

Composición de aves en bosques aledaños al valle del Rio Magdalena en Santander, Colombia:
aportando a su conocimiento a través de grabaciones de vocalizaciones, observaciones y
especímenes científicos.

Carlos Andrés Pinto Quinche

Trabajo de Grado para Optar al Título de Biólogo

Director

Enrique Arbeláez Cortés

Doctor en Ciencias Biológicas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Biología

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre, cuyo apoyo incondicional ha sido mi pilar. Desde pequeño, me acercó a la naturaleza y hasta el día de hoy continúa animándome a continuar en este camino. Agradezco profundamente su amor y guía.

A mis demás familiares, agradezco su constancia y presencia durante este proceso. Su cariño y apoyo han sido fundamentales.

Y a Lina, con la que estaré eternamente agradecido por enriquecer mi vida académica con su presencia. Por enseñarme a ver la biología con otros ojos, a amarla aún más y a confirmar que esta es mi pasión.

Agradecimientos

Quiero agradecer primeramente al Doctor Enrique Arbeláez Cortés, quien es mi director de tesis; por su apoyo, su constancia, su paciencia como maestro y sus mil y una enseñanzas que sé que aún no terminan. Ha sido una figura académica y personal de ejemplo para continuar en este camino.

Agradecer al demás profesorado que fue también parte indispensable para lograr y completar este progreso hacia la vida profesional.

A la Universidad Industrial de Santander, por brindarme el espacio de generar dudas y crear ideas, por unirme con personas interesantes y darme la oportunidad de estudiar esta ciencia.

A mi madre, Margarita Quinche y a mi padre Carlos Pinto, que son el apoyo más grande que tengo, también al resto de mi familia, que siempre estuvieron al tanto de todo.

Agradezco a todos mis compañeros, por todos los espacios compartidos, experiencias y conocimientos compartidos. De forma especial agradecer a Nathalia Ramirez por su gran amistad durante todo el periodo académico. A Martín Palencia, por adentrarme al mundo de las aves y hacerme abrir los ojos al hermoso mundo de la ornitología.

A todos los que colaboraron en el proceso de campo de mi tesis, Tiana Beltrán, Danny Amaya, María Duarte, Lesly Sánchez, Sergio Barreto. A los vivientes, Doña Alcira, Doña Rusby, Don Manuel, por su hospitalidad e interés. A Claudia León, el profesor Jonny E Duque y al profesor Fernando Rondón, dueños de los predios que nos permitieron ingresar y trabajar allí. Esta tesis es un resultado del proyecto de investigación (Código 3707) "Prevalencia y composición de haemosporidios en aves silvestres de bosques aledaños al valle del río Magdalena en Santander, Colombia" se agradece en especial a la Vicerrectoría de Investigación y al Grupo de Estudios en Biodiversidad de su Escuela de Biología por el apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Tabla de Contenido

	Pág.
1. Introducción	11
2. Objetivos	14
2.1 Objetivo general de la pasantía	14
2.2 Objetivo general del pasante	14
2.4 Competencias desarrolladas por el pasante	15
3. Metodología	16
3.1 Área de estudio	16
3.2 Recolección de datos	17
3.2.1 Registro de paisaje sonoro y observaciones	18
3.2.2 Manejo de redes de niebla y manipulación de aves	21
3.3 Recolecta, taxidermia e identificación de especímenes científicos	22
3.3.1 Curaduría en la colección	23
3.4 Análisis de datos	23
4. Resultados	25
4.1 Registro de paisaje sonoro y observaciones	25
4.2 Manejo de redes de niebla y manipulación de aves	28
4.3 Recolecta y taxidermia de especímenes científicos	30
4.4 Análisis de datos	30
5. Discusión	34
6. Conclusiones	42
7. Recomendaciones	43

8. **Referencias bibliográficas** 45

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Mapa del área de estudio. En la gráfica izquierda se observa la posición de Santander en Colombia. En la gráfica derecha, se muestran las localidades de los bosques estudiados (leyenda), se logra observar su posición aledaña al valle del Rio Magdalena.....	17
Figura 2. Grafico de barras apiladas indicando la diversidad de familias de aves registradas mediante grabaciones y observaciones en las diferentes localidades. La tabla muestra la cantidad de especies pertenecientes a cada familia identificadas en cada localidad (separadas por color), proporcionando una visión general de la distribución de la avifauna en las áreas de estudio.....	27
Figura 3. Espectrograma de fragmento de grabación de audio donde vocaliza la especie <i>Notharchus hyperhynchus</i> obtenido en este estudio y subido a Macaulay library y Xeno-canto. ML622465380 / XC926821	28
Figura 4. Grafico de barras apiladas indicando la diversidad de familias de aves registradas mediante capturas de redes de niebla en diferentes localidades. La tabla muestra la cantidad de especies pertenecientes a cada familia identificadas en cada localidad (separadas por color), proporcionando una visión general de la distribución de la avifauna en las áreas de estudio.....	29
Figura 5. Ordenacion de escalamiento multidimensional no metrico (NMDS) mostrando la estructura de las comunidades por localidad en dos ejes con los datos obtenidos por grabaciones y observaciones. El analisis NMDS fue realizado con la matriz de distancias de Jaccard.....	31
Figura 6. Ordenacion de escalamiento multidimensional no metrico (NMDS) mostrando la estructura de las comunidades por localidad en dos ejes con los datos obtenidos por capturas por redes de niebla. El analisis NMDS fue realizado con la matriz de distancias de Jaccard.	33

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Evidencias del trabajo en campo. A. Proceso de taxidermia de <i>Pheugopedius spadix</i> . B. Manejo y captura en red de niebla. C. Especímenes recolectados en el Manantial de la Aurora. D. Disposición de la grabadora en interior de bosque. E. Vegetación general de las localidades visitadas. F. Especimen capturado en red de niebla <i>Onychorhynchus coronatus</i>	56
Apéndice B. Especies registradas (n = 215) en cada localidad del estudio de los bosques aledaños al Rio Magdalena en Santander, Colombia. Las filas representan las especies, las columnas las localidades, y las casillas contienen códigos que indican el método con el que se registró por localidad ('G' para grabación, 'O' para observación, 'C' para captura en red de niebla y '-' para no registrada).	57

Lista de Tablas

Tabla 1. Número de especies encontrado por localidad conforme a la metodología con la que fue registrada..... 25

Resumen

Título: **Composición de aves en bosques aledaños al valle del Río Magdalena en Santander, Colombia: aportando a su conocimiento a través de grabaciones de vocalizaciones, observaciones y especímenes científicos.

Autor: Carlos Andrés Pinto Quinche

Palabras Clave: Avifauna, bioacústica, especímenes científicos, diversidad, vacíos en el conocimiento, composición de especies.

Descripción: El valle del río Magdalena, en Santander, Colombia, es una región de gran importancia biogeográfica y ecológica, pero el conocimiento sobre la avifauna de los bosques aledaños sigue siendo escaso. Esta área ha sido históricamente afectada por actividades humanas como la deforestación y la expansión agrícola, lo que ha provocado la fragmentación de los ecosistemas. No obstante, la región sigue albergando una diversidad significativa de aves, que es esencial para comprender los efectos de la transformación del paisaje y establecer estrategias de conservación adecuadas. En este estudio, se recopiló información de la avifauna en cuatro localidades a través de tres métodos de muestreo: grabaciones de vocalizaciones, observaciones y capturas en redes de niebla. Estos métodos permitieron registrar un total de 215 especies. Las grabaciones bioacústicas resultaron ser especialmente efectivas, capturando 173 especies, 44 de las cuales representan nuevos registros bioacústicos para Santander. El análisis de los datos se realizó mediante escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), permitiendo comparar la composición de especies entre localidades y evaluar la influencia de la altitud en la distribución de las aves, descubriendo que, este factor no explica esta variabilidad en la composición de especies, lo que sugiere que otros factores ambientales podrían ser más determinantes. Las recolectas dieron ingreso a 108 especímenes repartidos en 80 especies. De los cuales algunos llevaban mucho tiempo sin ser documentados para Santander o son novedosos para UIS-AV como *Euphonia concinna*, *Trogon cupreicauda* y *Pheugopedius spadix*. Este trabajo proporciona una base sólida para futuras investigaciones sobre la avifauna del valle del río Magdalena de Santander, y resalta la importancia de combinar métodos bioacústicos y de recolección de especímenes para obtener una visión más completa y precisa de la biodiversidad, especialmente en áreas ecológicamente complejas y subexploradas. Además, contribuye significativamente a llenar vacíos en el conocimiento de la avifauna de la región, aportando datos valiosos sobre especies poco documentadas y registros novedosos que fortalecerán las estrategias de conservación y manejo de estos ecosistemas.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología.

Director: Enrique Arbeláez Cortés. Doctor en Ciencias Biológicas

Abstract

Title: Bird composition in forests bordering the valley of the Magdalena river in Santander, Colombia: contributing to their knowledge through vocalization recordings, observations and scientific specimens. *

Author(s): Carlos Andrés Pinto Quinche^{‡‡}

Key Words: Avian fauna, bioacoustics, scientific specimens, diversity, gaps in knowledge, species composition.

Description: The Magdalena river valley in Santander, Colombia, is a region of great biogeographic and ecological importance, but knowledge about the avian fauna of the surrounding forests remains scarce. This area has been historically affected by human activities such as deforestation and agricultural expansion, which has led to ecosystem fragmentation. Nevertheless, the region continues to host a significant diversity of birds, which is essential for understanding the effects of landscape transformation and establishing appropriate conservation strategies. In this study, avian fauna data were collected at four localities through three sampling methods: vocalization recordings, observations, and mist-net captures. These methods allowed us to record a total of 215 species. Bioacoustic recordings proved to be particularly effective, capturing 173 species, 44 of which represent new bioacoustic records for Santander. Data analysis was performed using non-metric multidimensional scaling (NMDS), allowing to compare species composition between localities and to evaluate the influence of altitude on bird distribution, finding that this factor does not explain this variability in species composition, suggesting that other environmental factors may be more determinant. The collections yielded 108 specimens distributed in 80 species. Some of them had not been documented for Santander for a long time or were new to UIS-AV, such as *Euphonia concinna*, *Trogon cupreicauda* and *Pheugopedius spadix*. This work provides a solid basis for future research on the avian fauna of Magdalena's river valley in Santander, and highlights the importance of combining bioacoustic and specimen collection methods to obtain a completer and more accurate picture of biodiversity, especially in ecologically complex and underexplored areas. In addition, it contributes significantly to filling gaps in the knowledge of the avian fauna of the region, providing valuable data on poorly documented species and novel records that will strengthen conservation and management strategies for these ecosystems.

^{‡‡}*Degree Work

^{**}Faculty of Sciences. Department of Biology. Director: Enrique Arbeláez Cortés. Doctor in Biological Science.

1. Introducción

Los estudios de biodiversidad son una herramienta fundamental para entender la complejidad y la riqueza de los ecosistemas (Hillebrandy y Matthiessen, 2009). Investigar la diversidad biológica incluye la identificación de especies, la medición de su abundancia y distribución, la evaluación de su estado de conservación y la comprensión de sus interacciones con otros seres vivos y con el entorno físico (Magurran y McGill, 2010), particularmente porque en el escenario de una biodiversidad que se encuentra amenazada por la actividad humana, el cambio climático y la sobreexplotación de los recursos naturales, por lo tanto, realizar estudios de biodiversidad permite comprender mejor la situación actual de la diversidad biológica y tomar medidas efectivas para su conservación y uso sostenible (Shivanna, 2022).

Las aves son uno de los grupos de animales más estudiados, su presencia, abundancia y riqueza pueden proporcionar información valiosa sobre la estructura, funcionamiento natural y estado de los ecosistemas, así como de las amenazas a la conservación de la biodiversidad en general (Gregory et al., 2003; Fraixedas et al., 2020). Con el fin de estudiar la heterogeneidad biológica de las aves se emplean una gran variedad de métodos y técnicas, como el muestreo de aves mediante redes de niebla, la observación directa de aves mediante técnicas de conteo y monitoreo de la población, y su captura para obtención de material que permite el análisis de datos tanto genéticos (Whittaker et al., 2005), así como el uso colectas y colecciones biológicas que pueden proporcionar información valiosa sobre la distribución geográfica (e.g Arbeláez-Cortés et al., 2021), la variación morfológica y la historia evolutiva de las especies de aves (Cuervo et al., 2006; Arbeláez-Cortés et al., 2017). Para el desarrollo de estos estudios en la actualidad se han implementado nuevos métodos que fortalecen y optimizan el esfuerzo y precisión de los datos que

tradicionalmente se basaban en observaciones visuales, cantos analizados a “oído”, redes de niebla o censos por punto (e.g .Cuervo et al., 2003). Las grabaciones digitalizadas de fauna silvestre es uno de estos métodos innovadores que recopilan información sobre la presencia de especímenes en áreas determinadas (Obrist et al., 2010). En el caso de las aves, los paisajes sonoros con cantos y llamados son útiles para realizar análisis bioacústicos, que permiten identificar y clasificar especies en función de las características de sus vocalizaciones. Esto es especialmente útil para especies que son difíciles de detectar visualmente o que tienen vocalizaciones difíciles de distinguir del ruido ambiental (Zhao, et al., 2019; Shaw et al., 2021). Por ende, una combinación de muestreo con observaciones y vocalizaciones complementa en gran manera la información obtenida con métodos tradicionales y daría una aproximación más certera a la avifauna presente en una zona (Obrist, et al., 2010).

Colombia al ser el país con mayor diversidad en aves del mundo (Avendaño, 2017) requiere de la implementación de múltiples métodos para identificar su avifauna y mejorar su conocimiento. En particular, en un departamento como Santander, que cuentan una alta riqueza de aves (potencialmente entre 650 y 840 especies) de la totalidad de especies de Colombia (Rondón, 2017; Arbeláez-Córtes et al. ,2020) pueden funcionar como focos de atención para estudios de avifauna. Santander ha aumentado su información de la biodiversidad a nivel general con plataformas web que compilan estos datos (<https://santander.biodiversidad.co/#/>) y expediciones enfocadas en la documentación de zonas no exploradas (Pinzón-Arias, et al., 2019; Arbeláez-Córtes et al., 2020; Arbeláez-Córtes et al., 2023). Los estudios recientes de la biodiversidad de la avifauna en Santander son escasos en las zonas boscosas aledañas al valle del Rio Magdalena de la región, de estos estudios se puede destacar el realizado por Arbeláez-Córtes et al., (2020), donde se muestreó

la avifauna colectando y avistando en tres localidades no exploradas (una de ellas era una zona baja del Magdalena medio) y el listado de especies que reportó Donegan et al., (2010), que compilaba información de avistamientos, especímenes colectados, entre otros registros, para las zonas adyacentes en la Serranía de los Yariguíes, en Cimitarra, el Carmen de Chucurí y San Vicente de Chucurí donde cierta información de este estudio se obtiene de registros en esta depresión en el Magdalena medio.

La cuenca del Rio Magdalena, se localiza entre las cordilleras Central y Oriental de Colombia (Figuroa et al., 2015), y además de tener una gran biodiversidad se constituye a nivel nacional como el territorio con mayor complejidad desde el punto de vista ecosistémico, antrópico, cultural y económico (Stiles et al., 1999; Ángel, 2005). Las características físicas de la cuenca han contribuido al desarrollo de una amplia diversidad de climas, relieves, topografías, suelos e inundaciones recurrentes que favorecen la existencia de una gama de condiciones ambientales únicas, que se ven reflejados en la extensa cantidad de hábitats y formas de vida (Figuroa et al., 2015; Ángel, 2005). La ecorregión identificada en el valle del Rio Magdalena adyacente y perteneciente a Santander según Dinerstein et al. (1995) son los bosques húmedos tropicales y secos de la cordillera Oriental. Pocos estudios han analizado la composición de la avifauna en el valle del Rio Magdalena perteneciente a la región de Santander combinando métodos de grabaciones, observaciones y especímenes científicos recolectados por captura en redes de niebla.

Bajo el estado de arte expuesto, este trabajo tiene como propósito documentar y analizar la avifauna presente en cuatro localidades en un gradiente altitudinal estratégicamente seleccionadas por pertenecer a los bosques aledaños al valle del Rio Magdalena de Santander, con métodos de recolecta de especímenes científicos con sus respectivos tejidos e información biológica,

grabaciones de paisajes sonoros y avistamientos, con el fin de obtener la mayor cantidad de información posible de la composición de especies de aves de cada una de las zonas, y a su vez compararlas entre sí. El trabajo es parte del proyecto “Prevalencia y composición de haemosporidios en aves silvestres de bosques aledaños al valle del río magdalena en Santander, Colombia.” Y tiene el fin de conocer la avifauna de cada zona y aportar al conocimiento de la misma.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general de la pasantía

Documentar la avifauna en cuatro localidades aledañas al Valle del Rio Magdalena de Santander, Colombia, mediante análisis e identificación de especies con el uso de métodos de obtención de datos tales como: grabaciones de vocalizaciones, recolecta de especímenes científicos y registro de observaciones con binoculares.

2.2 Objetivo general del pasante

Obtener las habilidades necesarias para analizar, identificar, adquirir y estudiar datos de la avifauna por medio de la colecta de especímenes científicos, grabaciones de cantos y observaciones. De igual forma catalogar e ingresar los datos obtenidos a una colección biológica, y a su vez enriquecer con grabaciones y especímenes científicos vacíos de información de la avifauna Santandereana.

2.3 Objetivos específicos

- Obtener registros de la avifauna de las zonas muestreadas por medio de grabaciones de audio, observaciones y recolecta de especímenes.

- Comparar la composición de la avifauna entre las localidades muestreadas por medio de los resultados de grabaciones estandarizadas.
- Implementar métodos de depuración, edición e identificación de vocalizaciones en las grabaciones estandarizadas.
- Determinar cómo se complementan los registros por grabación, observación y recolecta en cuanto a su aporte a la lista de especies de la zona.

2.4 Competencias desarrolladas por el pasante

En el marco de las actividades de la pasantía, el estudiante:

- Aplicó y planificó técnicas de muestreo de aves (grabaciones de vocalizaciones, recolección con redes de niebla y avistamientos).
- Identificó y clasificó las especies de aves a partir de sus vocalizaciones y de su morfología.
- Adquirió destrezas en el uso de software especializado para el análisis de grabaciones de audio.
- Aplicó técnicas de taxidermia de aves, incluyendo la realización de eutanasia de forma humanitaria, la extracción de tejidos y la preparación y almacenamiento adecuados y seguros de los especímenes.
- Analizó datos para comparar la composición de especies registradas mediante grabaciones entre localidades.
- Curó y catalogó especímenes de aves recolectados, asegurando que los datos asociados a cada espécimen fueran documentados adecuadamente.
- Adquirió habilidades para producir informes científicos, asegurándose de incluir información detallada sobre los resultados obtenidos con los métodos utilizados.

3. Metodología

3.1 Área de estudio.

El trabajo se realizó en bosques húmedos tropicales aledaños al valle del Río Magdalena, en cuatro localidades del departamento de Santander, Colombia (Figura 1.). La primera localidad se encuentra en el municipio de San Vicente de Chucurí muy cerca del límite con el municipio de Barrancabermeja, en inmediaciones del corregimiento de La Fortuna, en la reserva natural de 180 ha llamada “El Porvenir” ($7^{\circ} 06' 20''$ N $73^{\circ} 34' 33''$ W) a una altitud media de 104 m s.n.m. La zona se caracteriza por tener bosques inundables que albergan vegetación espesa pero dichos bosques se encuentran inmersos en un paisaje con extensos pastizales para ganadería y áreas con infraestructura humana como autopistas y caseríos.

La segunda y tercera localidad se encuentran en el municipio de Betulia en el interior de un bosque en parte maduro-intervenido y en parte secundario en la vertiente oriental de la Serranía de la Paz, en la finca Tierra Nau: “El Paraíso Agro-ecoturístico” ($7^{\circ} 02' 41''$ N $73^{\circ} 24' 24''$ W). Los dos sitios están situados cerca de la represa Hidrosogamoso y se encuentran rodeadas en gran medida por áreas de cultivo de cacao y fincas ganaderas. Estas dos localidades se dividieron conforme al gradiente altitudinal, el segundo sector arriba de la finca a una elevación media de 805 m s.n.m, ($7^{\circ} 03' 08''$ N $73^{\circ} 24' 10''$ W). y la tercera, el sector bajo de la finca a una altitud media de 388 m s.n.m, ($7^{\circ} 02' 44.5''$ N $73^{\circ} 24' 41''$ W). El sector arriba se caracteriza por altas pendientes y por encontrarse bordeado de bosque secundario, potreros o cultivos (obs. pers) aunque en un punto se conecta con un bosque conservado. El sector de abajo, que no era tan pendiente, contaba con afluentes de agua del Río Sogamoso que desembocaban en el embalse de Hidrosogamoso.

La cuarta localidad se ubica en el municipio de Lebrija, en la Vereda Cerro de la Aurora, en una reserva natural de 34 ha llamada “Manantial de la Aurora” ($7^{\circ} 08' 47.2''$ N $73^{\circ} 20' 21''$ W) a una altitud media de 1031 m s.n.m. Esta zona se encuentra más intervenida respecto a las otras localidades; rodeada de potreros, y cultivos, sin embargo, su cercanía a la cadena montañosa: “Filo de los amores”, que conecta con la Serranía de la Paz tras pasar el embalse Hidrosogamoso, hace que albergue un bosque secundario de árboles nativos con tributarios provenientes de nacimientos de agua de la misma montaña.

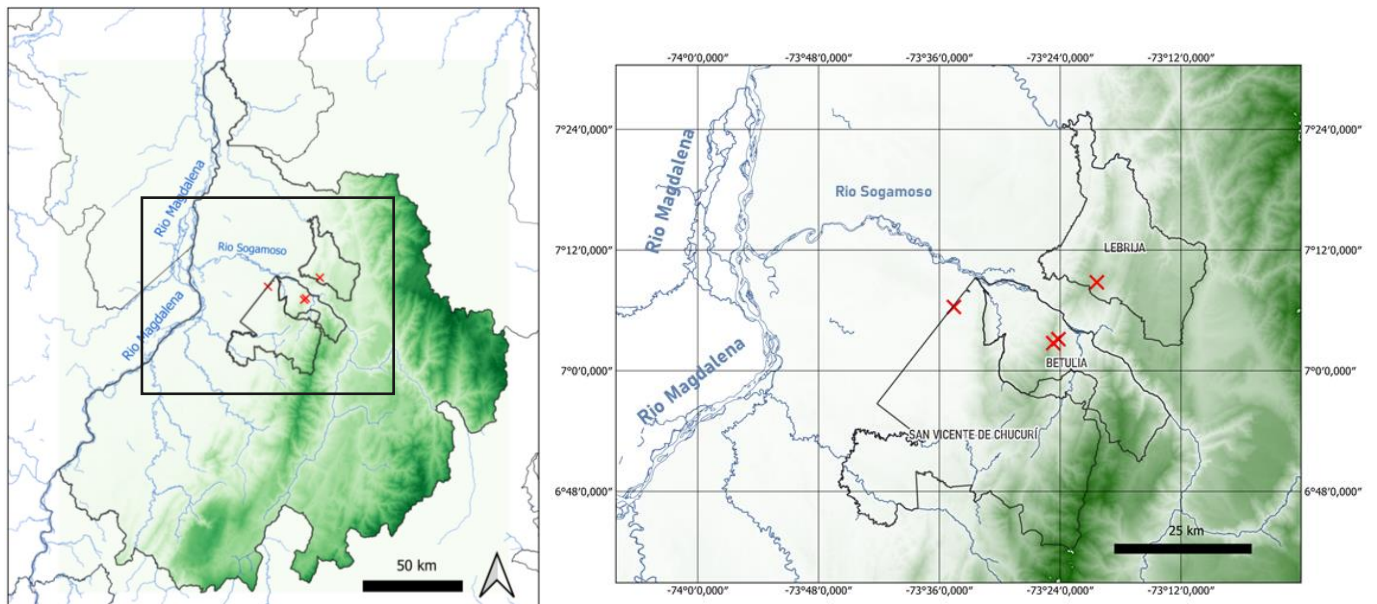


Figura 1. Mapa del área de estudio. En la gráfica izquierda se observa la posición de Santander, encerrado en un cuadro se encuentra el área de estudio. En la gráfica derecha, se muestran las localidades de los bosques estudiados (equis rojas), así mismo se logra observar su posición aleadaña al valle del Rio Magdalena.

3.2 Recolección de datos.

Se realizaron salidas de campo de entre 7-15 días por sitio en el área de estudio. La primera salida fue a “El Porvenir” con una duración de 10 días del 11 al 20 de noviembre del 2022 con 5 días efectivos de trabajo. La segunda salida a Betulia en la Finca “Tierra Nau” tuvo una duración

de 15 días del 25 de febrero al 11 de marzo del 2023, los 7 días iniciales se dedicaron a coleccionar datos en el sector arriba de la finca, los siguientes 7 días en la parte baja de la finca; con 13 días de jornada productiva. La tercera salida a la cuarta localidad el “Manantial de la Aurora”, de 7 días, durante el 27 de julio al 2 de agosto del 2023.

3.2.1 Registro de paisaje sonoro y observaciones.

Se realizaron jornadas de grabación y avistamiento simultaneas en la mañana, entre el amanecer y tres horas después (5:30am y 8:00am), pues los índices de detección, así como las vocalizaciones tienden a disminuir las horas siguientes (Esquivel y Peris, 2008; Lynch, 1995; Whitman et al., 1997). Y en la tarde, tres horas antes del atardecer, de modo que se pueda aumentar la detectabilidad de especies en un punto en concreto (Esquivel y Peris, 2008; Dobkin y Rich, 1998). Los puntos en la jornada de la tarde son una extensión de los puntos en la mañana, por lo que se obtuvieron datos de grabaciones y observaciones en la mañana y en la tarde de un mismo punto.

Cada jornada tuvo tres puntos de conteo separados espacialmente por una distancia mínima de 200 metros lineales respecto al punto anteriormente georreferenciado (Sutherland et al., 2004; Ruiz-Gutierrez et al., 2020), generando la independencia estadística adecuada para el recuento de puntos (Hutto et al., 1986; Whitman et al., 1997). En cada punto se llevó a cabo una grabación omnidireccional del paisaje sonoro de aproximadamente 25 minutos, acompañado de avistamientos en una distancia de dos bandas (0m-30m) (Sutherland et al., 2004; Ruiz-Gutierrez et al., 2020). Los puntos fueron dispuestos sobre los senderos que cada localidad tenía dentro del bosque. Los paisajes sonoros fueron registrados con una grabadora Zoom H4nPro, con su configuración de micrófono omnidireccional por defecto, a una frecuencia de muestreo de 48 kHz

a una resolución de 24 bits y una ganancia de entrada del 60%. La grabadora se ubicó en un trípode, 1.5 m sobre el suelo, apuntando a la zona boscosa de cada punto. Las observaciones se realizaron con unos binoculares SVbony SV202, 10 x 42, teniendo en cuenta la presencia de la especie de ave, sin tener en cuenta su abundancia. Adicionalmente se tuvieron en cuenta avistamientos complementarios, así como grabaciones; en puntos separados temporal y espacialmente a los de la jornada en el interior de bosque (Whitman et al., 1997).

En total se realizaron 87 puntos de conteo (18 puntos en El Porvenir, 26 puntos arriba de la finca Tierra Nau, 19 puntos abajo de la finca Tierra Nau y 24 puntos en el Manantial de la Aurora) donde se grabaron 36.25 horas. Adicional al trabajo diurno se hizo el registro de aves nocturnas, mediante 20 minutos de grabación y 10 minutos empleando *playback* dentro de las primeras cuatro horas después de la puesta del sol (Kavanagh y Peake, 1993), en al menos dos puntos por salida. Para la sesión de 10 minutos de *playback* se emplearon registros pregrabados de las posibles especies de aves nocturnas presentes en la zona (ej., *Strix virgata*, *Strix nigrolineata*, *Nyctibius griseus*, *Megascops choliba* y *Pulsatrix perspicillata*) que se encuentran publicadas en bases de datos tales como Macaulay Library (Cornell lab of Ornithology, 2014) y Xeno-canto (Xeno-canto Foundation for Nature Sounds, 2018).

Las especies observadas se identificaron taxonómicamente mientras se visitaba el punto con ayuda de guías de campo especializadas en la avifauna colombiana (Hilty, 2021; Ayerbe, 2018) y con el uso del aplicativo eBird (Sullivan, et al., 2009) se agruparon en listados, usando la taxonomía HBW/BirdLife Taxonomic Checklist v8.1 (Remsen, 2015; Miller, 2017).

Las grabaciones digitales de audio, inicialmente se editaron en el software Audacity 3.6.1 (Audacity team, 2023) aplicando un filtro de paso alto para reducir el ruido de fondo, normalizando el pico de amplitud a -3.0dB y tomando perfiles indeseados del audio para reducir

aún más el ruido. Para la identificación de especies en las grabaciones se utilizó un modelo de red neuronal denso llamado “BirdNet” (Kahl et al., 2021, BirdNET_GLOBAL_6K_V2.4_Model), aplicando aprendizaje por transferencia entrenando el modelo con especies que no tenían datos y se encuentran en bosques del Valle del Rio Magdalena Santandereano (ej. *Thamnophilus nigriceps*, *Melanerpes pulcher*, *Synallaxis candei*). Este entrenamiento se realizó en el programa Birdnet-Analyzer 1.2.0 (Kahl et al., 2021) en su opción “train” aplicando su configuración predeterminada, añadiendo grabaciones de vocalizaciones, cantos y llamadas obtenidas y verificadas provenientes de las librerías de datos Maculay library (Cornell lab of Ornithology, 2014) y Xeno-Canto (Xeno-canto Foundation for Nature Sounds, 2018) sobre el modelo base de BirdNet. Una vez el modelo estuvo entrenado, en el apartado “Batch analysis” se seleccionaron las grabaciones por cada localidad muestreada; se escogieron especies posibles con base a las coordenadas y altitud de los sitios (aproximadamente 650 sps.), se configuró un mínimo de confianza de 0,1, una sensibilidad de 1,2 y un rango de evaluación de frecuencias entre los 0 y 15kHz.

El resultado del análisis grupal es una tabla de selección compatible con el software Raven Pro 1.6.5 (Cornell Lab of Ornithology, 2023), que arroja los datos de: porcentaje de fidelidad que confirma la especie, la especie y los segundos en el que esta vocalizaba durante la grabación. La tabla de selección se superponía al espectrograma de la grabación en el software de Raven, facilitando así la identificación de la especie. Las grabaciones fueron reproducidas en Raven Pro 1.6.5 (Cornell Lab of Ornithology, 2023), identificando las especies; comparando el resultado del modelo y grabaciones confirmadas de los repositorios de audio ya mencionados. No todas las especies registradas en la grabación fueron identificadas con el modelo, sin embargo, al comparar cualitativamente las frecuencias, distribución de notas, duración de canto, entre otros atributos; de

las grabaciones con las de las librerías de audio, se logró confirmar la mayoría de las especies. Una vez obtenida la lista de especies por las metodologías indirectas, se revisó si existe diferencia significativa alguna entre la cantidad de especies de los dos métodos (avistamientos y grabaciones) utilizando la prueba Chi². Tras el esfuerzo del análisis de los paisajes sonoros y con las grabaciones obtenidas llenó parte del vacío informativo bioacústico para aves en Santander, para ello se revisaron los repositorios de audio, Macaulay library (Scholes, 2015) vía GBIF y la página web XenoCanto con el fin de buscar vacíos. Algunas grabaciones de especies con registro bioacústico novedosos o de interés para Santander fueron subidas a las bases de datos de Xenocanto y Macaulay library .

3.2.2 Manejo de redes de niebla y manipulación de aves

En cada localidad se montaron entre 6 y 8 redes de niebla (12 x 2,5 m), en puntos ubicados estratégicamente georreferenciados con GPS (GPS Garmin), sobre los senderos en el interior del bosque. En cada red de niebla el pasante apoyó en su montaje, así como en la manipulación de aves capturadas, identificación, taxidermización, toma de características biológicas de los individuos y embalaje de especímenes para su transporte. Las redes fueron abiertas al amanecer (5:30 am - 6:30 am) y se cerraron tras 8 o 9 horas de operación (3:00 pm - 4:30 pm). El esfuerzo de muestreo se cuantificó en horas/red, definiendo una hora/red como el uso de una red de niebla de 12x2,5 m abierta durante una hora.

Debido a que en cada salida de campo se contaba para efectos del manejo de las redes con la ayuda de tres personas más (Un profesional y dos auxiliares de campo), se repartía el trabajo conforme a los objetivos de cada persona; en el caso del pasante después de la jornada de grabación y observación, revisaba redes y en caso de que encontrara individuos, los manipulaba y extraía de la red, para así identificarlos y de ser el caso taxidermizarlos y tomar datos biológicos. Las especies

que se extraían de la red tras ser identificadas taxonómicamente con guías de campo (Hilty, 2021; Ayerbe, 2018) se anotaban y contaban como una unidad de presencia dentro de las localidades para su futuro análisis.

3.3 Recolecta, taxidermia e identificación de especímenes científicos.

En cada salida de campo se realizaron recolectas de especímenes capturados por las redes de niebla, donde cada espécimen fue preparado con el fin de ser ingresado como piel a la Colección Ornitológica del Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga (UIS-AV), y como tejidos a la Colección de Tejidos del Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander (UIS-CT).

De los especímenes se registraron datos biológicos básicos tales como: peso, protuberancia cloacal, cantidad de grasa, contenido estomacal, porcentaje de osificación, presencia de parche de incubación, presencia de anillo ocular, tamaño y tipo de gónadas, envergadura, longitud total y colores de maxila, mandíbula, tarso e iris. Se tomaron muestras de tejido (hígado, musculo y corazón) para todos los especímenes recolectados, las cuales fueron preservadas en campo en etanol al 96% y posteriormente crio-preservadas a -80°C en el laboratorio para su almacenamiento en UIS-CT. De algunos especímenes de interés, como los pertenecientes a las familias: *Thamnophilidae*, *Furnariidae* y *Formicariidae* se preservaron las carcasas junto con su contenido estomacal en etanol al 96% para futuros análisis.

La identificación taxonómica inicial de los especímenes fue realizada en campo utilizando guías para la identificación de aves colombianas, como las de Ayerbe (2018) y Hilty (2021). Tras el regreso de cada salida de campo, las identificaciones fueron corroboradas mediante la comparación con especímenes voucher de la colección UIS-AV.

3.3.1 Curaduría en la colección.

En la colección UIS-AV, los datos biológicos de cada espécimen fueron digitalizados en un machote de ingreso en formato Darwin Core (Wieczorek et al., 2012), y así, conforme al protocolo de depósito de material de UIS-AV (UIS, 2021), se les asignó un número de catálogo y con ello, la elaboración de una “etiqueta de colección”. A cada etiqueta se le asignó una clasificación taxonómica de especie basado en la versión 13.1 de la IOC World Bird List propuesta de Gill, Donsker & Rasmussen (2023). Las etiquetas generadas fueron colocadas en el tarso izquierdo de los especímenes y estos fueron organizado en gavetas conforme a su clasificación y orden en la colección de pieles UIS-AV.

3.4 Análisis de datos

Inicialmente se elaboró una lista de especies compilando registros de las tres metodologías (i.e, capturas en redes, grabaciones de audio y observaciones). Los análisis se llevaron a cabo con base a datos de riqueza (número de especies por localidad). Con el propósito de evaluar y comparar la composición de la avifauna en los cuatro bosques donde se tomaron datos, se construyó una matriz de presencia-ausencia basada en los datos obtenidos de los registros de observaciones y grabaciones durante las jornadas de muestreo en cada localidad. Esta matriz refleja la presencia (1) o ausencia (0) de cada especie de ave en cada uno de los sitios de muestreo. Con el fin de analizar las similitudes y diferencias en la composición de especies entre los cuatro bosques, se aplicó un análisis multivariado mediante escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). El NMDS se basa en la construcción de una matriz de distancias o disimilitudes, en este caso específico se utilizó la distancia de Jaccard como medida de disimilitud. La distancia de Jaccard es la más adecuada para datos de presencia y ausencia, pues al cuantificar la diferencia de composición entre sitios da más valor a las especies presentes en los sitios comparados. Además,

se tuvo en cuenta la variable de altitud media en cada localidad, para explorar cómo este factor podría influir en la composición de especies y la estructura de la comunidad. Con el propósito de complementar este análisis, se realizó un análisis de regresión lineal a fin de confirmar si la altitud tiene una relación significativa con la composición de las especies de aves. Para la implementación del análisis NMDS y el análisis de regresión lineal, se cargaron los datos de la matriz a la interfaz Rstudio del lenguaje de programación R (Rstudio Team, 2020) empleando el paquete "vegan"(Oksanen et al., 2023), para los análisis ecológicos, "dplyr" (Wickham et al., 2023) y "reshape2" (Wickham, 2007) para la manipulación, transformación y reestructuración de los datos y "ggplot2" (Wickham et al., 2023) para la creación de graficas que explican los análisis ecológicos.

Estos mismos análisis se aplicaron también para las especies que fueron capturadas en redes de niebla. No se mezclan los datos, pues, el trabajo en redes de niebla es un método directo y obtiene un dato único, y en general cuenta con sesgo por la altura respecto al suelo en el que se dispone la red en el bosque, así como, la poca área de bosque con la que logra obtener información, esto lo hace no comparable con los métodos indirectos (grabaciones y avistamientos) que, aunque más generales tienen otros sesgos relacionados con la detectabilidad de las aves en relación lo conspicuas que son visual o auditivamente.

Finalmente, para determinar si existe una relación significativa entre los métodos, se llevó a cabo una prueba de χ^2 sobre una tabla de contingencia que compara la presencia y ausencia de especies detectadas por ambos métodos (i.e., Directos/capturas VS Indirectos/grabaciones-observaciones).

4. Resultados

Durante los periodos de muestreo en los sitios seleccionados, se registró un total de 215 especies abarcando todas las metodologías descritas. Pero hubo diferencias en el número de especies detectado con cada método. Para los métodos indirectos (grabaciones y observaciones) se detectaron 211 especies (131 especies en el sector alto de la finca Tierra Nau, 111 en el Manantial de la Aurora, 104 especies en El Porvenir, 108 especies en el sector bajo de la finca Tierra Nau) y con captura en red de niebla 80 especies (38 especies en el sector alto de la finca Tierra Nau, 31 en el Manantial de la Aurora, 26 especies en El Porvenir, 20 especies en el sector bajo de la finca Tierra Nau.) (Tabla 1). A continuación, se detalla el esfuerzo de muestreo y los resultados para los métodos usados.

Localidad	Métodos indirectos	Método directo
El Porvenir	104 spp.	26 spp.
Sector alto Tierra Nau	131 spp.	38 spp.
Sector bajo Tierra Nau	108 spp.	20 spp.
Manantial de la Aurora	111 spp.	31 spp.
Total	211 spp.	80 spp.

Tabla 1. Número de especies encontrado por localidad conforme a la metodología con la que fue registrada.

4.1 Registro de paisaje sonoro y observaciones.

Se realizó un esfuerzo total de muestreo de 87 puntos de conteo en el área de estudio (Apéndice A.) y un esfuerzo de análisis de 86 grabaciones que requirió 105min para cada grabación

de 20 minutos obtenida en campo. El total de grabaciones suma 2175 minutos de audio y permitió compilar información de la presencia de 211 especies, repartidas en 40 familias y 158 géneros entre todas las localidades, siendo “Tyrannidae”, “Thraupidae” y “Thamnophilidae”; las familias con mayor representación por grabación en las localidades (Figura 2). No existieron diferencias significativas en el número de familias (media de 32 familias/localidad) entre localidades (Kruskal-Wallis = 3.0, $p = 0.392$), pues la mayoría de las familias se compartía entre las localidades. No obstante, hubo algunas familias exclusivas, por ejemplo, en El Porvenir (Threskiornithidae), el Manantial de la Aurora (Mimidae y Rallidae) y en el sector alto de Tierra Nau (Momotidae), pero en el sector bajo de Tierra Nau, compartió todas sus familias con las demás localidades.

En cada localidad se registraron entre 104 y 131 especies utilizando métodos indirectos siendo el sector alto de la Serranía de la Paz el bosque con mayor riqueza ($n=131$) y el de menor riqueza El Porvenir ($n=104$). Del total de especies, 101 (48%) fueron registradas tanto por grabación como por avistamiento, 72 (34%) identificadas únicamente por grabaciones y 38 (18%) solo por avistamiento. Al comparar la proporción de especies registradas por grabación ($n=173$) con aquellas registradas por observaciones ($n=139$), se encontró que existía una diferencia significativa ($\chi^2 = 6.27$, $p = 0.012$). Este resultado indica que, el método de grabación captó una mayor cantidad de especies en comparación con la observación. El resultado general es que el 82% de las especies ($n=173$) fueron grabadas y cuenta con un registro verificable. Varias especies ($n = 77$) fueron únicas en su localidad como *Mesembrinibis cayannensis* (La Fortuna), *Rufirallus viridis* (Manantial de la Aurora), *Catharus aurantiirostris* (Sector bajo Tierra Nau), *Aburria aburri* (Sector alto Tierra Nau), entre otras (Apéndice B).

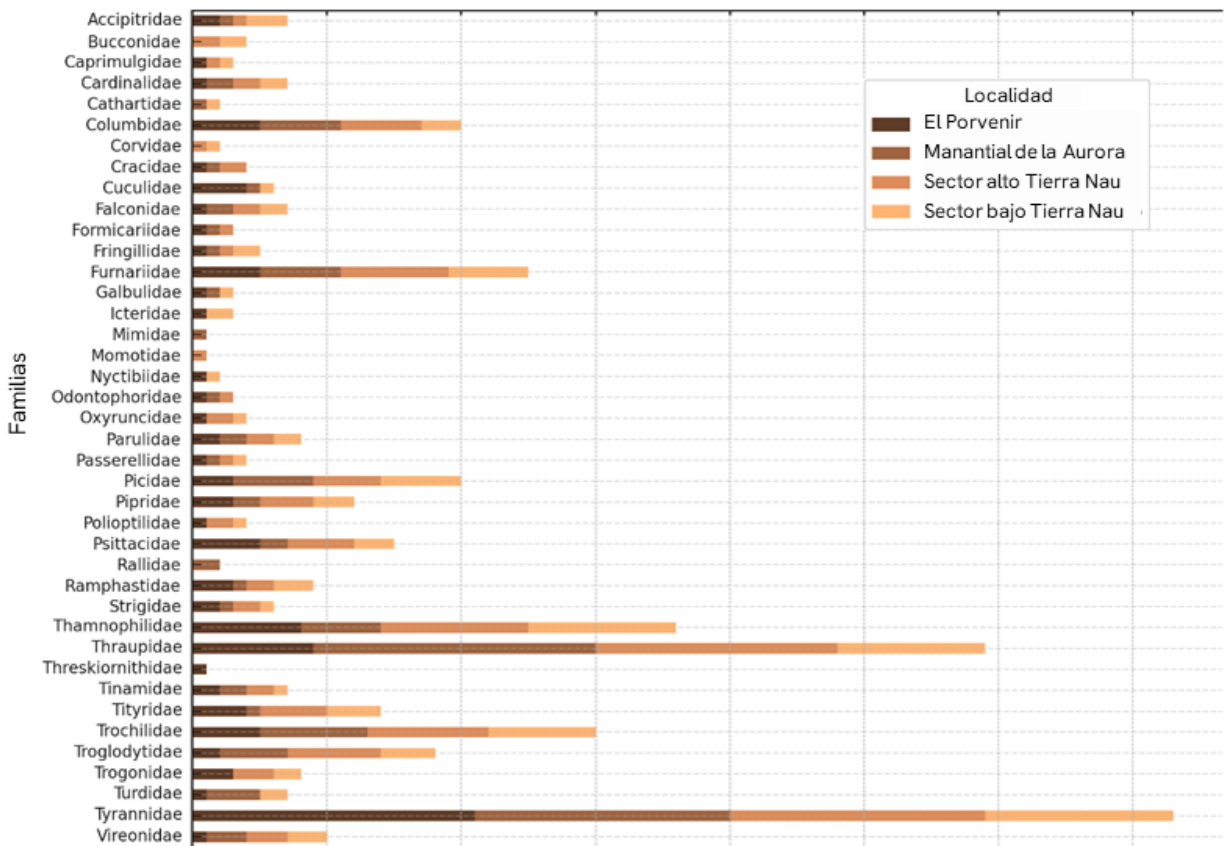


Figura 2. Grafico de barras apiladas indicando la diversidad de familias de aves registradas mediante grabaciones y observaciones en las diferentes localidades. La tabla muestra la cantidad de especies pertenecientes a cada familia identificadas en cada localidad (separadas por color), proporcionando una visión general de la distribución de la avifauna en las áreas de estudio.

Al llevar a cabo la revisión de las bases de datos bioacústico de la librería Macaulay y Xeno-Canto.org para Santander se compararon los registros de estos repositorios (n= 2399) con las 173 especies grabadas, encontrado coincidencia con 129 especies. Es decir, de los paisajes sonoros grabados durante la fase de campo, 44 especies registradas en ellos son el primer registro bioacústico para Santander. Entre las especies con vocalizaciones novedosas encontramos a *Notharchus hyperrhynchus*, *Cymbilaimus lineatus*, *Terenotriccus erythrurus*, *Tersina viridis*, *Trogon cupreicauda*, entre otros. Algunas de estas especies tras el postprocesamiento y limpieza

del fragmento de paisaje sonoro en el que vocalizan estarán disponibles en Xeno-Canto y la librería Macaulay o por solicitud al autor (Figura 3).

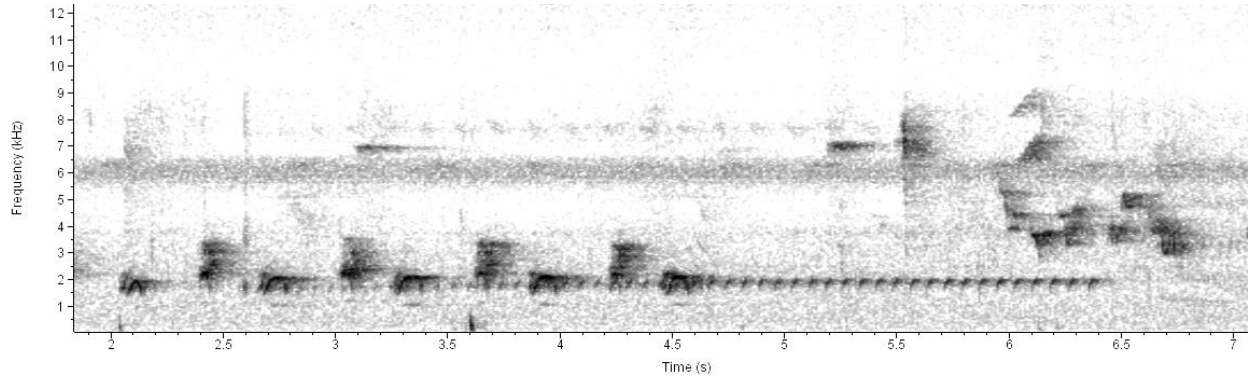


Figura 3. Espectrograma de fragmento de grabación de audio donde vocaliza la especie *Notharchus hyperhynchus* obtenido en este estudio y subido a Macaulay library y Xeno-canto. ML622465380 / XC926821

4.2 Manejo de redes de niebla y manipulación de aves.

Después de jornadas de entre 9 a 12 horas diarias a lo largo de 20 días de labor efectiva en el área de estudio (5 días en La fortuna, 9 días en la Serranía de la Paz (arriba y debajo de Finca tierra Nau), 6 en el Manantial de la aurora) se completó un esfuerzo de muestreo de 837 h/red (Apéndice A.). Se capturaron 286 individuos (51 en La Fortuna, 147 en la Serranía de la Paz y 88 en el Manantial de la Aurora) (Ver apéndice B) pertenecientes a 80 especies, 20 familias y 67 géneros, de los cuales 9 son migratorias boreales (i.e. *Cardellina canadensis*, *Catharus ustulatus*, *Empidonax sp.*, *Myiarchus crinitus*, *Parkesia noveboracensis*, *Piranga rubra*, *Protonotaria citrea*, *Setophaga castanea* y *S. striata*) que no se tuvieron en cuenta para los análisis estadísticos. Las familias “Trochilidae”, “Furnariidae”, “Thamnophilidae” y “Pipridae” tienen alta representatividad de especies en cada localidad (Figura 5.). La Fortuna fue la localidad con menor

riqueza de especies capturadas (n=20) y el sector alto de la finca Tierra Nau la de mayor riqueza (n=38). Con el método de red de niebla, 40 especies fueron registradas únicamente en algunas localidades- Es decir 7 especies se registraron únicamente por captura en red en La Fortuna, 14 en el Manantial de la Aurora, 14 en el sector alto de la finca Tierra Nau y 5 en el sector bajo de la finca Tierra Nau. Algunos de estas especies son *Trogon cupreicauda* (sector alto de la finca Tierra Nau), *Myiobius atricaudus* (sector bajo de la finca Tierra Nau), *Schiffornis stenorhyncha* (La Fortuna), *Formicarius analis* (Manantial de la Aurora), etc (Apéndice B).

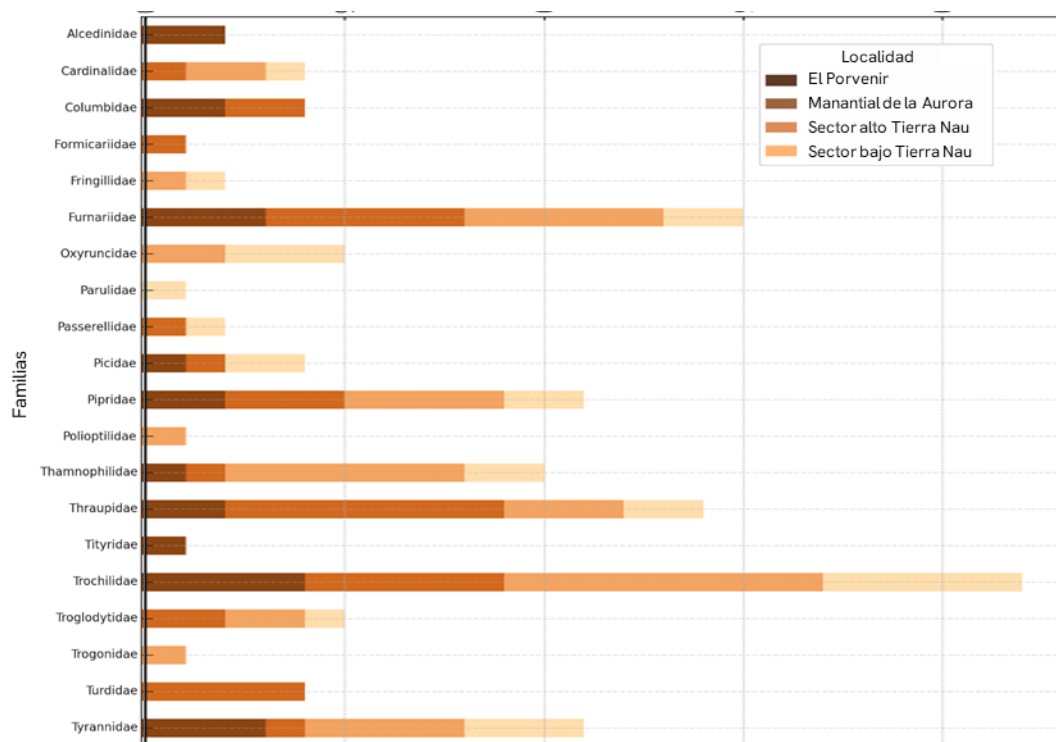


Figura 4. Grafico de barras apiladas indicando la diversidad de familias de aves registradas mediante capturas de redes de niebla en diferentes localidades. La tabla muestra la cantidad de especies pertenecientes a cada familia identificadas en cada localidad (separadas por color), proporcionando una visión general de la distribución de la avifauna en las áreas de estudio.

4.3 Recolecta y taxidermia de especímenes científicos

De los 286 individuos capturados en red de niebla se recolectaron 108 como especímenes científicos (Apéndice A.) (12 de La Fortuna, 78 de la Serranía de la Paz, 18 del Manantial de la Aurora). La totalidad de los especímenes recolectados en las salidas de campo se puede consultar en el CR-SIB Colombia (https://ipt.biodiversidad.co/permisos/resource?r=colecciondeaves_octubre2022-abril2023 y https://ipt.biodiversidad.co/permisos/resource?r=uisav_abriloct2023) pertenecientes a 50 especies, 19 familias y 49 géneros. De los individuos recolectados, 54 fueron taxidermizados por el pasante bajo supervisión de un profesor o de un profesional en Biología, siguiendo el protocolo de taxidermia estándar de Winker, K, (2000), anotando los datos biológicos pertinentes y extrayendo muestras de tejidos de cada uno ellos. Especies como *Geotrygon montana*, *Taraba major*, *Trogon cupreicauda*, *Phaethornis striigularis*, *Chloroceryle aenea*, *Cyanerpes caeruleus*, *Myrmotherula axillaris*, *Myiobius atricaudus* y *Terenotriccus erythrurus* llevaban más de 50 años sin ser recolectadas en Santander. *Pheugopedius spadix*, *Trogon cupreicauda* y *Euphonia concinna* son registros nuevos para la colección de aves UIS-AV, siendo *Euphonia concinna* el primer registro de espécimen preservado para Santander (Arbeláez-Cortés et al. En prensa). Gracias al ejercicio de taxidermia y trabajo en las redes de niebla durante el proyecto, el estudiante paso de taxidermizar un espécimen en 3 horas a taxidermizar uno en 45 minutos, incrementando en gran medida la estética y velocidad en la toma de datos los datos biológicos (Apéndice A.).

4.4 Análisis de datos

El NMDS utilizando la matriz de distancia de Jaccard calculada a partir de los datos de presencia/ausencia de 211 especies obtenidas a través de métodos indirectos repartidos en las cuatro localidades estudiadas permitió visualizar la similitud en la composición de especies entre

las localidades en relación con la variable altitud. El NMDS se obtuvo de manera bidimensional, a un valor de estrés de 0.087, que sugiere un muy buen ajuste para la interpretación.

En la Figura 5. se presenta la ordenación del análisis multivariado de las localidades, donde se observa un agrupamiento de las localidades en función de la composición de especies.

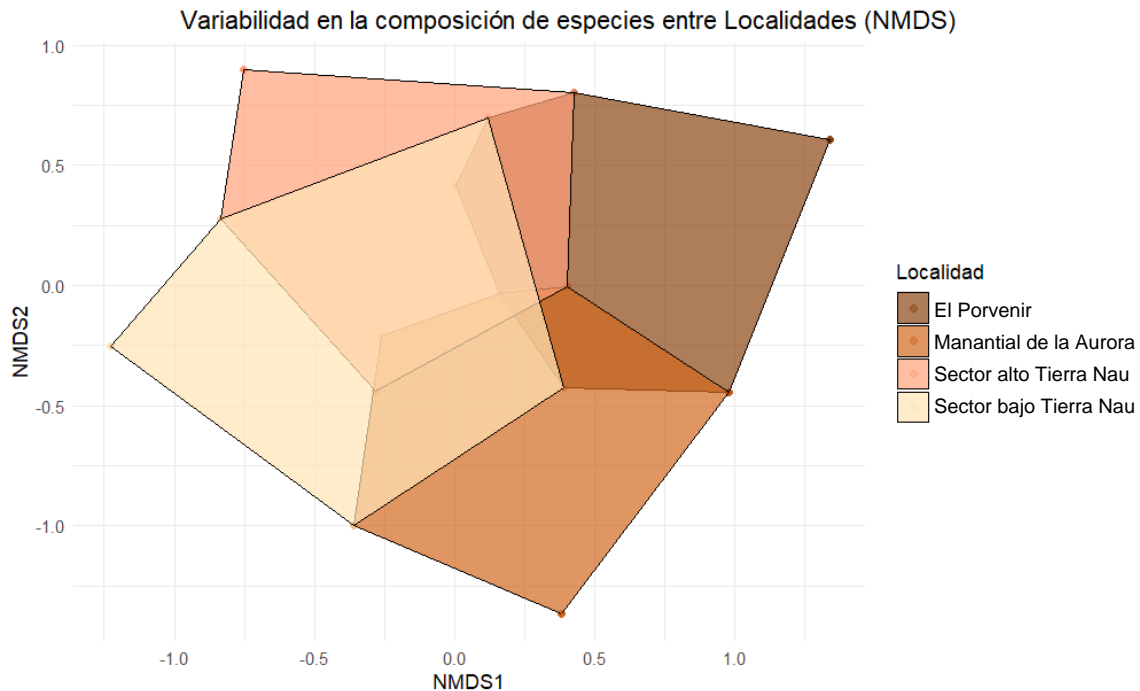


Figura 5. Ordenación de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) mostrando la estructura de las comunidades por localidad en dos ejes con los datos obtenidos por grabaciones y observaciones. El análisis NMDS fue realizado con la matriz de distancias de Jaccard.

Para evaluar la influencia de la altitud en la composición de las especies se usó “*envfi*” del paquete “*vegan*”. Este ajuste indicó que la altitud no se relaciona significativamente con las diferencias en la composición de especies. ($R^2=0.566$, $p = 0.625$).

Sumado a este resultado y a modo de verificación se realizó un análisis de regresión lineal para evaluar la relación entre la primera dimensión del NMDS y la altitud media de las localidades. El modelo de regresión fue significativo ($R^2 = 0.058$, $p = < 0.001$) indicando una relación

estadísticamente significativa entre la altitud y la variabilidad en NMDS1. Sin embargo, el coeficiente ajustado (R^2) indica que solo el 5.8% de la variabilidad está siendo explicada por la elevación, por lo tanto, no influye en gran medida sobre la composición de especies.

Tanto el análisis de ordenamiento como la regresión lineal se repitió para el método directo (Captura en redes de niebla), usando el mismo índice (Jaccard). utilizando la matriz de distancia de Jaccard calculada a partir de los datos de presencia/ausencia de 71 especies. Nuevamente la solución NMDS se realizó en dos dimensiones, a un valor de estrés de 0.038, sugiriendo un buen ajuste. La Figura 8. Muestra las agrupaciones de especies por localidad, basadas en el NMDS para las especies obtenidas por métodos directos. Con la misma metodología para métodos indirectos se revisó el papel de la altitud en los grupos de especies. Indicando nuevamente que la altitud no influye significativamente en la composición de especies. ($R^2 = 0.222$, $p = 0.833$). Lo mismo sucedió con la regresión lineal con capturas en redes, la altitud no fue significativa ($R^2 < 0.001$, $p = 0.312$) por lo tanto no influye sobre la composición de las especies.

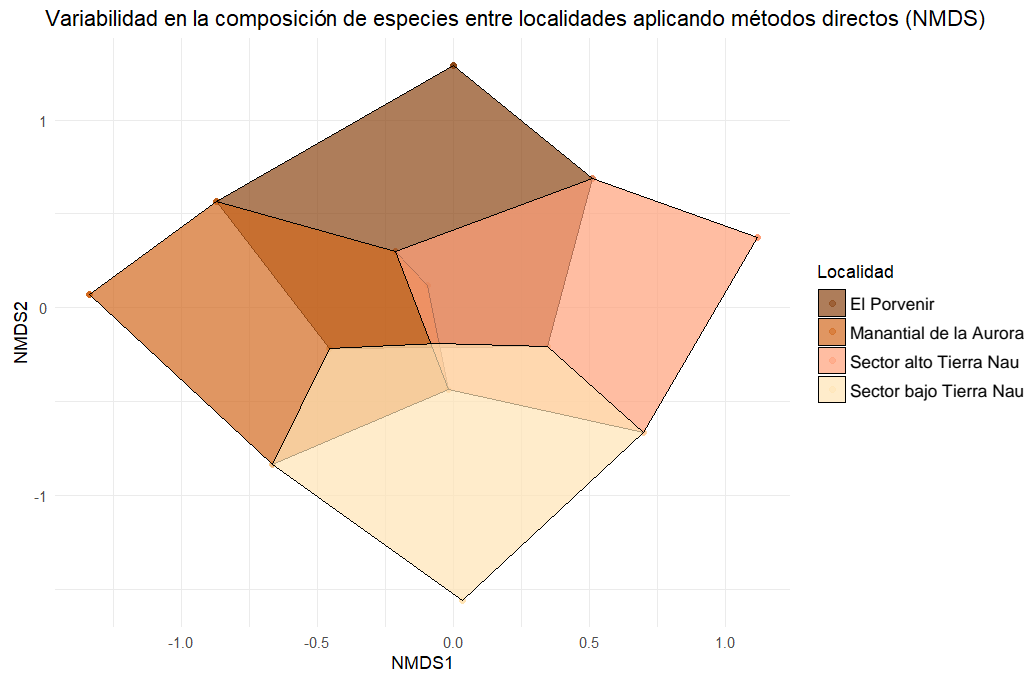


Figura 6. Ordenación de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) mostrando la estructura de las comunidades por localidad en dos ejes con los datos obtenidos por capturas por redes de niebla. El análisis NMDS fue realizado con la matriz de distancias de Jaccard.

Las especies únicas obtenidas por el método de captura en red de niebla fueron *Euphonia concinna* (UIS-AV-3110), *Eutoxeres aquila* (UIS-AV-3097), *Chloroceryle aenea* (UIS-AV-3041) y *Chloroceryle inda*.

Finalmente, se evaluó la eficacia de dos métodos de muestreo, grabaciones y capturas en red, en la detección de especies de aves en las localidades estudiadas, esto porque estas metodologías recopilan registros tangibles y demostrables. Los resultados indican que existen diferencias significativas entre los métodos ($\chi^2 = 14.524$, $p = < 0.001$). 117 especies registradas por vocalizaciones no fueron capturadas, y 15 especies capturadas no resultaron dentro de las grabaciones

5. Discusión

El esfuerzo de muestreo que incluyó 837 horas red, 87 puntos de conteo y el análisis de 2175 minutos de grabaciones digitales permitió registrar la presencia de 215 especies de aves, distribuidas en 40 familias y 158 géneros. La gran riqueza de especies identificadas indica la efectividad y complementariedad del uso de grabaciones de vocalizaciones, observaciones visuales y redes de niebla para estudiar la avifauna en bosques tropicales (Drake et al., 2021; Sutherland et al., 2004; Dobkin y Rich, 1998, Kułaga et al., 2019). En estudios previos, se ha indicado que los métodos indirectos, como las grabaciones de vocalizaciones, son particularmente útiles en hábitats densos donde la observación directa es difícil (Whitman et al., 1997; Esquivel y Peris, 2008; Kułaga et al., 2019). Este método no solo permite detectar especies en el momento en el que emiten registros sonoros, sino que también ayuda a identificar aquellas que son crípticas o de difícil observación debido a su comportamiento o estructura del hábitat (Lynch, 1995; Deanna y Murray, 2009), como lo fue en el caso de algunas especies de la familia Thamnophilidae: *Gymnocichla nudiceps* en El Porvenir, *Cymbilaimus lineatus* en el sector bajo y alto de Tierra Nau , cuya información de presencia no fue obtenida ni por observación, ni por red de niebla.

En cuanto a la distribución de especies entre las localidades, el análisis reveló que no existieron diferencias significativas ($p=0.392$) en el número de familias entre las localidades, aunque se observaron algunas familias exclusivas en ciertos sitios. Esto sugiere que, si bien las comunidades son similares en su composición a nivel de familia, existen particularidades locales que favorecen la presencia de ciertas especies como lo es el caso de El Porvenir. Allí, por la presencia de bosque inundable, se registraron especies únicas y propias de hábitos acuáticos, como *Furnarius longirostris*, *Chloroceryle aenea*, *C. inda* y *Mesembrinibis cayennensis*. Estas especies, adaptadas a ambientes con cuerpos u afluentes de agua, indican cómo las particularidades

ecológicas de un sitio pueden promover la presencia de fauna exclusiva, enriqueciendo la diversidad regionalmente y reflejando las complejas interacciones entre los hábitats y las comunidades (Maclaurin y Sterelny, 2008; Castaño-Villa et al., 2019). Estos datos son consistentes con estudios como el de Rivera-Gutiérrez (2006) y Castaño-Villa et al., (2019), que señalan que, aunque las familias de aves pueden estar ampliamente distribuidas, la especificidad de hábitat y la microestructura del entorno pueden influir significativamente en la distribución de especies dentro de esas familias (Sutherland et al., 2004; Dobkin y Rich, 1998).

Un aspecto a destacar fue la diferencia significativa ($p = 0.012$) en la proporción de especies registradas por grabaciones en comparación con las observaciones, donde las grabaciones captaron una mayor cantidad de especies ($n=173$). Este resultado muestra la importancia de las técnicas bioacústicas en la documentación de la biodiversidad, especialmente en entornos tropicales donde la alta densidad de vegetación puede limitar la eficacia de las observaciones visuales (Haselmayer y Quinn, 2000; Deanna y Murray, 2009; Kułaga y Budka, 2019). Las técnicas de grabación, al ser no invasivas y al permitir el monitoreo continuo, ofrecen una ventaja significativa para documentar la presencia de especies que son difíciles de observar debido a su comportamiento o hábitat (Bibby et al., 2000; Zhao et al., 2019; Shaw et al., 2021). La capacidad de grabar paisajes sonoros durante largos periodos en diferentes horarios del día mejora considerablemente la eficiencia en la detección de especies. Haselmayer y Quinn (2000) encontraron que las grabaciones en la región amazónica de Perú detectaron un 20% más de especies en comparación a las observaciones en los puntos de conteo. Este hallazgo coincide con los resultados del presente estudio, en el cual las grabaciones detectaron un 19.65% más de especies que las observaciones. Al comparar la bioacústica con otros métodos de censo de aves, cabe resaltar que la grabación de sonidos es particularmente efectiva para especies que no se detectan fácilmente mediante observación directa,

como aquellas que habitan en el dosel forestal o el sotobosque denso (Dobkin y Rich, 1998; Remsen y Good, 1996, Zhao et al., 2019, Shaw et al., 2021).

Además, el uso de grabaciones mejora la precisión en la detección de especies a lo largo de gradientes altitudinales, donde la variabilidad en la composición de especies tiende a ser pronunciada (Rahbek, 1995). Drake et al. (2021) demostró que la combinación de conteos de puntos y grabaciones puede aumentar la eficacia en la detección de aves a lo largo de gradientes de elevación en los Andes, lo que respalda la utilidad de esta tecnología en estudios de biodiversidad en diversas topografías como la de este estudio. En comparación con las redes de niebla, las técnicas bioacústicas permiten registrar una mayor cantidad de especies en menos tiempo, pero los datos adicionales que proveen son mayores con las colectas (ver más abajo). Remsen y Good (1996) indican que las redes de niebla son más efectivas para especies del sotobosque, pero presentan limitaciones cuando se trata de especies del dosel o aves muy pequeñas que pueden evitar las redes. En contraste, la bioacústica puede captar vocalizaciones desde múltiples niveles del bosque, lo que la convierte en una herramienta más inclusiva y capaz para obtener información de la avifauna (Haselmayer y Quinn, 2000). Cabe destacar que la dificultad para identificar las vocalizaciones depende del grupo taxonómico que se está escuchando (Read y Weary, 1992). En el caso particular de los colibríes (Trochilidae), sus vocalizaciones, a menudo simples y carentes de una estructura frasal definida (Monte et al., 2023), presentan un desafío para su identificación mediante grabaciones. Por esta razón, el empleo de redes de niebla se perfila como una alternativa para la obtención de información específica sobre este grupo y demás taxones que cuenten con las mismas características.

La integración de herramientas avanzadas de análisis, como el software BirdNet, ha transformado la manera en que los datos bioacústicos, específicamente en aves, son procesados

(Arif et al., 2020; Bota et al., 2023; Kahl et al., 2021). Kahl et al. (2021) destacan que los algoritmos de aprendizaje profundo como los utilizados en BirdNet han incrementado la precisión y eficiencia en la identificación de especies, incluso en grabaciones de baja calidad o con altos niveles de ruido de fondo, como en algunos casos presentes en el estudio cuando llovía u ocurría ruido antropogénico. El uso de redes neuronales para la identificación automática de especies no solo reduce el tiempo de procesamiento de datos, sino que también minimiza el error humano, mejorando así la fiabilidad de los registros (Kahl et al., 2021). En este estudio, el uso de esta herramienta permitió la corroborar con la identificación de 44 especies con registros bioacústicos novedosos para Santander, lo que representa un importante avance en la documentación de la diversidad bioacústica departamental. La capacidad de entrenar modelos para identificar vocalizaciones específicas de una región, como se hizo en este estudio, subraya el potencial de las tecnologías de aprendizaje automático para llenar vacíos en la biodiversidad acústica en regiones subexploradas (Gibb et al., 2019; Milano, 2024, Obrist, et al., 2010) como lo es el departamento de Santander, que más allá de sus aportes gracias a la ciencia participativa, está pobremente documentado a nivel bioacústico de su ornitofauna.

El uso de redes de niebla resultó en la captura de 286 individuos pertenecientes a 80 especies, 20 familias y 67 géneros, lo que permitió complementar con 4 especies más la información obtenida mediante métodos indirectos. El bajo número de especies nuevas indica que la metodología necesaria para realizar análisis de diversidad, es suficiente con grabaciones y observaciones. Sin embargo, el uso de redes de niebla, se convierte en un componente crucial para obtener información adicional, pues la identificación visual, se vuelve más precisa, dejando de lado sesgos o especies que pudieron pasar por alto; como lo es el caso de *Euphonia concinna*, que inicialmente fue catalogada como *E. lanirostris*, pero gracias al trabajo de colecta, taxidermia y

catalogación en la colección biológica, logró ser identificada correctamente (Arbeláez-Cortés et al. En prensa). Esto sugiere que los métodos directos, como las redes de niebla, son indispensables para obtener una visión completa de la comunidad de aves, particularmente para aquellas especies menos vocales o más crípticas en su comportamiento (Remsen y Good, 1996) y para obtener material físico que permita el estudio detallado del fenotipo y del genotipo (Winker, 2000).

Las especies capturadas mediante redes de niebla incluyeron a miembros de familias altamente representadas como, Furnariidae, Pipridae, Trochilidae y Thamnophilidae, La razón por la que estas aves cayeron en las redes se debe principalmente a sus hábitos de forrajeo y la estratificación vertical del bosque en la que suelen habitar (Hilty y Brown, 1986; Hilty, 2021; Castaño-Villa et al., 2019). Las redes de niebla, que se colocan típicamente en el sotobosque o niveles bajos del dosel, son altamente efectivas para capturar especies de este tipo, que pasan gran parte de su tiempo alimentándose y habitando estos estratos (Hilty y Brown, 1986; Hilty, 2021; Remsen y Good, 1996; Dobkin y Rich, 1998).

Es importante destacar que la manipulación de las aves capturadas permitió la recolección de datos biológicos fundamentales, que no solo son valiosos para estudios taxonómicos y de ecología poblacional, sino que también amplían las colecciones biológicas institucionales (UIS-AV y UIS-CT), con datos que son esenciales para su futura investigación (Arbeláez-Cortés et al., 2017; Arbeláez-Cortés et al., 2020; Cuervo et al., 2006; Villarreal et al., 2004; Winker, 2000). En particular, la taxidermia y el manejo de especímenes capturados en este estudio son congruentes con buenas prácticas en el campo de la ornitología, donde la conservación de especímenes permite la verificación, la estimación de su valor, el estudio de la variabilidad morfológica y genética a lo largo del tiempo. (Arbeláez-Cortés et al., 2017; Arbeláez-Cortés et al., 2020; Winker, 2000).

La recolecta de 108 especímenes taxidermizados aumenta no solo la información sobre especies recolectadas en Santander, sino la calidad y representación regional de una colección biológica local, como lo es la UIS-AV (Arbelaez-Cortés et al., en prensa).

La taxidermia de especies que no habían sido colectadas en mucho tiempo (ej. *Geotrygon montana* y *Taraba major*) y que son novedosas para la colección (eg. *Pheugopedius spadix* y *Euphonia concinna*) destaca la importancia de los esfuerzos de recolección continuos para mantener actualizadas las colecciones científicas y sustentar datos que pueden reflejar cambios en la distribución y abundancia de especies (Arbeláez-Cortés et al., 2017; Arbeláez-Cortés et al., 2020; Cuervo et al., 2006; Remsen, 1995; Winker, 2000). Además, la mejoría en las habilidades de taxidermia del pasante, como se detalla en los resultados, refleja la importancia de la formación práctica en el manejo de especímenes científicos, que es crucial para asegurar la calidad y utilidad a largo plazo de las colecciones biológicas (Winker, 2000).

Los análisis multivariados mediante NMDS y las regresiones lineales llevados a cabo por métodos indirectos (grabaciones y observaciones) y métodos directos (capturas en redes de niebla) indican que la altitud no es un factor determinante en la composición de especies en los bosques aledaños del valle del Rio Magdalena Santanderano. Los valores obtenidos en el NMDS (estrés = 0.087 para grabaciones y observaciones y estrés = 0.038 para capturas en redes de niebla) indican un muy buen ajuste para la interpretación de los resultados. Sin embargo, tanto el análisis de regresión lineal como el ajuste revelaron que, aunque la altitud tiene una relación estadísticamente significativa con la variabilidad en la primera dimensión del NMDS para los métodos indirectos ($R^2 = 0.058$, $p < 0.001$), solo explica un 5.8% de la variabilidad, lo que sugiere que este factor tiene una influencia mínima sobre la composición de especies. Los resultados fueron aún menos significativos cuando se analizaron las capturas por redes de niebla ($R^2 = < 0.001$, $p = 0.312$), lo

que indica que la altitud en esta región de Santander no es un predictor de la distribución de especies en este estudio.

La baja influencia de la altitud en la composición de especies en estas localidades Santandereanas contrasta con estudios realizados en otras regiones tropicales, donde se ha observado una fuerte correlación entre la altitud y la diversidad de especies (Rahbek, 1995; Terborgh, 1977). En zonas de montaña, es común observar que la riqueza de especies disminuye con el aumento de la altitud debido a cambios en las condiciones climáticas y la estructura del hábitat, así como la disponibilidad de recursos (Faaborg et al., 2010). Sin embargo, los resultados obtenidos para los bosques estudiados sugieren que otros factores, juegan un papel más importante que la altitud en la determinación de la composición de especies. Este resultado resulta relevante dado que en gran medida los bosques del Magdalena medio Santandereano quedan como remanentes en sectores pendientes en serranías bajas que hay en la región, mientras que en las tierras planas y de baja altitud ya se han deforestado en gran medida (Echeverría-Londoño et al., 2016; Arbeláez-Cortés et al., 2021). Los resultados de este estudio sugieren que la avifauna que se mantiene en bosques húmedos del Magdalena medio a elevaciones entre 500 y 800 m s.n.m podrían mantener gran parte de la diversidad de la avifauna de la región, pero al estar fragmentados y separados por amplias zonas modificadas por actividad antrópica su conservación es prioritaria y se requiere de un mayor estudio para evaluar si su diversidad es viable o si solo son bosques que no han “pagado” la deuda de extirpación local (Echeverría-Londoño et al., 2016)

Uno de los posibles factores que puede explicar la falta de una correlación significativa entre la altitud y la composición de especies es la limitada variación altitudinal en el área de estudio (104.5m-1031m). Aunque las localidades se encuentran en diferentes elevaciones, el rango altitudinal no es lo suficientemente amplio como para generar diferencias notables en las

comunidades, además casi la mayoría de aves que concurren en tierras bajas comparten un rango altitudinal de entre 0 m s.n.m y 1200 m s.n.m (Hilty, 2021, Hilty y Brown, 1986) Esto es consistente con estudios previos que han encontrado que, en áreas con un rango altitudinal relativamente pequeño, las diferencias en la vegetación y la estructura del hábitat suelen tener un mayor impacto en la distribución de las especies que la altitud por sí sola (Remsen y Good, 1996). No obstante, esta singularidad de la composición de especies en el gradiente altitudinal de las serranías del Magdalena medio Santandereano podría abrir la posibilidad para la conservación de la biodiversidad de estos bosques húmedos altamente transformados en la parte baja y plana de esta región, como ya se comentó arriba.

Los agrupamientos de localidades en función de la composición de especies (Figura 7 y 8), sugieren que ciertas localidades comparten una mayor similitud en su avifauna, probablemente debido a características ecológicas comunes. Sin embargo, la falta de un patrón claro relacionado con la altitud sugiere que las especies están distribuidas en función de otros factores. Por ejemplo, las diferencias en el grado de intervención humana, la conectividad del paisaje y la disponibilidad de recursos pueden estar influenciando la composición de aves de cada localidad (Sutherland et al., 2004).

Al comparar los resultados de las capturas con redes de niebla y los registros de grabaciones y observaciones, en ambos casos la altitud no tuvo una influencia significativa en la composición de especies ($R^2 = 0.222$, $p = 0.833$ para redes de niebla). Esto refuerza la idea de que, independientemente del método de muestreo utilizado, la altitud no es un factor clave en la distribución de especies en las localidades estudiadas. Las redes de niebla, que capturan principalmente especies que habitan el sotobosque y los estratos bajos del dosel (Remsen y Good, 1996), y las grabaciones, que detectan una gama más amplia de especies a través de vocalizaciones

(Whitman et al., 1997; Esquivel y Peris, 2008; Kułaga et al., 2019), proporcionan datos complementarios que permiten una evaluación más completa de la avifauna. No obstante, en ambos casos, la variabilidad en la composición de especies parece estar más influenciada por factores locales y específicos del hábitat que por la altitud.

Finalmente, al realizar la comparación de la eficacia de los dos métodos de muestreo empleados en este estudio, grabaciones de vocalizaciones y capturas en redes de niebla, reveló diferencias significativas en la detección de especies de aves entre las localidades ($\chi^2 = 14.524$, $p < 0.001$). Mientras que las grabaciones registraron 117 especies que no fueron capturadas mediante redes de niebla, 15 especies capturadas por redes no fueron detectadas en las grabaciones. Esta divergencia en los resultados refleja la capacidad de cada método para detectar diferentes grupos de especies según su comportamiento, ecología y hábitat.

6. Conclusiones

Este trabajo llenó vacíos de información biológica a nivel local mediante la recolección de especímenes científicos y el uso de técnicas de grabaciones de vocalizaciones para identificación de las aves. La combinación de estos métodos generó una gran cantidad de información sobre la avifauna en los bosques húmedos tropicales aledaños al valle del río Magdalena en Santander, Colombia.

Los resultados en términos de riqueza de especies, considerando el esfuerzo de muestreo, revelaron que se registraron 215 especies en los bosques aledaños al valle del Río Magdalena, lo que demuestra una notable efectividad en la identificación de la avifauna local. Además, se añadieron 44 especies nuevas a los registros bioacústicos de Santander, lo que representa un aporte significativo al conocimiento de la biodiversidad en la región. Asimismo, se integraron a las colecciones biológicas (UIS-CT y UIS-AV) especies que no habían sido colectadas o llevaban

mucho tiempo sin ser recolectadas, lo que subraya la importancia de mantener esfuerzos de recolección continuos para la preservación y el estudio de la biodiversidad regional. Estos hechos refuerzan la importancia de combinar diferentes métodos de muestreo para lograr una comprensión integral de la biodiversidad en los bosques tropicales y demás zonas de Santander.

Para finalizar hay que destacar bosques remanentes del Magdalena Medio Santandereano, a pesar de su fragmentación, desempeñan un papel crucial en la diversidad de la avifauna regional y por lo tanto en su conservación. La pérdida de hábitat y la "deuda de extinción" representan amenazas significativas para la biodiversidad de la región. Es imprescindible la realización de más investigaciones y así contar con más soportes para efectuar medidas de conservación efectivas con el fin de proteger los ecosistemas que esta región alberga y con ello garantizar la supervivencia de las especies que allí residen. La conservación de estos bosques no solo es esencial para las aves, sino también para el bienestar de la región y sus habitantes.

7. Recomendaciones

Los resultados de este estudio resaltan el valor de las grabaciones de vocalizaciones para el estudio de la avifauna, especialmente para llenar vacíos informativos en regiones con una alta diversidad de especies como lo es el valle del Rio Magdalena Santanderano. Se recomienda continuar e intensificar la investigación bioacústica en la región, así como complementar las metodologías empleadas para maximizar la obtención de información sobre la biodiversidad local. Esto permitirá no solo documentar la presencia de especies, sino también detectar cambios en su variación vocal, distribución, abundancia, etc. a lo largo del tiempo, proporcionando información biológica crucial para la conservación. Así mismo, tratar de implementar en la colección biológica

un repositorio o biblioteca de paisajes sonoros o vocalizaciones, porque, así como los especímenes científicos, las grabaciones, representan un registro histórico de una zona o sitio de estudio.

Del mismo modo es imperativo continuar con los esfuerzos de recolección y preservación de especímenes científicos, incluyendo tejidos y datos biológicos bien documentados, para asegurar que las colecciones biológicas UIS-AV y UIS-CT sigan siendo un recurso relevante y actualizado para la realización de futuras investigaciones.

8. Referencias Bibliográficas

- Ángel, J. D. R. (2005). Los sedimentos del río Magdalena: reflejo de la crisis ambiental. Universidad Eafit.
- Arbeláez-Cortés, E., Villamizar-Escalante, D., & Trujillo-Arias, N. (2021). New voucher specimens and tissue samples from an avifaunal survey of the Middle Magdalena Valley of Bolívar, Colombia, bridge geographical and temporal gaps. *The Wilson Journal of Ornithology*. doi:10.1676/20-56
- Arbeláez-Cortés, E., Arenas-Vega, B., Rodríguez-Rey, A., Barreto-Vargas, S. A., & Avendaño, J. E. (2023). Primera expedición ornitológica a Coromoro, Santander, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 27(1), 131-144
- Arbeláez-Cortés, E., & Trujillo-Arias, N. (2021). Role of the Chicamocha River Canyon on the phylogeography of humid montane forest birds in Colombia. *Journal of Avian Biology*, 52(11).
- Arbeláez-Cortés, E., (2013). Knowledge of Colombian biodiversity: published and indexed. - *Biodiversity and Conservation*, 22: 2875-2906.
- Arbeláez-Cortés, E., A. R. Acosta-Galvis, C. DoNascimento, D. Espitia-Reina, A. González-Alvarado, & C. A. Medina. (2017). Knowledge linked to museum specimen vouchers: measuring scientific production from a major biological collection in Colombia. *Scientometrics* 112:1323–1341.
- Arbeláez-Cortés, E., Villamizar-Escalante, D., & Rondón-González, F. (2020). On birds of Santander-Bio Expeditions, quantifying the cost of collecting voucher specimens in Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 37-60.

- Arif, M., Hedley, R., & Bayne, E. (2020). Testing the Accuracy of a birdNET, Automatic bird song Classifier.
- Aristizábal, N., Molina-Pérez, A., & Martínez-Morales, M. A. (2015). Distribución de las aves en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Boletín De La Sociedad Antioqueña De Ornitología*, 25(2), 55-66.
- Avendaño, J. E. (2017). Una breve historia de la ornitología colombiana y sus inicios en Santander. *Colores al vuelo*. Bucaramanga: División de publicaciones UIS, 27-48.
- Ayerbe-Quiñonez, F. (2018). Guía ilustrada de la avifauna colombiana. Bogotá, Colombia: Wildlife Conservation Society. pp 212.
- Bennett, G. (2004). Integrating biodiversity conservation and sustainable use: lessons learned from ecological networks. IUCN.
- Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., & Mustoe, S. (2000). Bird census techniques. Elsevier.
- Bota, G., Manzano-Rubio, R., Catalán, L., Gómez-Catasús, J., & Pérez-Granados, C. (2023). Hearing to the unseen: AudioMoth and BirdNET as a cheap and easy method for monitoring cryptic bird species. *Sensors*, 23(16), 7176.
- Castaño-Villa, G. J., Santisteban-Arenas, R., Hoyos-Jaramillo, A., Estévez-Varón, J. V., & Fontúrbel, F. E. (2019). Foraging behavioural traits of tropical insectivorous birds lead to dissimilar communities in contrasting forest habitats. *Wildlife Biology*, 2019(1), 1-6.
- Cuervo, A. M., Stiles, F. G., Cadena, C. D., Toro, J. L., & Londoño, G. A. (2003). New and noteworthy bird records from the northern sector of the Western Andes of Colombia. *Bull. BOC*, 123(1).
- Cuervo, A., Cadena, D., y Parra, L. (2006). Seguir colectando aves en Colombia es imprescindible: un llamado a fortalecer las colecciones ornitológicas. *Ornitología Colombiana*, 4, 51-58.

- Deanna K. Dawson & Murray G. Efford. Bird population density estimated from acoustic signals. *Journal of Applied Ecology*, 2009; DOI: 10.1111/j.1365-2664.2009.01731.x
- Dinerstein, E., Olson, D. M., Graham, D. J., Webster, A. L., Primm, S. A., Bookbinder, M. P., & Ledec, G. (1995). Una evaluación del estado de conservación de las eco-regiones terrestres de América Latina y el Caribe (p. 135). Washington, DC, USA: Banco Mundial.
- Dobkin DS, Rich AC (1998) Comparison of line-transect, spot-map, and point-count surveys for birds in riparian habitats of the Great Basin. *Journal of Field Ornithology* 69:440–443
- Donegan TM, Avendaño-C JE, E. R. Briceño-L ER, Luna JC, Roa C, Parra R, Turner C, Sharp M, Huertas B. (2010) Aves de la Serranía de los Yariguíes y tierras bajas circundantes, Santander, Colombia. *Cotinga*.32:72-89.
- Drake A, de Zwaan DR, Altamirano TA, Wilson S, Hick K, Bravo C, Ibarra JT, Martin K. Combining point counts and autonomous recording units improves avian survey efficacy across elevational gradients on two continents. *Ecol Evol*. 2021 Jun 1;11(13):8654-8682. doi: 10.1002/ece3.7678. PMID: 34257921; PMCID: PMC8258233.
- Echeverría-Londoño, S., Newbold, T., Hudson, L.N., Contu, S., Hill, S.L.L., Lysenko, I., Arbeláez-Cortés, E., Armbrecht, I., Boekhout, T., Cabra-García, J., Dominguez-Haydar, Y., Nates-Parra, G., Gutiérrez-Lamus, D.L., Higuera, D., Isaacs-Cubides, P.J., López-Quintero, C.A., Martínez, E., Miranda-Esquivel, D.R., Navarro-Iriarte, L.E., Noriega, J.A., Otavo, S.E., Parra-H, A., Poveda, K., Ramirez-Pinilla, M.P., Rey-Velasco, J.C., Rosselli, L., Smith-Pardo, A.H., Urbina-Cardona, J.N. and Purvis, A. (2016), Modelling and projecting the response of local assemblage composition to land use change across Colombia. *Diversity Distrib.*, 22: 1099-1111. <https://doi.org/10.1111/ddi.12478>
- Mattos, Alberto & Peris, Salvador. (2008). Influence of time of day, duration and number

- of counts in point count sampling of birds in an atlantic forest of Paraguay. *Ornitologia Neotropical*, 19.
- Faaborg, J., Holmes, R. T., Anders, A. D., Bildstein, K. L., Dugger, K. M., Gauthreaux, S. A., ... & Marra, P. P. (2010). Recent advances in understanding migration systems of New World land birds. *Ecological Monographs*, 80(1), 3-48.
- Figueroa, K., Garzón, F., Iglesias, L., Peña, M., & Salazar, K. (2015). Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del Rio Magdalena.
- Fraixedas, S., Lindén, A., Piha, M., Cabeza, M., Gregory, R., & Lehtikoinen, A. (2020). A state-of-the-art review on birds as indicators of biodiversity: Advances, challenges, and future directions. *Ecological Indicators*, 118, 106728.
- Gibb, R., Browning, E., Glover-Kapfer, P., & Jones, K. E. (2019). Emerging opportunities and challenges for passive acoustics in ecological assessment and monitoring. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(2), 169-185.
- Gill, F., Donsker, D., and Rasmussen, P. (Eds). 2023. IOC World Bird List (v 13.1). Doi 10.14344/IOC.ML.13.1. <http://www.worldbirdnames.org/>
- Gregory, R. D., Noble, D., Field, R., Marchant, J., Raven, M., & Gibbons, D. W. (2003). Using birds as indicators of biodiversity. *Ornis hungarica*, 12(13), 11-24
- Haselmayer, J., & Quinn, J. S. (2000). A comparison of point counts and sound recording as bird survey methods in Amazonian southeast Peru. *The Condor*, 102(4), 887-893.
- Hillebrand, H., & Matthiessen, B. (2009). Biodiversity in a complex world: consolidation and progress in functional biodiversity research. *Ecology letters*, 12(12), 1405-1419.
- Hilty, S. L., Brown, W. L., & Brown, B. (1986). A guide to the birds of Colombia. Princeton University Press.

- Hilty, S.L (2021). Birds of Colombia. Lynx and BirdLife International Field Guides. Lynx Edicions, Barcelona.
- Hutto, Richard & Pletschet, Sandra & Hendricks, Paul. (1986). A Fixed-radius Point Count Method for Nonbreeding and Breeding Season Use. *The Auk*. 103. 593-602. 10.1093/auk/103.3.593.
- K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics at the Cornell Lab of Ornithology. (2023). Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.6.5)
- Kahl, S., Wood, C. M., Eibl, M., & Klinck, H. (2021). *BirdNET Analyzer* [Software 1.2.0]. Cornell Lab of Ornithology, Cornell University.
- Kahl, S., Wood, C. M., Eibl, M., & Klinck, H. (2021). BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. *Ecological Informatics*, 61, 101236.
- Kattan, G. H., & Franco, P. (2004). Bird diversity along elevational gradients in the Andes of Colombia: area and mass effects. *Global Ecology and Biogeography*, 13(5), 451-458.
- Kavanagh, R. P., & Peake, P. (1993). Survey procedures for nocturnal forest birds: an evaluation of variability in census results due to temporal factors, weather and technique. *Australian raptor studies*, 86-100.
- Kenkel, N. C. (2006). On selecting an appropriate multivariate analysis. *Canadian Journal of Plant Science*, 86(3), 663-676.
- Kułaga K, Budka M. (2019) Bird species detection by an observer and an autonomous sound recorder in two different environments: Forest and farmland. *PLoS One*. 2019 Feb 7;14(2):e0211970. doi: 10.1371/journal.pone.0211970. PMID: 30730984; PMCID: PMC6366782.

- Lynch, James F. 1995. Effects of Point Count Duration, Time-of-Day, and Aural Stimuli on Detectability of Migratory and Resident Bird Species in Quintana Roo, Mexico. In: Ralph, C. John; Sauer, John R.; Droege, Sam, technical editors. 1995. Monitoring bird populations by point counts. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-149. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station: p. 1-6
- Maciel-Mata, C. A., Manríquez-Morán, N., Octavio-Aguilar, P., & Sánchez-Rojas, G. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta universitaria*, 25(2), 03-19.
- Maclaurin, J., & Sterelny, K. (2008). *What is biodiversity?*. University of Chicago Press.
- Magurran, A. E., & McGill, B. J. (Eds.). (2010). *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. OUP Oxford.
- Martínez-Sánchez, E. T., Cardona-Romero, M., Rivera-Páez, F. A., Pérez-Cárdenas, J. E., & Castaño-Villa, G. J. (2018). Contribution of agroecosystems to the conservation of bird diversity in the department of Caldas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 71(2), 8445-8457.
- Mekonen, S. (2017). Birds as biodiversity and environmental indicator. *Indicator*, 7(21).
- Milano, A. (2024). *How to Eavesdrop on Birds: Evaluating the Effectiveness of Passive Acoustic Monitoring and BirdNET Artificial Intelligence for Avian Population Monitoring*.
- Miller, M. J. (2017). *HBW and birdlife international illustrated checklist of the birds of the world volume 2: passerines*.
- Monte, A., da Silva, M. L., & Gahr, M. (2023). Absence of song suggests heterogeneity of vocal-production learning in hummingbirds. *Journal of Ornithology*, 164(3), 721-727.

- Obrist, M. K., Pavan, G., Sueur, J., Riede, K., Llusia, D., & Márquez, R. (2010). Bioacoustics approaches in biodiversity inventories. *Abc Taxa*, 8, 68-99.
- Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlinn D, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Szoecs E, Wagner H (2023). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-4. URL <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Pacheco-Vargas, G., Sánchez-Guzmán, J., & Losada-Prado, S. (2018). Caracterización de la comunidad de aves asociada a los humedales de zonas bajas del departamento del Tolima, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 190–201. <https://doi.org/10.21068/c2018.v19n01a12>
- Pinzón Arias, M., Herrera, Y., Acosta-Galvis, A., Albornoz-Garzón, J. G., Botero, A., DoNascimento, C., ... & Tovar, E. (2019). Santander Bio. Resultados, retos y oportunidades.
- Rahbek, C. (1995). The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography*, 18(2), 200-205.
- Read, A. F., & Weary, D. M. (1992). The evolution of bird song: comparative analyses. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 338(1284), 165-187.
- Remsen Jr, J. V. (2015). *HBW and BirdLife International Illustrated Checklist of the Birds of the World Volume 1: Non-passerines*.
- Remsen, J. V., & Good, D. A. (1996). Misuse of data from mist-net captures to assess relative abundance in bird populations. *The Auk*, 113(2), 381-398.

- Rivera-Gutiérrez, H. F. (2006). Composición y estructura de una comunidad de aves en un área suburbana en el suroccidente colombiano: composition and structure of a suburban bird community in southwestern Colombia. *Ornitología colombiana*, (4), 28-38.
- Rondón F. (2017). *Colores al Vuelo. Aves en ecosistemas de Santander*. En Universidad Industrial de Santander, editor(s). Bucaramanga: División de publicaciones UIS.2017. (pp 51-167). RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Ruiz-Gutierrez, Viviana & Berlanga, H. & Calderón-Parra, Rafael & Savarino Drago, Annamaria & Gómez, Miguel & Contreras, Vicente. (2020). *Manual Ilustrado: PROALAS (Programa de América Latina para las Aves Silvestres)*.
- Santisteban-Arenas, Rafael & Castaño-villa, Gabriel & Estevez, Jaime & Fontúrbel, Francisco. (2019). Foraging behavioural traits of tropical insectivorous birds lead to dissimilar communities in contrasting forest habitats. *Wildlife Biology*. 2019. 1 - 6. 10.2981/wlb.00483.
- Scholes III, Ph.D. E (2015). Macaulay Library Audio and Video Collection. Cornell Lab of Ornithology. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ckcdpy> accessed via GBIF.org on 2024-08-13.
- Shaw, T., Hedes, R., Sandstrom, A., Ruete, A., Hiron, M., Hedblom, M., ... & Mikusiński, G. (2021). Hybrid bioacoustic and ecoacoustic analyses provide new links between bird assemblages and habitat quality in a winter boreal forest. *Environmental and Sustainability Indicators*, 11, 100141.
- Shivanna, K. R. (2022). Climate change and its impact on biodiversity and human welfare. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 88(2), 160-171.

- Stiles, F. G., Rosselli, L., & Bohorquez, C. I. (1999). New and noteworthy records of birds from the middle Magdalena valley of Colombia. *Bulletin-British Ornithologists Club*, 119, 113-128.
- Sullivan, B.L., C.L. Wood, M.J. Iliff, R.E. Bonney, D. Fink, and S. Kelling. (2009). eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation* 142: 2282-2292.
- Sutherland, W. J., Newton, I., & Green, R. (2004). *Bird ecology and conservation: a handbook of techniques* (Vol. 1). OUP Oxford.
- Terborgh, J. (1977). Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology*, 58(5), 1007-1019.
- Velásquez-Tibatá, J., García-Montoya, N. G., & Vargas-Fernández, I. (2016). Diversidad de aves en el Parque Nacional Natural Tatamá, Valle del Cauca y Risaralda, Colombia. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 40(156), 163-170.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., & Umaña, A. M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Whitman, A.A., Hagan, J.M., & Brokaw, N.V. (1997). A comparison of two bird survey techniques used in a subtropical forest. *The Condor*, 99, 955-965.
- Whittaker, R. J., Araújo, M. B., Jepson, P., Ladle, R. J., Watson, J. E., & Willis, K. J. (2005). Conservation biogeography: assessment and prospect. *Diversity and Distributions*, 11(1), 3-23.

- Wickham H (2007). *Reshaping Data with the reshape Package*. Journal of Statistical Software, 21(12), 1-20. URL <http://www.jstatsoft.org/v21/i12/>. Wickham H, Averick M, Bryan J, Chang W, D'Agostino McGowan L, François R, Grolemund G, Hayes A, Henry L, Hester J, Kuhn M, Lin Pedersen T, Miller E, Milton Bache S, Müller K, Ooms J, Robinson D, Seidel C, Spinu V, Takahashi K, Vaughan D, Wilke C, Woo K, Yutani H (2023). *ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics*. R package version 3.4.4. URL <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2>.
- Wickham H, François R, Henry L, Müller K (2023). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.1.3. URL <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.
- Wieczorek J, Bloom D, Guralnick R, Blum S, Döring M, et al. (2012) Darwin Core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard. PLoS ONE 7(1): e29715.
- Winker, K. (2000). Obtaining, preserving, and preparing bird specimens. Journal of Field Ornithology, 71(2), 250-297.
- Xeno-canto Foundation for Nature Sounds (2018): Registros de Colombia disponibles en Xeno-canto. v2.2. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia - SiB. Dataset/Occurrence.
- Young, B. E., Young, K. R., & Josse, C. (2011). Vulnerabilidad de los ecosistemas de los Andes tropicales al cambio climático. Cambio climático y biodiversidad en los Andes tropicales, 195.
- Zhao, Z., Xu, Z. Y., Bellisario, K., Zeng, R. W., Li, N., Zhou, W. Y., & Pijanowski, B. C. (2019). How well do acoustic indices measure biodiversity? Computational experiments to determine effect of sound unit shape, vocalization intensity, and frequency of vocalization occurrence on performance of acoustic indices. Ecological Indicators, 107, 105588.

Apéndices

Apéndice A. Evidencias del trabajo en campo. A. Proceso de taxidermia de *Pheugopedius spadix*. B. Manejo y captura en red de niebla. C. Especímenes recolectados en el Manantial de la Aurora. D. Disposición de la grabadora en interior de bosque. E. Vegetación general de las localidades visitadas. F. Especímen capturado en red de niebla *Onychorhynchus coronatus*.



Apéndice B. Especies registradas (n = 215) en cada localidad del estudio de los bosques aledaños al Río Magdalena en Santander, Colombia. Las filas representan las especies, las columnas las localidades, y las casillas contienen códigos que indican el método con el que se registró por localidad ('G' para grabación, 'O' para observación, 'C' para captura en red de niebla y '-' para no registrada).

Taxón	El Porvenir	Manantial de la Aurora	Sector alto finca Tierra Nau	Sector bajo finca Tierra Nau
TINAMIFORMES				
Tinamidae				
<i>Crypturellus soui</i>	G	G	G	G,O
<i>Tinamus major</i>	G	G,O	G	-
GALLIFORMES				
Cracidae				
<i>Aburria aburri</i>	-	-	G,O	-
<i>Ortalis columbiana</i>	G,O	G,O	G,O	-
COLUMBIFORMES				
Columbidae				
<i>Claravis pretiosa</i>	G,O	G	G	-
<i>Columbina talpacoti</i>	G	G	-	-
<i>Geotrygon montana</i>	G	G,C	G,O	G
<i>Leptotila verreauxi</i>	G,C	G,O,C	G,O	O
<i>Patagioenas plumbea</i>	-	G	G	-
<i>Patagioenas speciosa</i>	G	G,O	G,O	G
<i>Patagioenas subvinacea</i>	-	-	G	-
CAPRIMULGIFORMES				
Nyctibiidae				
<i>Nyctibius griseus</i>	G	-	-	O
<i>Nyctidromus albicollis</i>	G,O	-	O	O
APODIFORMES				
Trochilidae				
<i>Amazilia tzacatl</i>	G,O,C	G,O,C	G,O	G,O
<i>Chalybura buffonii</i>	-	O,C	G,O,C	O,C
<i>Chrysuronia goudoti</i>	O	-	-	-
<i>Discosura conversii</i>	-	O	-	-
<i>Eutoxeres aquila</i>	-	-	C	-
<i>Florisuga mellivora</i>	-	O,C	-	-
<i>Glaucis hirsutus</i>	-	O	O,C	G
<i>Heliathryx barroti</i>	-	-	O	-
<i>Phaethornis anthophilus</i>	O,C	G,O,C	O,C	G,C

<i>Phaethornis guy</i>	-	-	O,C	O
<i>Phaethornis longirostris</i>	G	-	G,O,C	O,C
<i>Phaethornis striigularis</i>	-	O,C	O	O,C
<i>Polyerata amabilis</i>	O,C	O	O,C	-
<i>Threnetes ruckeri</i>	C	-	C	O,C
CUCULIFORMES				
Cuculidae				
<i>Crotophaga ani</i>	O	-	-	-
<i>Crotophaga major</i>	G,O	-	-	-
<i>Piaya cayana</i>	G	G	-	G
<i>Tapera naevia</i>	G	-	-	-
GRUIFORMES				
Rallidae				
<i>Aramides cajaneus</i>	-	G	-	-
<i>Rufirallus viridis</i>	-	G	-	-
PELECANIFORMES				
Threskiornithidae				
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	G	-	-	-
STRIGIFORMES				
Strigidae				
<i>Megascops choliba</i>	G	-	O	-
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	-	G,O	-	-
<i>Strix nigrolineata</i>	G	-	-	-
<i>Strix virgata</i>	-	-	G	G
CATHARTIFORMES				
Cathartidae				
<i>Cathartes aura</i>	-	O	-	O
ACCIPITRIFORMES				
Accipitridae				
<i>Buteo nitidus</i>	-	-	-	O
<i>Elanoides forficatus</i>	G	-	-	-
<i>Ictinia plumbea</i>	-	-	-	O
<i>Rupornis magnirostris</i>	G,O	G	-	O
<i>Spizaetus tyrannus</i>	-	-	G	-
TROGONIFORMES				
Trogonidae				
<i>Trogon caligatus</i>	G	-	G	-
<i>Trogon chionurus</i>	G	-	G,O	G
<i>Trogon collaris</i>	G	-	-	-
<i>Trogon cupreicauda</i>	-	-	G,C	G
CORACIIFORMES				
Momotidae				
<i>Momotus subrufescens</i>	-	-	G	-

Alcedinidae				
<i>Chloroceryle aenea</i>	C	-	-	-
<i>Chloroceryle inda</i>	C	-	-	-
GALBULIFORMES				
Galbulidae				
<i>Galbula ruficauda</i>	G	G	-	G,O
Bucconidae				
<i>Malacoptila panamensis</i>	-	-	G	-
<i>Notharchus hyperrhynchus</i>	-	-	-	G
<i>Nystalus radiatus</i>	-	-	G	O
PICIFORMES				
Ramphastidae				
<i>Pteroglossus torquatus</i>	G,O	-	-	O
<i>Ramphastos ambiguus</i>	G,O	-	G,O	O
<i>Ramphastos vitellinus</i>	G	G,O	G,O	G
Picidae				
<i>Campephilus melanoleucos</i>	G	G,O	G,O	-
<i>Colaptes punctigula</i>	-	O	-	O
<i>Dendroplex picus</i>	G,O,C	G	-	O
<i>Dryobates kirkii</i>	-	-	G,O	O,C
<i>Dryocopus lineatus</i>	G	G	G	O
<i>Melanerpes pulcher</i>	-	G	-	O
<i>Melanerpes rubricapillus</i>	G	G	O	O
<i>Picumnus olivaceus</i>	C	G,C	G	G,C
FALCONIFORMES				
Falconidae				
<i>Daptrius chimachima</i>	G,O	O	O	G
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	-	G	G	G
PSITTACIFORMES				
Psittacidae				
<i>Amazona amazonica</i>	G,O	-	-	-
<i>Amazona autumnalis</i>	O	-	-	-
<i>Amazona farinosa</i>	G	-	O	-
<i>Amazona ochrocephala</i>	G,O	-	G	-
<i>Brotogeris jugularis</i>	-	G	G	G,O
<i>Eupsittula pertinax</i>	G	-	-	-
<i>Pionus menstruus</i>	-	G	G,O	G
<i>Pyrrhuloxia pyrrhuloxia</i>	-	-	G	O
PASSERIFORMES				
Thamnophilidae				
<i>Cercomacra nigricans</i>	-	-	-	G
<i>Cercomacroides tyrannina</i>	-	G	G,O,C	G,O,C
<i>Cymbilaimus lineatus</i>	-	-	G	G

<i>Dysithamnus mentalis</i>	-	-	G	-
<i>Epinecrophylla fulviventris</i>	G	O	O,C	-
<i>Gymnocichla nudiceps</i>	G	-	-	-
<i>Gymnopithys bicolor</i>	-	-	O,C	G,C
<i>Microrhoppas quixensis</i>	-	-	-	G
<i>Myrmeciza longipes</i>	G	-	-	-
<i>Myrmotherula axillaris</i>	G	-	G,O,C	O
<i>Myrmotherula pacifica</i>	G,O	-	-	-
<i>Poliocrania exsul</i>	-	-	G	G
<i>Sipia palliata</i>	-	-	G	G
<i>Taraba major</i>	-	G,C	-	G
<i>Thamnophilus atrinucha</i>	G,O	O	G,O,C	O
<i>Thamnophilus doliatus</i>	-	G	G	-
<i>Thamnophilus multistriatus</i>	G	G	-	-
<i>Thamnophilus nigriceps</i>	G,O,C	-	G	O
Formicariidae				
<i>Formicarius analis</i>	G	G,O,C	G	-
Furnariidae				
<i>Campylorhamphus pusillus</i>	-	-	G	G
<i>Campylorhamphus trochilirostris</i>	-	-	G,O,C	-
<i>Clibanornis rubiginosus</i>	-	G	-	-
<i>Dendrocincla fuliginosa</i>	-	-	G,O,C	G,C
<i>Furnarius longirostris</i>	G	-	-	-
<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	G,O,C	G,C	G,O,C	-
<i>Legatus leucophaeus</i>	G,O	-	-	G
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	-	G	-	G
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	-	-	O	-
<i>Xenops minutus</i>	O,C	G,C	G,O,C	G,O
<i>Xiphorhynchus lachrymosus</i>	-	-	G,O	-
<i>Xiphorhynchus susurrans</i>	G	G,O,C	G,O,C	O,C
Pipridae				
<i>Ceratopipra erythrocephala</i>	G	-	G,O,C	G,C
<i>Corapipo leucorrhoea</i>	-	-	G,O,C	-
<i>Machaeropterus striolatus</i>	G,C	G,O,C	G,O,C	G,O
<i>Manacus manacus</i>	G,O,C	G,O,C	G,O,C	G,O,C
Oxyruncidae				
<i>Myiobius atricaudus</i>	-	-	G	C
<i>Onychorhynchus coronatus</i>	-	-	O,C	O,C
<i>Terenotriccus erythrurus</i>	G	O	G,O,C	C
Tityridae				
<i>Laniocera rufescens</i>	-	-	G	-
<i>Pachyramphus cinnamomeus</i>	G,O	-	G,O	-
<i>Pachyramphus polychopterus</i>	-	-	G	-

<i>Pachyramphus rufus</i>	-	-	-	O
<i>Schiffornis stenorhyncha</i>	O,C	-	-	-
<i>Tityra inquisitor</i>	O	-	O	O
<i>Tityra semifasciata</i>	-	-	-	O
Tyrannidae				
<i>Attila spadiceus</i>	G	G	G,O	G
<i>Camptostoma obsoletum</i>	G	-	-	-
<i>Colonia colonus</i>	-	-	G	G,O
<i>Elaenia flavogaster</i>	G	G	O	-
<i>Hylophilus flavipes</i>	G	G	-	G
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	G,C	G	G,O,C	-
<i>Leptopogon superciliaris</i>	-	G	-	-
<i>Megarynchus pitangua</i>	-	G	-	G
<i>Mionectes oleagineus</i>	G,O,C	G,O,C	G,O,C	O,C
<i>Myiarchus panamensis</i>	O	-	-	-
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	G,O	G	G,O,C	-
<i>Myiodynastes maculatus</i>	G,O,C	-	G	-
<i>Myiopagis gaimardii</i>	G	-	G,O	G
<i>Myiopagis viridicata</i>	-	-	G	-
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	O	-	-	-
<i>Myiozetetes cayannensis</i>	G	G	-	-
<i>Myiozetetes similis</i>	-	O	-	-
<i>Oncostoma olivaceum</i>	-	G	G,O,C	O,C
<i>Ornithion brunneicapillus</i>	G	-	G	-
<i>Philohydor lictor</i>	G	-	-	-
<i>Phyllomyias griseiceps</i>	G	G,O	G	G
<i>Pitangus sulphuratus</i>	G	G	O	O
<i>Poecilatriccus sylvia</i>	G	G	G	G
<i>Rhynchocyclus aequinoctialis</i>	-	G	-	-
<i>Sublegatus arenarum</i>	O	-	-	-
<i>Todirostrum cinereum</i>	-	O	O	G
<i>Todirostrum nigriceps</i>	G	-	G	G
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	G	G	G	G
<i>Tyrannulus elatus</i>	G	G	G	G
<i>Tyrannus melancholicus</i>	G	O	-	-
<i>Zimmerius chrysops</i>	-	G	G	-
Vireonidae				
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	-	-	G	G
<i>Pachysylvia decurtata</i>	-	-	G	G
<i>Pachysylvia semmibrunnea</i>	-	G	-	-
<i>Vireolanius eximius</i>	-	G	G	-
Corvidae				
<i>Cyanocorax affinis</i>	-	-	G,O	O

Poliopitidae				
<i>Microbates cinereiventris</i>	-	-	G,O,C	-
<i>Ramphocaenus melanurus</i>	G	-	G	G
Troglodytidae				
<i>Campylorhynchus griseus</i>	G	G	G	G
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	-	-	-	O
<i>Henicorhina leucophrys</i>	-	-	G	-
<i>Henicorhina leucosticta</i>	-	G,O,C	G,O,C	-
<i>Microcerculus marginatus</i>	-	G,O	G,O,C	G,O,C
<i>Pheugopedius fasciatoventris</i>	G,O	G	G,O	G,O
<i>Pheugopedius mystacalis</i>	-	-	G,O	-
<i>Pheugopedius rutilus</i>	-	-	G	-
<i>Pheugopedius spadix</i>	-	G,C	-	-
Mimidae				
<i>Mimus gilvus</i>	-	O	-	-
Turdidae				
<i>Catharus aurantiirostris</i>	-	-	-	G
<i>Turdus flavipes</i>	O	G,O,C	-	-
<i>Turdus ignobilis</i>	-	G,C	-	-
<i>Turdus leucomelas</i>	-	G,O,C	-	G
<i>Turdus nudigenis</i>	-	O,C	-	-
Fringillidae				
<i>Euphonia concinna</i>	-	-	C	-
<i>Euphonia fulvicrissa</i>	-	-	-	O
<i>Euphonia laniirostris</i>	O	G	O	G,C
Passerellidae				
<i>Arremon aurantiirostris</i>	G	G,O,C	G,O	G,O,C
Icteridae				
<i>Icterus auricapillus</i>	-	-	-	O
<i>Psarocolius decumanus</i>	G,O	-	-	G,O
Parulidae				
<i>Basileuterus culicivorus</i>	G	-	-	-
<i>Basileuterus delatirii</i>	-	G,O	-	G,O,C
<i>Myiothlypis fulvicauda</i>	G,O	G	G	G,O,C
<i>Setophaga pitiayumi</i>	-	-	G	-
Cardinalidae				
<i>Cyanoloxia cyanooides</i>	G	G	G,O,C	O,C
<i>Habia gutturalis</i>	-	G,O,C	G,O,C	G
Thraupidae				
<i>Asemospiza fuliginosa</i>	-	-	-	G
<i>Chlorophanes spiza</i>	G,O	G,O,C	G,O	O
<i>Coereba flaveola</i>	G,O	G,O	G,O,C	G
<i>Cyanerpes caeruleus</i>	-	G,O,C	O	-

<i>Cyanerpes cyaneus</i>	-	G,O	-	G
<i>Dacnis cayana</i>	G,O	G	G,O	-
<i>Dacnis lineata</i>	O	O	O	-
<i>Eucometis penicillata</i>	G	G	G	-
<i>Hemithraupis flavicollis</i>	-	-	O	O
<i>Loriotus luctuosus</i>	-	-	G,O,C	O
<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	O,C	G,O,C	G,O	G,O
<i>Saltator grossus</i>	-	G	G,O	-
<i>Saltator maximus</i>	G,O	G,O,C	G	G,O,C
<i>Saltator olivascens</i>	-	O	-	O
<i>Saltator striatipectus</i>	-	G,C	-	G,O
<i>Sporophila crassirostris</i>	-	G	-	-
<i>Sporophila funerea</i>	-	-	G,C	C
<i>Sporophila intermedia</i>	-	O	-	-
<i>Sporophila minuta</i>	-	O	-	-
<i>Sporophila nigricollis</i>	-	O,C	O	-
<i>Sporophila schistacea</i>	-	-	-	G
<i>Stilpnia cyanicollis</i>	-	O	G,O	-
<i>Stilpnia vitriolina</i>	-	O,C	-	-
<i>Tangara gyrola</i>	-	G,O	O	-
<i>Tersina viridis</i>	G,O	-	-	-
<i>Thraupis episcopus</i>	C	O	O	-
<i>Thraupis palmarum</i>	G	O	O	-
<i>Volatinia jacarina</i>	-	-	O	-