarios completos de aves por largos periodos de tiempo, por lo que la grabación acústica como técnica de muestreo ha sido probada de forma exitosa para la comprensión de la diversidad no sólo de las aves del sotobosque sino también de las del dosel. El conjunto de aves descritas aquí a través de grabaciones acústicas proporciona información valiosa sobre aspectos importantes de la avifauna del sureste del Darién. La diversidad de frugívoros e insectívoros se asocia positivamente con una mayor altura de los árboles, mientras que los omnívoros y nectarívoros aparentemente responden a la diversidad de los árboles. El pueblo Emberá del río Balsa convive con el bosque de una manera que protege elementos clave de su biodiversidad, como las aves. Los Emberá han incorporado la ecología y el comportamiento de las aves en su forma de vida

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiese sido posible sin el apoyo del Congreso región de las TCEB y sus autoridades tradicionales. A las siguientes personas por no tener número ORCID la mesa editora de la revista *Tecnociencia* no permite ponerlos como co-autores: Euclides Campos, Uvencio Guaynora, Adriana Mezua, Andrés Casama, Delfino Olea, Irving Salazar, Alexis Ortega, Juanico Ortega.

En Panamá la Lic. Lady Mancilla nos brindó un logístico apoyo continuo. El Lic. Darién Montañez fue de mucho apoyo en discusiones sobre las características de la avifauna del Balsa. El apoyo del Instituto Smithsonian de investigaciones tropicales, en particular de la Oficina de Seguridad fue invaluable. También estamos agradecido a la SENAFRONT cuyo apoyo nos permitió de trabajar con calma en zonas alejadas del Darién. Esta investigación ha sido financiada por el proyecto de SENACYT “*El valor de conservación de los bosques antiguos de Darién*” (PFID-FID-2021-93) liderizado por HB y la Canadá Research Chair “*Climate Change Mitigation and Tropical Forests*” de CP y el proyecto “*Estudio de viabilidad - integración de métodos (bio)acústicos para la cuantificación de la diversidad biológica en la vigilancia forestal*” AkWamo (2221NR050C) de SM que cuenta con fondos Alemanes del Ministerio Federal de Alimentación y Agricultura (BMEL) a través de la Agencia de Recursos Renovables (FNR). Las grabadoras fueron financiadas por la Sociedad Científica de Friburgo de Brisgovia, Alemania. SM desea agradecer a Dr. Michael Scherer-Lorenzen su ayuda para obtener financiación para las grabadoras de audio. Estamos agradecidos a la gente y las autoridades tradicionales de Balsa de haberse tomado el tiempo de validar la información sobre el conocimiento tradicional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angehr GR, Dean. R. (2010). *The Birds of Panama : A Field Guide*. . Comstock Pub. Associates.
- Berkunsky, I., Quillfeldt, P., Brightsmith, D. J., Abbud, M. C., Aguilar, J., Alemán-Zelaya, U., Aramburú, R. M., Ariash, A. A., McNab, R. B., Balsby, T. J. S., Barberena, J. M. B., Beissinger, S. R., Rosales, M., Berg, K. S., Bianchi, C. A., Blanco, E., Bodrati, A., Bonilla-Ruz, C., Botero-Delgado, E., . . . Masello, J. F. (2017). Current threats faced by Neotropical parrot populations. *Biological Conservation*, 214, 278-287. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.08.016>
- Bregman, T. P., Sekercioglu, C. H., & Tobias, J. A. (2014). Global patterns and predictors of bird species responses to forest fragmentation: Implications for ecosystem function and conservation. *Biological Conservation*, 169, 372-383. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.024>
- Carvalho, R. L., Resende, A. F., Barlow, J., França, F. M., Moura, M. R., Maciel, R., Alves-Martins, F., Shutt, J., Nunes, C. A., Elias, F., Silveira, J. M., Stegmann, L., Baccaro, F. B., Juen, L., Schiatti, J., Aragao, L., Berenguer, E., Castello, L., Costa, F. R. C., . . . Vieira, I. C. G. (2023). Pervasive gaps in Amazonian ecological research. *Current Biology*, 33(16), 3495-+. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.06.077>
- Chassot O, M. A. G. (2012). Connectivity conservation of the Great green Macaw's landscape in Costa Rica and Nicaragua (1994-2012(*Parks*, 18.1, 61-69.
- Clements. (2023). Avibase checklist Darien National Park. <https://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?lang=EN&p2=1&list=clements&synlang=®ion=PA&r01&version=text&lifelists=&highlight=0>
- Cornell Lab (2025). *eBird*. Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell , New York, (<https://ebird.org/home>)
- Dantas Oliveira, C., Cornelius, C., Stouffer, P. C., & Cockle, K. L. (2024). Secondary Amazon rainforest partially recovers tree cavities suitable for nesting birds in 18–34 years. *Ornithological Applications*, 126(3). <https://doi.org/10.1093/ornithapp/duae008>

- Darién, C. (2021). Trafficking as settler colonialism in eastern Panama: Linking the Americas via illicit commerce, clientelism, and land cover change. *World Development*, 145 (105490.). <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105490>.
- Darras, K., Batáry, P., Furnas, B. J., Grass, I., Mulyani, Y. A., & Tschardtke, T. (2019). Autonomous sound recording outperforms human observation for sampling birds: a systematic map and user guide. *Ecological Applications*, 29(6), e01954. <https://doi.org/10.1002/eap.1954>
- de Camargo, U., Roslin, T., & Ovaskainen, O. (2019). Spatio-temporal scaling of biodiversity in acoustic tropical bird communities. *Ecography*, 42(11), 1936-1947. <https://doi.org/10.1111/ecog.04544>
- Garnett, S. T., Burgess, N. D., Fa, J. E., Fernandez-Llamazares, A., Molnar, Z., Robinson, C. J., Watson, J. E. M., Zander, K. K., Austin, B., Brondizio, E. S., Collier, N. F., Duncan, T., Ellis, E., Geyle, H., Jackson, M. V., Jonas, H., Malmer, P., McGowan, B., Sivongxay, A., & Leiper, I. (2018). A spatial overview of the global importance of Indigenous lands for conservation. *Nature Sustainability*, 1(7), 369-374. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0100-6>
- Kane, S. C. (2015). Bird Names and Folklore from the Embera (Choco) in Darien, Panama. *Ethnobiology Letters*, 6(1), 32-62. <https://doi.org/10.14237/eb1.6.1.2015.226>
- Kunz, M., Barrios, H., Dan, M. C. L., Dogirama, I., Gennaretti, F., Guillemette, M., Koller, A., Madsen, C., Lana, G., Ortega, A., Ortega, M., Paripari, J., Piperno, D., Reich, K. F., Simon, T., Solis, F., Solis, P., Valdes, J., von Oheimb, G., & Potvin, C. (2022). <i>Bacuru Droa</i>: Indigenous forest custody as an effective climate change mitigation option. A case study from Darien, Panama. *Frontiers in Climate*, 4, Article 1047832. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.1047832>
- Lewis, T. C., Vargas, I. G., Vredendregt, C., Jimenez, M., Hatchwell, B., Beckerman, A. P., & Childs, D. Z. (2024). Nest-site selection and reproductive success of a critically endangered parrot, the Great Green Macaw (<i>Ara ambiguus</i>), in an anthropogenic landscape. *Ibis*, 166(2), 518-533. <https://doi.org/10.1111/ibi.13262>
- Miller, M. J. (2014). A distinctive avian assemblage (Aves: Passeriformes) in Western Darien, Panama is uncovered through a disease surveillance program. *Revista De Biologia Tropical*, 62(2), 711-717. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i2.10493>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>

- Oksanen, J., Guillaume Blanchet, F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., et al. (2019). *vegan: Community Ecology Package*. <https://cran.r-project.org/package=vegan>
- Olah, G., Vigo, G., Heinsohn, R., & Brightsmith, D. J. (2014). Nest site selection and efficacy of artificial nests for breeding success of Scarlet Macaws *Ara macao macao* in lowland Peru. *Journal for Nature Conservation*, 22(2), 176-185. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2013.11.003>
- R.S. Ridgely, J. A. G. (1992). *Birds of Panama*. Princeton Nature.
- Robinson, W. D. (1999). Long-term changes in the avifauna of Barro Colorado Island, Panama, a tropical forest isolate. *Conservation Biology*, 13(1), 85-97. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97492.x>
- S. D. Davis, V. H. (1997). *Centres of plant diversity : a guide and strategy for their conservation, v.3. Americas* <https://portals.iucn.org/library/node/6865>
- Santos-Moreno, A., Pérez-Irineo, G., & Ventura-Cristóbal, E. (2019). Diversity of understory birds in a perennial tropical forest at Los Chimalapas, Mexico. *Wilson Journal of Ornithology*, 131(3), 606-614. <https://doi.org/10.1676/18-182>
- Sedláček, O., Pernice, R., Ferenc, M., Mudrová, K., Motombi, F. N., Albrecht, T., & Hořák, D. (2023). Abundance variations within feeding guilds reveal ecological mechanisms behind avian species richness pattern along the elevational gradient of Mount Cameroon. *Biotropica*, 55(3), 706-718. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/btp.13221>
- Smith, D. A. (2010). THE HARVEST OF RAIN-FOREST BIRDS BY INDIGENOUS COMMUNITIES IN PANAMA*. *Geographical Review*, 100(2), 187-203. <https://doi.org/10.1111/j.1931-0846.2010.00021.x>
- Thomsen, B., Copeland, K., Harte, M., Muurlink, O., Villar, D. A., Mirin, B. H., Fennell, S. R., Deshwal, A., Campbell, P., Pekrul, A., Murtough, K. L., Kulkarni, A., Kumar, N., Thomsen, J., Coose, S., Maxwell, J., Zhang, Z., Nickerson, D., & Gosler, A. (2023). Decolonizing bird knowledge: More-than-Western bird-human relations. *Ornithological Applications*, 126(1). <https://doi.org/10.1093/ornithapp/duad053>
- Turvey, S. T., & Crees, J. J. (2019). Extinction in the Anthropocene. *Current Biology*, 29(19), R982-R986. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.07.040>
- van Uhm, D. P., & Grigore, A. G. (2021). Indigenous People, Organized Crime and Natural Resources: Borders, Incentives and Relations. *Critical Criminology*, 29(3), 487-503. <https://doi.org/10.1007/s10612-021-09585-x>

- Whitworth, A., Beirne, C., Flatt, E., Huarcaya, R. P., Diaz, J. C. C., Forsyth, A., Molnár, P. K., & Soto, J. S. V. (2018). Secondary forest is utilized by Great Curassows (<i>Crax rubra</i>) and Great Tinamous (<i>Tinamus major</i>) in the absence of hunting. *Condor*, 120(4), 852-862. <https://doi.org/10.1650/condor-18-57.1>
- Wilman, H., Belmaker, J., Simpson, J., de la Rosa, C., Rivadeneira, M. M., & Jetz, W. (2014). EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals. *Ecology*, 95(7), 2027-2027. <https://doi.org/https://doi.org/10.1890/13-1917.1>