

# MORFOMETRÍA DE AVES MONTANAS EN EL CAÑON DEL CHICAMOCHA 1

Morfometría de Aves de Bosques Montanos a ambos lados del Cañon del Chicamocha,  
Santander - Colombia

Nathalia Andrea Ramirez Hernández

Trabajo de Grado para Optar al Título de Bióloga

Director

Enrique Arbeláez Cortés

Doctor en Ciencias Biológicas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2025

### **Dedicatoria**

Este proyecto se lo dedico a Víctor Manuel, mi nono, que todavía me lo encuentro en los verdes de las cordilleras, en medio de las flores, la lluvia y en todos los tonos de amarillo, por enseñarme a amar la vida.

A Christian, mi primo, a quien un día de abril le prometí que cada uno de mis logros serían, por igual, los suyos.

### **Agradecimientos**

Quisiera agradecerle a Enrique Arbeláez Cortés, mi director, por guiarme en este proceso, haber sido una luz de enseñanza y aprendizaje durante toda mi formación académica y por transmitirme la fascinación por la biología, la evolución y la historia. Escucharlo en las aulas ha sido un privilegio por el cual siempre estaré agradecida.

A la Universidad Industrial de Santander, por haber sido el espacio en el cual me permití amar esta carrera, cuestionarme y conocer a las personas que me han formado.

A Nelly, mi madre, por haber sido hogar, casa y raíz; por seguir sosteniéndome, cuidándome y permitiéndome soñar, siempre en grande, siempre donde yo quiera llegar.

A Omar, mi padre, por no dudar de mí en ningún momento, por recordarme lo orgulloso que está de mí todo el tiempo, tanto como yo lo estoy de él.

A Vale, mi hermana, por ser la motivación de cada paso que doy.

Quiero agradecer, con amor, a mis mejores amigas: Geraldine, Camila y Paula, por ser las mujeres que me cuidan, me escuchan y me hacen sentir amada y entendida en la vida.

A Lina, que ha sido como mi hermana, por las ilustraciones —en especial las que usé en este proyecto—, por haber sido sol durante toda mi vida universitaria y por no dejar de iluminar cada lugar donde llega.

A los amigos que me deja la universidad, en especial a Carlitos, por las salidas de campo, las risas, las charlas, el cuidado y por seguir dándome la mano para que no me caiga —en las montañas y en la vida—.

A la Gata, por haber sido mi amigo y compañero, por enseñarme a ver la ciencia con amor, pensar y cuestionarse a mi lado, cuestionarme, y por haber sido mi compañía durante la mayor parte de este trayecto.

## Tabla de contenido

Introducción .....	11
1. Objetivos .....	14
1.1 Objetivo general de la pasantía .....	14
1.2 Objetivo general de la pasante .....	14
1.2 Objetivos específicos .....	14
2. Competencias que desarrollo la pasante .....	15
3. Metodología .....	17
3.1 Selección de especies y especímenes.....	17
3.2 Mediciones morfométricas.....	18
3.3 Análisis de correlación entre mediciones .....	19
3.4 Análisis de dimorfismo sexual por especie.....	20
3.5 Análisis de correlación entre medidas morfométricas .....	20
3.6 Análisis de función discriminante (LDA).....	21
4. Resultados .....	24
5. Discusión.....	31
6. Conclusiones .....	36
7. Recomendaciones .....	37
Referencias Bibliográficas .....	38
Apéndices.....	43
.....	59

### Lista de Figuras

- Figura 1.** Mapa del área de estudio. En el panel izquierdo se muestra la ubicación del departamento de Santander, con el área de estudio resaltada en un recuadro. El panel derecho presenta un acercamiento al Cañon del Chicamocha, donde se indican las localidades de muestreo morfométrico mediante íconos de aves. Las localidades al norte y sur del Cañon están diferenciadas por el color de los íconos. Se incluyen principales drenajes y unidades topográficas relevantes. La intensidad del color se relaciona con la elevación sobre el nivel del mar, siendo los tonos claros las regiones a menor elevación. .... 17
- Figura 2.** Esquema ilustrativo de los caracteres morfológicos cuantificados para los análisis. Las mediciones corresponden a estructuras del pico, ala, cola y tarso..... 19
- Figura 3.** Diagramas de dispersión bivariados del **alto del pico** (mm), variable con mayor carga en la primera discriminante lineal (LD1), para individuos de poblaciones al norte (azul) y sur (rojo) del Cañon del Chicamocha. a. *Coeligena torquata*, b. *Basileuterus tristriatus*, c. *Arremon brunneinucha*, d. *Atlapetes albofrenatus*..... 30

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Procedencia de los especímenes de cada una de las especies en las diferentes localidades encontradas al norte y sur del Cañon del Chicamocha, Santander, Colombia. ....	<b>23</b>
<b>Tabla 2.</b> Promedios de medidas morfométricas (en mm) para individuos machos y hembras. Los valores de p corresponden a pruebas t de Student o pruebas de Wilcoxon según la distribución de cada variable. El asterisco (*) indica las diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) .....	<b>26</b>
<b>Tabla 3.</b> Coeficientes de la función discriminante lineal (LDA) para la separación entre poblaciones norte y sur en cada especie. Los valores indican el peso de cada variable morfométrica en la clasificación de los grupos. Coeficientes positivos o negativos reflejan la dirección del efecto de cada variable sobre la discriminación. Los valores de p corresponden a la significancia de la función discriminante en cada especie; el asterisco (*) indica significancia estadística ( $p < 0.05$ ). .....	<b>29</b>

### Lista de Apéndices

**Apéndice A.** Lista de especímenes analizados. Tabla con el código de museo, especie, municipio, localidad y elevación de los individuos muestreados utilizados en el análisis morfométrico. Todos los ejemplares pertenecen a la colección ornitológica del Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander (UIS-AV)..... **43**

**Apéndice B.** Matrices de correlación entre variables morfométricas. Mapas de calor que muestran los coeficientes de correlación de Pearson entre variables morfométricas en cada una de las especies analizadas. Las especies incluidas son *Arremon torquatus*, *Atlapetes albofrenatus*, *Basileuterus tristriatus*, *Coeligena torquata* y *Metallura tyrianthina*. Las variables evaluadas incluyen AltoPico, AnchoPico, Culmen, LargoAla, LargoCola y Tarso. Los valores están codificados por color, desde correlaciones negativas (morado) hasta positivas fuertes (amarillo).  
..... **59**

## Resumen

**Título:** Morfometría de Aves de Bosques Montanos a ambos lados del Cañon del Chicamocha, Santander - Colombia \*

**Autor:** Nathalia Andrea Ramirez Hernández\*\*

**Palabras Clave:** Variación morfométrica, aves montanas, barrera, Cañon del Chicamocha, colecciones biológicas

**Descripción:** El Cañon del Chicamocha es un accidente geográfico que corta parcialmente la vertiente occidental de la cordillera Oriental de los Andes en Santander, Colombia, interrumpiendo la continuidad de los bosques montanos que lo rodean. Esta configuración podría limitar el flujo genético entre poblaciones de aves que viven en esos bosques y favorecer la diferenciación fenotípica. Para evaluar si el Cañon actúa como una barrera que promueve diferencias morfométricas, se midieron seis caracteres (i.e., largo del pico, ancho del pico, culmen total, largo del ala, largo de la cola y largo del tarso) en 90 especímenes de cinco especies de aves de bosque montano (i.e., *Coeligena torquata*, *Metallura tyrianthina*, *Atlapetes albofrenatus*, *Arremon brunneinucha* y *Basileuterus tristriatus*), encontrados en la colección ornitológica de la UIS. En las especies con muestras suficientes de ambos sexos, se excluyeron las variables con dimorfismo sexual significativo. Se construyeron matrices de correlación para descartar colinealidad y se aplicó un Análisis Discriminante Lineal (LDA) por especie, clasificando a los individuos según su procedencia (norte o sur del Cañon). Los resultados indican que solo *Basileuterus tristriatus* presenta una divergencia morfométrica significativa ( $p = 0,005$ ) entre poblaciones a ambos lados del Cañon de Chicamocha, mientras que en las demás especies no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,13$ ). Esto sugiere que el Cañon del Chicamocha no constituye una barrera morfológica uniforme para las aves analizadas. Los hallazgos destacan que la divergencia fenotípica se relaciona con el grado de diferenciación genética previamente determinado para las poblaciones de las especies a ambos lados del Cañon. Se subraya el valor de

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Programa académico.  
Director: Enrique Arbeláez Cortés. Director en Ciencias Biológicas.

las colecciones biológicas y la necesidad de integrar datos genéticos, ecológicos y morfométricos para comprender los procesos de diversificación en sistemas montanos complejos.

**Abstract**

**Title:** Morphometrics of Montane Forest Birds on Both Sides of the Chicamocha Canyon, Santander – Colombia

**Author(s):** Nathalia Andrea Ramirez Hernández <sup>1</sup>

**Key Words:** Morphometric variation, montane birds, barrier, Chicamocha Canyon, biological collections

**Description:** The Chicamocha Canyon is a geographic feature that partially cuts across the western slope of the Eastern Cordillera of the Andes in Santander, Colombia, disrupting the continuity of the surrounding montane forests. This configuration may limit gene flow between bird populations inhabiting these forests and promote phenotypic differentiation. To evaluate whether the canyon acts as a barrier promoting morphometric divergence, six traits were measured (i.e., bill length, bill width, total culmen, wing length, tail length, and tarsus length) in 90 specimens of five montane forest bird species (i.e., *Coeligena torquata*, *Metallura tyrianthina*, *Atlapetes albofrenatus*, *Arremon brunneinucha*, and *Basileuterus tristriatus*), all obtained from the ornithological collection at UIS. In species with sufficient representation of both sexes, variables showing significant sexual dimorphism were excluded. Correlation matrices were constructed to assess collinearity, and a Linear Discriminant Analysis (LDA) was applied separately for each species, classifying individuals by their origin (north or south of the canyon). Results indicate that only *Basileuterus tristriatus* exhibits significant morphometric divergence ( $p = 0.005$ ) between populations on either side of the Chicamocha Canyon, while no statistically significant differences were detected in the other species ( $p > 0.13$ ). These findings suggest that the Chicamocha Canyon does not represent a consistent morphological barrier for the birds analyzed. The observed phenotypic divergence aligns with previously established patterns of genetic differentiation between populations across the canyon. This study underscores the value of biological collections and the importance of integrating genetic, ecological, and morphometric data to understand diversification processes in complex montane systems.

---

<sup>1</sup>Faculty of Sciences. Department of Biology  
Director: Enrique Arbeláez Cortés.

## Introducción

La variación morfométrica en aves, entendida como las diferencias en tamaño y forma de estructuras corporales como el pico, las alas o la cola, ha sido objeto de numerosos estudios en los Andes de Sudamérica, que han buscado comprender la diferenciación fenotípica y las adaptaciones de estas especies en un contexto montañoso tropical (Ramírez-Barrera et al., 2019; Teófilo De Abreu et al.; Trujillo-Arias et al., 2020; Freeman et al., 2023). Los Andes son un sistema de montañas vasto y complejo que incluye una serie de barreras naturales, como valles profundos y crestas montañosas, que separan o conectan poblaciones de aves a lo largo de su extensión. Estas barreras pueden influir significativamente en la estructura genética y morfológica de las poblaciones (Arbeláez-Cortés & Trujillo-Arias, 2021; Navas-Berdugo et al., 2010; Winger & Bates, 2015). Además de actuar como obstáculos físicos, estas barreras interactúan con factores ecológicos como la especialización altitudinal y la limitada capacidad de dispersión de muchas especies, lo que favorece la diferenciación entre poblaciones separadas (Cuervo, 2013). Así, el aislamiento geográfico, junto con la adaptación a condiciones locales, puede conducir a la formación de rasgos morfológicos distintivos (Freeman et al., 2023; Morales et al., 2021), resaltando el papel clave de los Andes en la generación y mantenimiento de la diversidad fenotípica de las aves neotropicales.

La Cordillera Oriental de Colombia se distingue por su riqueza, con más de 500 especies de aves registradas (Kattan & Franco, 2004). Esta riqueza se evidencia en los bosques montanos de la región, donde se han registrado más de 360 especies distribuidas en al menos 230 géneros,

pertenecientes a 41 familias y 17 órdenes (Barreto Vargas, 2024). En el flanco occidental de esta cordillera, el gradiente altitudinal se extiende desde los 500 m s. n. m. en el piedemonte del valle del Magdalena hasta elevaciones superiores a los 4000 metros, generando un mosaico de hábitats a lo largo de su pendiente. Esta variedad de condiciones altitudinales contribuye significativamente a la heterogeneidad ambiental y a la diversidad biológica de la región. Pero no solo la elevación hace parte de la heterogeneidad de esta cordillera, sino también la presencia del Cañón del Chicamocha, una profunda hendidura geográfica ubicada en el noreste de Colombia entre Santander y Boyacá. Este es el Cañón transversal más grande de Suramérica y está flanqueado por vastos bosques montanos (Etter & Villa, 2000). Estos bosques, ubicados a altitudes por encima de los 1.500 m (Tejedor-Garavito et al., 2012), son el hábitat de una gran variedad de aves endémicas y migratorias (Sánchez-González & Navarro-Sigüenza, 2009), pero su distribución a lo largo de la vertiente occidental de la Cordillera Oriental se ve interrumpida por el Cañón del río Chicamocha entre los departamentos de Santander y Boyacá.

Recientemente, se ha descubierto que este Cañón ha sido una barrera para el flujo genético de las diferentes poblaciones de aves que se encuentran en estos bosques montanos aledaños al Cañón desde hace aproximadamente tres millones de años (Arbeláez-Cortés & Trujillo-Arias, 2021; Cuervo, 2013). En el estudio reciente de Arbeláez-Cortés y Trujillo-Arias (2021), se ha demostrado que esta barrera ha dado lugar a diferenciaciones genéticas en poblaciones de aves de bosques montanos que se encuentran en ambos lados del Cañón, y como este patrón de aislamiento se ha encontrado en diferentes especies, sugiere que la estructura filogeográfica se debe al efecto del Cañón.

La ausencia de flujo génico entre estas poblaciones sugiere la posibilidad de que se hayan producido también diferencias fenotípicas, pero este es un aspecto que no se ha evaluado para las

aves en los bosques montanos que flanquean el Cañón del Chicamocha. Identificar la existencia de estas diferenciaciones en las poblaciones podría ser crucial para comprender si el Cañón del Chicamocha actúa como una barrera efectiva que promueve la diferenciación fenotípica en estas poblaciones de aves.

En lo que compete a este tipo de estudios que analizan la variación fenotípica en aves, las colecciones ornitológicas desempeñan un papel fundamental. Estos especímenes, cuidadosamente preservados, catalogados y sistematizados, representan un recurso invaluable para la investigación científica (Cuervo et al., 2006; Maximiano et al., 2020; Palacios et al., 2019), proporcionando una ventana al pasado al permitir comparar las características morfológicas de aves a lo largo del tiempo o a lo ancho de diferentes regiones geográficas (Cortés-Rodríguez et al., 2016; Navas-Berdugo et al., 2010).

Este estudio examinó la variación morfométrica en cuatro especies de aves distribuidas a ambos lados del Cañón del Chicamocha, con el fin de poner a prueba si esta barrera está asociada con una diferenciación morfométrica entre poblaciones. A partir del análisis de rasgos funcionales como pico, alas, cola y patas, se buscó determinar si las diferencias observadas eran suficientes para distinguir poblaciones del norte y del sur. De manera general, los resultados evidencian que las diferencias morfológicas entre las poblaciones del norte y sur del Cañón son poco marcadas. Aunque se detectaron variaciones en algunas características dentro de ciertas especies, únicamente *Basileuterus tristriatus* mostró una divergencia estadísticamente significativa. Esto sugiere que el Cañón del Chicamocha no constituye una barrera morfológica consistente, y que su efecto varía probablemente según las características ecológicas y evolutivas de cada especie.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general de la pasantía**

Brindar los medios para que la pasante desarrolle sus habilidades en métodos de investigación biológica para el análisis de la diferenciación fenotípica entre las poblaciones de aves en los bosques montanos a ambos lados del Cañon del Chicamocha en Santander.

### **1.2 Objetivo general de la pasante**

Obtener mediciones morfométricas de especímenes de museo de especies de aves de bosques montanos de Santander, para describir la diversidad fenotípica en poblaciones a ambos lados del Cañon del Chicamocha y evaluar si este Cañon se relaciona con diferencias entre estas poblaciones.

### **1.3 Objetivos específicos**

1. Construir una base de datos de medidas morfológicas precisas, rigurosamente tomadas a partir de los especímenes de las poblaciones de aves colectados en las regiones boscosas ubicadas a ambos lados del Cañon del Chicamocha y que se encuentran en la Colección de Ornitología de la UIS.
2. Realizar análisis estadísticos para evaluar si existen diferencias morfológicas significativas entre las poblaciones de aves de ambas regiones, empleando los datos morfológicos recopilados en el objetivo 1.

3. Buscar relaciones entre los resultados morfométricos y los resultados genéticos previamente obtenidos para algunas de las especies que se distribuyen en bosques montanos a ambos lados del Cañon del Chicamocha.

## 2. Competencias que desarrollo la pasante

La estudiante adquirió competencias en:

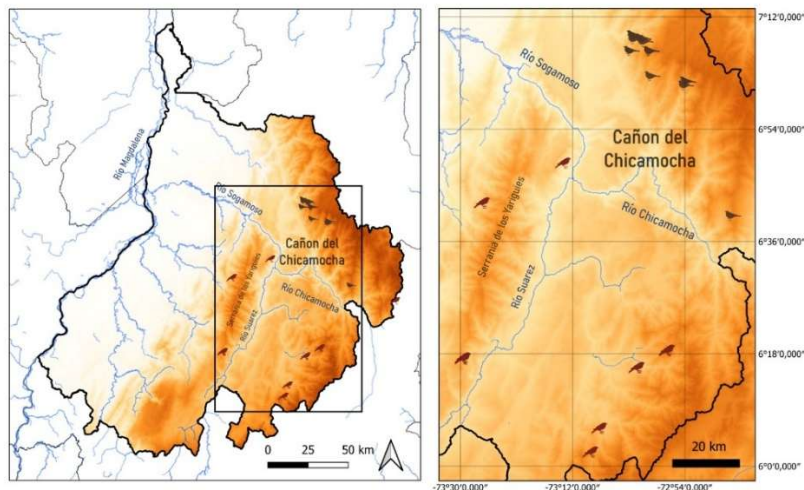
- **Técnica en morfometría:** al aprender a tomar medidas precisas de diferentes caracteres de los especímenes de aves de colección, siguiendo y ajustando protocolos estándar de medición.
- **Manejo de bases de datos:** al desarrollar habilidades para construir y manejar bases de datos de medidas morfológicas.
- **Análisis de datos morfológicos:** al aprender a realizar análisis estadísticos multivariados, y al evaluar la hipótesis de que existen diferencias morfológicas entre las poblaciones de aves separadas por una barrera.
- **Interpretación de datos genéticos y morfológicos:** al interpretar adecuadamente los resultados morfométricos, considerando otra información de las mismas especies, como datos genéticos, historia de vida y distribución geográfica, lo que le permitió entender mejor la diversidad fenotípica en las poblaciones de aves.
- **Comunicación científica:** al experimentar en la escritura de informes de investigación, la presentación oral de resultados de investigación y la discusión de ideas.

- **Ética en la investigación:** al aprender sobre la importancia de la conducta ética en la investigación, incluyendo el manejo adecuado de los especímenes y la honestidad en la obtención y presentación de los resultados.

### 3. Metodología

#### 3.1 Selección de especies y especímenes

Este trabajo se basó en los ejemplares disponibles en la colección ornitológica del Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander (UIS-AV), que actualmente conserva 3253 especímenes correspondientes a 550 especies, representando cerca del 30 % de las especies de Colombia y el 72 % de las registradas históricamente mediante recolectas en Santander. Para elegir las especies de este estudio se siguieron criterios basados en la localidad y la representación mínima de especímenes. Por tales razones, se seleccionaron cinco especies de tres familias con más de tres especímenes que tuvieran el sexo indicado en la etiqueta y cuya distribución incluyera localidades de bosques montanos situados a ambos lados del Cañón del río Chicamocha (Figura 1), en Santander, según los registros de la base de datos de la colección (Arbeláez-Cortés et al., 2024).



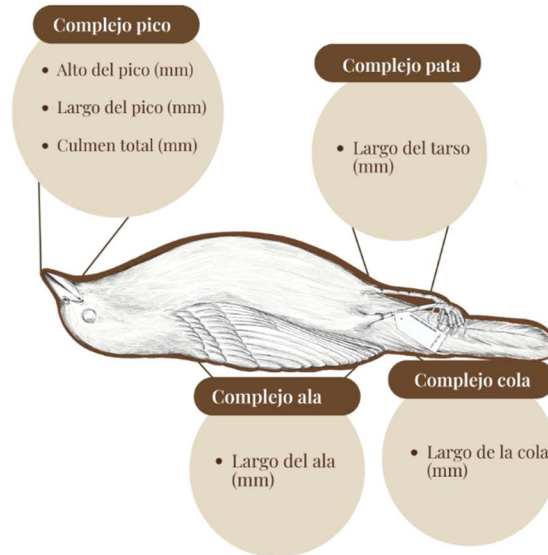
**Figura 1.** Mapa del área de estudio. En el panel izquierdo se muestra la ubicación del departamento de Santander, con el área de estudio resaltada en un recuadro. El panel derecho

presenta un acercamiento al Cañon del Chicamocha, donde se indican las localidades de muestreo morfométrico mediante íconos de aves. Las localidades al norte y sur del Cañon están diferenciadas por el color de los íconos. Se incluyen principales drenajes y unidades topográficas relevantes. La intensidad del color se relaciona con la elevación sobre el nivel del mar, siendo los tonos claros las regiones a menor elevación.

### **3.2 Mediciones morfométricas**

Para la toma de mediciones morfométricas, se empleó el protocolo descrito por López Ordóñez et al. (2016) para la medición de rasgos funcionales en aves. Con base en esto, se seleccionaron seis rasgos distribuidos en diferentes complejos funcionales: largo del pico, ancho del pico y culmen total (i.e., complejo pico); largo del tarso (i.e., complejo pata), que no se midió en colibríes porque tienen un tarso muy corto; largo del ala (i.e., complejo ala); y largo de la cola (i.e., complejo cola) (Figura 2). Todas las mediciones se realizaron con un calibrador digital Kynup con precisión 0,01 mm.

Para garantizar la precisión y minimizar el error de medición, cada rasgo morfométrico fue medido cinco veces para la mayoría de los especímenes. Las primeras dos o tres mediciones se hicieron como parte de un proceso de calibración personal de la pasante. Es decir, para optimizar las medidas a analizar en este trabajo, primero se hicieron medidas de ensayo que permitieron verificar la mejora en la precisión de la medición de cada rasgo (ver siguiente sección). Una vez se verificó esto, se hicieron las dos mediciones finales que fueron consideradas como datos válidos para el análisis. Este procedimiento se aplicó a la mayoría de los especímenes incluidos en el estudio, resultando en cinco mediciones por rasgo por individuo.



**Figura 2.** Esquema ilustrativo de los caracteres morfológicos cuantificados para los análisis. Las mediciones corresponden a estructuras del pico, ala, cola y tarso.

### 3.3 Análisis de correlación entre mediciones

Para evaluar la consistencia de las mediciones morfométricas, se calculó la correlación entre pares consecutivos de las cinco mediciones realizadas por rasgo en cada espécimen. Específicamente, se compararon las mediciones 1 y 2, luego 2 y 3, 3 y 4, y finalmente 4 y 5, con el objetivo de verificar si la reproducibilidad mejoraba progresivamente con la repetición, lo cual se reflejaría en un aumento en los coeficientes de correlación a lo largo de las comparaciones. Se consideró que una medición era consistente cuando la correlación entre pares superaba el umbral de 0,80. Solo los datos derivados de esas mediciones consistentes fueron incluidos en los análisis posteriores. Este análisis de correlación se realizó para cada rasgo medido, usando RStudio (RStudio Team, 2023) y la prueba de correlación de Pearson implementada en el paquete base de R (R Core Team, 2023).

### 3.4 Análisis de dimorfismo sexual por especie

Para descartar que las diferencias se debieran a dimorfismo sexual en las especies estudiadas y no a su procedencia geográfica, se analizaron estadísticamente las diferencias morfométricas entre machos y hembras. Este análisis se aplicó únicamente a las especies que contaban con al menos tres individuos hembra, lo que ocurrió en las especies *Arremon brunneinucha*, *Basileuterus tristriatus* y *Metallura tyrianthina*.

Cada variable fue evaluada para determinar su distribución mediante la prueba de Shapiro-Wilk (función `shapiro.test` en R), aplicada de forma independiente a los grupos de machos y hembras. Con base en estos resultados, se seleccionó el test estadístico adecuado: se empleó la prueba t de Student (`t.test`) cuando ambas distribuciones eran normales, y la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (`wilcox.test`) cuando al menos una distribución no cumplía con los supuestos de normalidad. Las variables que presentaron diferencias significativas entre sexos fueron excluidas de los análisis de clasificación morfológica posteriores que buscan evaluar diferencias debidas a la procedencia geográfica y no al sexo. Así se evitaron sesgos derivados de diferencias sexuales.

### 3.5 Análisis de correlación entre medidas morfométricas

Para analizar si existía una correlación entre las medidas morfométricas, se realizó un examen de interdependencia mediante construcción de matrices de correlación considerando todas las variables, comparando cada una de ellas con el resto. En particular, se analizó la correlación entre el largo del pico y las demás variables (ancho del pico, culmen, largo del ala, largo de la cola y tarso), luego entre el ancho del pico y las variables restantes, y así sucesivamente hasta abarcar todas las combinaciones posibles. Para la visualización de los resultados, se generaron mapas de

calor de las matrices y coeficientes de correlación, empleando la función `chart.Correlation()` del paquete `PerformanceAnalytics`.

### **3.6 Análisis de función discriminante (LDA)**

Con el fin de evaluar si existen diferencias morfométricas significativas entre poblaciones separadas por el Cañon del Chicamocha, se aplicó un Análisis Discriminante Lineal (LDA, por sus siglas en inglés). Este análisis se implementó de forma independiente para cada una de las especies estudiadas, utilizando como variable de clasificación la procedencia geográfica de los individuos (norte o sur del Cañon).

Las variables morfométricas incluidas en el modelo fueron seleccionadas después de aplicar los procedimientos indicados en las secciones anteriores, es decir, con base en dos criterios: (i) ausencia de dimorfismo sexual significativo y (ii) baja colinealidad entre ellas.

Para especies con un número insuficiente de hembras (menos de dos), en las que no se pudo verificar si había dimorfismo sexual, se utilizaron exclusivamente los machos, con el fin de evitar sesgos asociados al dimorfismo sexual. El análisis se llevó a cabo en RStudio (RStudio Team, 2023), utilizando la función `lda` del paquete `MASS` (Venables & Ripley, 2002). Previamente, se verificó que las variables cumplieran con el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk (`shapiro.test`), aplicando transformaciones si fue necesario para mejorar su ajuste.

Para determinar si la diferenciación observada entre las poblaciones del norte y sur era estadísticamente significativa, se realizó una prueba de Wilks' lambda para los resultados del LDA

MORFOMETRÍA DE AVES MONTANAS EN EL CAÑÓN DEL CHICAMOCHA 22

Región	Municipio	Localidad	<i>C. torquata</i>	<i>M. tyriantha</i>	<i>A. brunneinucha</i>	<i>A. albofrenatus</i>	<i>B. tristriatus</i>
NORTE							
	Floridablanca	Vereda Aguablanca	0	0	1	0	0
		Vereda Guadal	0	0	1	0	0
		Vereda Diviso	1	0	0	1	0
	Málaga	Carretera	0	0	1	0	0
	Piedecuesta	Vereda Cristales	0	5	0	0	0
		Vereda Santa Rita	0	0	0	0	1
	Santa Bárbara	Vereda Esparta	5	5	4	5	1
		Vereda Salinas	0	0	1	0	0
	Tona	Vereda La Plazuela	2	0	1	0	1
		Finca El Carajo	2	0	1	0	1
		Albania	0	5	0	0	0
SUR	Carmen de Chucurí	Vereda La Bodega	0	0	3	0	4
	Charalá	Vereda Santa Helena	3	0	2	0	2
	Coromoro	Finca Fontibón	1	1	0	3	0

	Finca Ermita	La	0	0	0	0	7
Encino	Reserva Biológica Cachalú		0	0	3	4	3
Guacamayo	Finca Buena Vista		0	0	4	0	4
Zapatoca	Cuchilla de San Pablo		0	0	0	1	0

**Tabla 1.** Procedencia de los especímenes de cada una de las especies en las diferentes localidades encontradas al norte y sur del Cañon del Chicamocha, Santander, Colombia.

#### 4. Resultados

Se midieron un total de 91 individuos pertenecientes a cinco especies de aves distribuidas en tres familias: *Coeligena torquata*, *Metallura tyrianthina* (Trochilidae), *Atlapetes albofrenatus*, *Arremon brunneinucha* (Emberizidae) y *Basileuterus tristriatus* (Parulidae). Los ejemplares analizados provienen de 18 localidades ubicadas en 13 veredas o fincas de 12 municipios del departamento de Santander, Colombia (Tabla 1). Cinco de estos municipios se encuentran al norte del Cañón del Chicamocha (Floridablanca, Málaga, Piedecuesta, Santa Bárbara y Tona), mientras que los otros seis están al sur (Carmen de Chucurí, Charalá, Coromoro, Encino, Guacamayo y Zapatoca), abarcando un gradiente altitudinal entre 1.800 y 3.400 m s.n.m.

Cada individuo fue medido al menos dos veces por rasgo, y la mayoría se midió cinco veces. Las medidas de seis rasgos morfométricos fueron: largo del pico, ancho del pico, culmen expuesto, largo del ala, largo de la cola y longitud del tarso. En total, se obtuvieron 1924 mediciones morfométricas, considerando las réplicas de cada variable en cada espécimen. Para los análisis posteriores, se utilizó únicamente la quinta medición de cada rasgo, ya que presentó los valores más altos de correlación de Pearson ( $r > 0.8$ ) en comparación con las demás, lo que indicaba mayor consistencia y confiabilidad. Estas mediciones fueron organizadas en una matriz de datos estructurada por número de catálogo, medida, especie, sexo (cuando se conocía) y localidad de procedencia, discriminando entre poblaciones del norte y sur del Cañón. La base de datos está almacenada en un computador del laboratorio de Biología Evolutiva de la Facultad de Ciencias UIS.

Para el análisis de dimorfismo sexual se incluyeron únicamente tres especies: *Metallura tyrianthina*, *Arremon brunneinucha* y *Basileuterus tristriatus*, ya que contaban con un número

suficiente de machos y hembras identificados para realizar comparaciones estadísticas ( $\geq 3$  hembras). En las otras dos especies (*Coeligena torquata* y *Atlapetes albofrenatus*), el escaso número de hembras disponibles ( $\leq 2$ ) impidió llevar a cabo estas comparaciones. Además, algunos ejemplares no fueron incluidos en los análisis de dimorfismo debido a la ausencia de información sobre su sexo.

Se observaron diferencias morfométricas entre machos y hembras en las tres especies analizadas para evaluar dimorfismo sexual (*Metallura tyrianthina*, *Arremon brunneinucha* y *Basileuterus tristriatus*) (Tabla 1). El rasgo con dimorfismo sexual más consistente fue el largo del ala, significativamente mayor en machos que en hembras en las tres especies evaluadas ( $p < 0.01$ ; Tabla 1). En cuanto al largo de la cola, se observaron diferencias entre sexos en *Metallura tyrianthina*, donde los machos presentaron colas más largas (45.25 mm) que las hembras (37.70 mm;  $p = 0.00004$ ), patrón que también se evidenció en *Basileuterus tristriatus*, con un promedio de 64.84 mm en machos frente a 59.89 mm en hembras ( $p = 0.001$ ). Respecto al largo del tarso, únicamente *Arremon brunneinucha* mostró dimorfismo sexual significativo, con machos que presentaron tarsos más largos (30.61 mm) que las hembras (29.50 mm;  $p = 0.03$ ). Para las demás variables morfométricas —largo del pico, ancho del pico y culmen expuesto— no se detectaron diferencias entre sexos que fueran significativas en ninguna de las especies evaluadas ( $p > 0.05$ ).

Especie	Medida morfométrica	Promedio Machos	Promedio Hembras	P-valor
<i>M. tyrianthina</i>	Alto del pico	1.79	1.62	0.12
	Ancho del pico	1.60	1.65	0.27
	Culmen	14.09	13.41	0.19
	Largo del ala	55.40	49.04	0.0007*
	Largo de la cola	45.25	37.70	0.00004*

<i>A. brunneinucha</i>	Alto del pico	7.68	7.67	0.17
	Ancho del pico	5.88	6.04	0.40
	Culmen	18.87	18.35	0.06
	Largo del ala	81.84	76.97	0.009*
	Largo de la cola	91.01	86.83	0.10
	Tarso	30.61	29.50	0.03*
<i>B. tristriatus</i>	Alto del pico	4.02	4.02	0.83
	Ancho del pico	4.60	4.45	0.32
	Culmen	12.78	12.42	0.27
	Largo del ala	63.12	59.28	0.007*
	Largo de la cola	64.84	59.89	0.001*
	Tarso	20.72	20.16	0.20

**Tabla 2.** Promedios de medidas morfométricas (en mm) para individuos machos y hembras. Los valores de p corresponden a pruebas t de Student o pruebas de Wilcoxon según la distribución de cada variable. El asterisco (\*) indica las diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

En las especies *Basileuterus tristriatus* y *Arremon brunneinucha*, algunas variables morfométricas fueron excluidas de los análisis discriminantes debido a que presentaron dimorfismo sexual significativo, con el fin de evitar sesgos en la comparación entre poblaciones. En cambio, para *Coeligena torquata* y *Atlapetes albofrenatus*, se analizaron únicamente machos, lo que permitió incluir todas las variables morfométricas medidas (Tabla 3). Por otro lado, no se encontró una alta correlación entre variables morfométricas, por lo que no fue necesario excluir medidas por redundancia (Apéndice B).

En el análisis discriminante se identificaron diferencias morfológicas entre individuos provenientes del norte y sur del Cañón del Chicamocha en algunas de las especies evaluadas (Tabla 3, Fig. 3). En *B. tristriatus*, se detectó una diferenciación significativa entre poblaciones (Wilk's  $\lambda = 0.52$ ,  $p = 0.005$ ), impulsada por variaciones en el alto y ancho del pico. Los individuos del norte presentaron, en promedio, un pico más alto (4.39 mm vs. 3.98 mm), mientras que los del sur mostraron un mayor ancho del pico (4.61 mm vs. 4.20 mm), lo que se refleja en la separación observada en el espacio discriminante (Fig. 3b).

En *C. torquata*, aunque no se encontraron diferencias significativas (Wilk's  $\lambda = 0.84$ ,  $p = 0.41$ ), se observaron ciertas tendencias morfológicas. Por ejemplo, los individuos del norte presentaron, en promedio, un alto de pico de 3.05 mm mayor al promedio de 2.58 mm en el sur, mientras que el largo del ala fue ligeramente mayor en las aves del sur (77.3 mm vs. 75.6 mm).

Para *A. brunneinucha*, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Wilk's  $\lambda = 0.76$ ,  $p = 0.13$ ). A pesar de ello, se observaron pequeñas diferencias en los promedios entre las poblaciones. Por ejemplo, el ancho del pico fue mayor en el sur (6.17 mm vs. 5.82 mm), y lo mismo ocurrió con el alto del pico (7.70 mm vs. 7.59 mm). Sin embargo, estas diferencias no fueron suficientes para sustentar una separación clara entre poblaciones separadas por el cañón del río Chicamocha. (Fig. 3c).

Finalmente, en *A. albofrenatus*, los análisis tampoco arrojaron diferencias significativas entre poblaciones (Wilk's  $\lambda = 0.91$ ,  $p = 0.45$ ). No obstante, se observaron diferencias moderadas en algunos rasgos: el ancho del pico fue mayor en los individuos del sur (6.05 mm vs. 5.82 mm), mientras que el largo del ala fue superior en el norte (76.7 mm vs. 72.2 mm) (Fig. 3d).

En conjunto, los resultados sugieren que la diferenciación morfológica entre poblaciones del norte y sur del Cañón del Chicamocha es nula o limitada. Si bien algunas especies presentaron

variaciones en ciertas medidas, solo en *Basileuterus tristriatus* estas diferencias fueron estadísticamente significativas. Esto indica que, en general, no hay una diferenciación morfológica marcada asociada a la separación entre los bosques montanos de la cordillera Oriental por el Cañón del río Chicamocha.

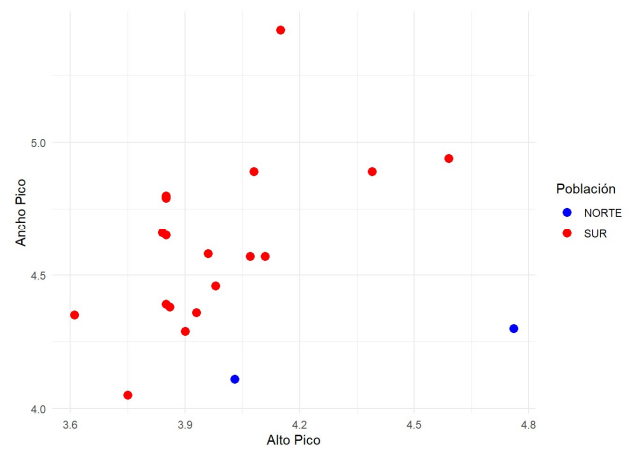
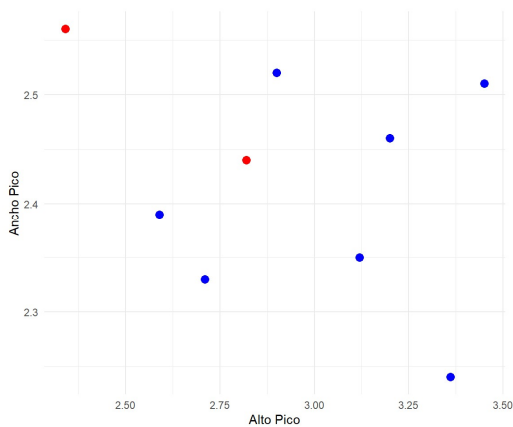
Especie	Variable	Prome dio Norte	Prome dio Sur	LD1 Coef.	<i>Wilks'</i> <i>Lambda</i>	<i>P</i> valor	<i>N.</i> <i>Indivi</i> <i>duos</i> <i>Norte</i>	<i>N.</i> <i>Indivi</i> <i>duos</i> <i>suer</i>
<i>C. torquata</i>	Alto Pico	3.05	2.58	<b>-2.56</b>	0.29	0.41	7	2
	Ancho Pico	2.40	2.50	<b>2.32</b>				
	Culmen	40.7	37.5	-0.45				
	Largo Ala	75.6	77.3	-0.01				
	Largo Cola	50.2	54.1	0.10				
<i>A. brunneinucha</i>	Alto Pico	7.59	7.70	<b>1.83</b>	0.76	0.26	7	11
	Ancho Pico	5.82	6.17	1.13				
	Culmen	18.4	18.8	1.05				
<i>A. albofrenatus</i>	Alto Pico	7.71	7.43	<b>6.01</b>				
	Ancho Pico	5.82	6.05	<b>8.74</b>				
	Culmen	15.7	15.9	0.40				
	Largo Ala	76.7	72.2	<b>-1.96</b>				
	Largo Cola	86.4	85.0	1.02				
	Tarso	28.7	25.9	0.04				

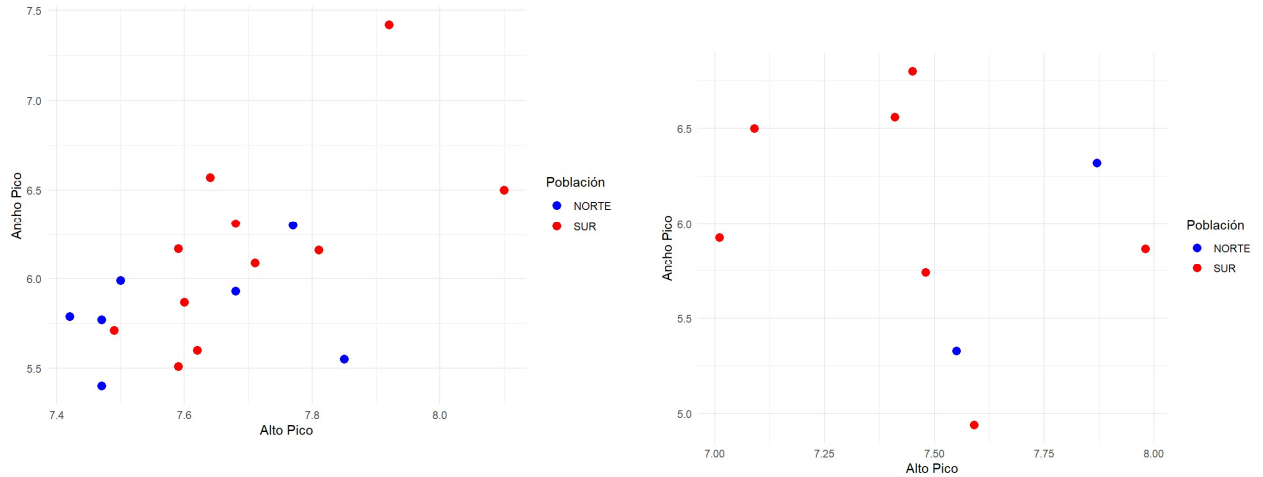
Especie	Variable	Prome dio Norte	Prome dio Sur	LD1 Coef.	Wilks' Lambda	P valor	N. Indivi duos Norte	N. Indivi duos suer
	Valor <i>p</i>				0.07	0.20	2	7
<i>B. tristriatus</i>	Alto Pico	4.39	3.98	<b>-5.24</b>				
	Ancho Pico	4.20	4.61	<b>4.69</b>				
	Culmen	12.4	12.7	-0.72				
	Tarso	20.6	20.5	-0.65				
	Valor <i>p</i>				0.39	<b>0.005*</b>	2	18

**Tabla 3.** Coeficientes de la función discriminante lineal (LDA) para la separación entre poblaciones norte y sur en cada especie. Los valores indican el peso de cada variable morfométrica en la clasificación de los grupos. Coeficientes positivos o negativos reflejan la dirección del efecto de cada variable sobre la discriminación. Los valores de p corresponden a la significancia de la función discriminante en cada especie; el asterisco (\*) indica significancia estadística ( $p < 0.05$ ).

*a. Coelligena torquata*

*b. Basilleuterus tristriatus*





c. *Arremon brunneinucha*

d. *Atlapetes albofrenatus*

**Figura 3.** Diagramas de dispersión bivariados del **alto del pico** (mm), variable con mayor carga en la primera discriminante lineal (LD1), para individuos de poblaciones al norte (azul) y sur (rojo) del Cañon del Chicamocha. a. *Coeligena torquata*, b. *Basileuterus tristriatus*, c. *Arremon brunneinucha*, d. *Atlapetes albofrenatus*

## 5. Discusión

Los resultados revelan que, a pesar de los estudios que respaldan al Cañón del Chicamocha como una barrera para diversas especies de aves (Arbeláez-Cortés & Trujillo-Arias, 2021; Donegan, 2008; Avendaño & Donegan, 2015; Cuervo, 2013), la diferenciación morfológica entre poblaciones de aves montanas es limitada y heterogénea entre especies. Solo *Basileuterus tristriatus* mostró una divergencia estadísticamente significativa (Wilk's  $\lambda = 0.52$ ,  $p = 0.005$ ), aunque es importante advertir un posible sesgo debido a la baja representatividad de individuos del norte ( $n = 2$ ) en comparación con el sur ( $n = 18$ ). En contraste, *Arremon brunneinucha*, *Atlapetes albofrenatus* y *Coeligena torquata* no presentaron diferencias morfométricas significativas ( $p > 0.20$ ), lo que sugiere que el aislamiento impuesto por el Cañón no ha sido suficiente, por sí solo, para generar un patrón consistente de divergencia fenotípica. Adicionalmente, es posible que la ausencia de colinealidad detectada entre las variables morfométricas se relacione con el tamaño reducido de muestra en algunas especies, lo cual podría limitar la potencia estadística para identificar asociaciones entre variables altamente correlacionadas..

En estudios en bosques de tierras bajas como uno realizado con *Manacus manacus*, se ha demostrado que la divergencia morfológica responde más al aislamiento ambiental que a la distancia geográfica, lo cual indica que la selección local puede operar incluso en presencia de flujo génico (Morales et al., 2021). Sin embargo, en nuestro caso, las especies analizadas habitan bosques montanos húmedos a ambos lados del Cañón del Chicamocha, un ecosistema caracterizado por condiciones climáticas, ecológicas y de disponibilidad de recursos posiblemente

similares. Esta homogeneidad ambiental podría limitar las presiones selectivas divergentes y favorecer la estabilidad fenotípica entre poblaciones, como ha sido propuesto por Winger & Bates (2015) y Freeman et al. (2023) para taxa en contextos ecológicos comparables.

Adicionalmente, la ausencia de diferenciación morfológica marcada puede estar relacionada con la duración histórica del aislamiento. Price et al. (2010) y Mayr y Diamond (2001) han argumentado que el tiempo evolutivo es un factor crítico para la manifestación de diferencias fenotípicas, especialmente cuando las condiciones ecológicas no imponen fuertes presiones selectivas divergentes. En nuestro caso, es posible que la separación entre poblaciones no haya sido suficientemente prolongada o que el flujo génico intermitente, facilitado por la alta dispersión de algunas especies, haya homogenizado cambios morfológicos emergentes. Esto coincide con los hallazgos de Winger & Bates (2015) en el valle del Marañón, donde se reportó que la evolución de rasgos de señalización social, como el plumaje, puede requerir más de dos millones de años para divergir visiblemente, mientras que los caracteres morfométricos presentan patrones más idiosincráticos y conservados.

Los resultados morfológicos obtenidos en este estudio se corresponden estrechamente con los niveles de diferenciación genética previamente obtenidos para las poblaciones al norte y al sur del Cañon del Chicamocha. En efecto, las especies con distancias genéticas mitocondriales bajas ( distancia  $P < 0,005$ ) —*Arremon brunneinucha* ( $P = 0,0046$ ), *Atlapetes albofrenatus* ( $P = 0,0031$ ) y *Coeligena torquata* ( $P = 0,0029$ )— no mostraron diferenciación morfométrica significativa entre regiones (Arbeláez-Cortés & Trujillo-Arias, 2021; datos no publicados de Arbeláez-Cortés). Por el contrario, *Basileuterus tristriatus*, que presentó la distancia genética más alta ( $P = 0,0094$ ), fue precisamente la única especie en la que se detectó una separación morfológica estadísticamente significativa (Wilk's  $\lambda = 0,52$ ,  $p = 0,005$ ). Esta concordancia sugiere que, en nuestro sistema, solo

aquella especie con suficiente divergencia genética acumulada —en este caso *B. tristriatus*— logra manifestar diferencias fenotípicas evidentes. Otras especies como *Henicorhina leucophrys*, que presentan incluso mayor diferenciación genética (al menos siete mutaciones entre haplotipos norte vs. sur; Arbeláez-Cortés & Trujillo-Arias, 2021), podrían esperarse mostrar también divergencia morfométrica. Sin embargo, al inicio de este trabajo su tamaño de muestra al norte era muy reducido ( $N = 9$ ), lo que impedía realizar análisis estadísticos confiables; en la actualidad, con un muestreo ampliado, será posible evaluar directamente si el alto grado de estructuración genética en *H. leucophrys* se traduce en diferencias morfológicas entre poblaciones.

Además, la ausencia de diferenciación morfológica junto con las bajas distancias genéticas en las otras tres especies podría explicarse por la persistencia de flujo génico o porque el tiempo transcurrido desde que el Cañon comenzó a actuar como barrera no ha sido suficiente para permitir la acumulación de cambios fenotípicos detectables (Mayr & Diamond, 2001; Winger & Bates, 2015). En este sentido, el Cañon del Chicamocha parece funcionar como barrera biogeográfica para algunas especies (p. ej., *B. tristriatus* y *H. leucophrys*), pero no para todas, lo que resalta la importancia de factores como la dispersión de los individuos, el tamaño efectivo de las poblaciones y la homogeneidad ambiental en la modulación de la relación entre divergencia genética y morfológica. De hecho, los rasgos morfométricos de estas especies podrían estar relacionados con su capacidad para dispersarse sobre esta barrera y los resultados de este estudio podrían ampliarse incluyendo mediciones adicionales de las plumas de las alas que podrían dar detalle de la capacidad de dispersión de las especies.

Para avanzar en la comprensión de la diversificación en regiones complejas como la Cordillera Oriental de Colombia, es indispensable integrar análisis genéticos, ecológicos y morfológicos, así como ampliar el muestreo temporal y espacial de las poblaciones.

Aunque el objetivo principal de este estudio no fue investigar el dimorfismo sexual, los resultados mostraron diferencias morfométricas marcadas entre sexos, especialmente en el largo del ala, que fue significativamente mayor en machos en las tres especies evaluadas. En diversos estudios se ha documentado que el largo alar es la medida más diagnóstica para distinguir entre sexos, con los machos generalmente presentando alas más largas que las hembras (Madeira, 2018; Trahan, K. J., 2014). Esta consistencia sugiere que el tamaño alar está sujeto a presiones selectivas comunes en aves de bosque montano, posiblemente relacionadas tanto con el desempeño en vuelo como con maniobras de exhibición sexual en machos, especialmente en ambientes de alta elevación donde las condiciones fisiológicas y aerodinámicas son más exigentes (Rodríguez-Castañeda et al., 2022). Las tres especies evaluadas para dimorfismo sexual —*Metallura tyrianthina*, *Basileuterus tristriatus* y *Arremon brunneinucha*— habitan bosques montanos húmedos por encima de los 1.500 m s.n.m., donde la menor densidad de oxígeno y las mayores variaciones en la presión atmosférica imponen altos costos al vuelo. En este contexto, un mayor largo alar en machos podría representar tanto una ventaja para desplazarse eficientemente en hábitats con relieve accidentado como un atributo ventajoso en la competencia intraespecífica durante el cortejo.

En cuanto al dimorfismo en la longitud de la cola, observado en *Metallura tyrianthina* y *Basileuterus tristriatus*, se ha propuesto que colas más largas actúan como ornamentos favorecidos por la selección sexual en contextos de cortejo o competencia intra-sexual (Altshuler & Dudley, 2002; Rodríguez-Castañeda et al., 2022). Sin embargo, la longitud de cola también puede responder a gradientes altitudinales y a la estructura del hábitat; ciertas adaptaciones en el tamaño de alas y colas podrían mejorar el vuelo en ambientes con aire menos denso o con cobertura vegetal densa.

Por otro lado, el dimorfismo en el largo del tarso detectado solo en *Arremon brunneinucha* —con machos presentando tarsos más largos que hembras— podría estar ligado a diferencias en el uso del microhábitat o en las estrategias de forrajeo. En algunas aves, tarsos más largos se correlacionan con un mayor porcentaje de forrajeo en el suelo o en estratos inferiores del sotobosque, lo que podría estar sugiriendo una partición de nicho sutil entre sexos (Peters et al., 2008). Además, estudios en aves neotropicales han documentado cómo la estructura del hábitat influye en el dimorfismo de rasgos locomotores, al imponer presiones divergentes sobre machos y hembras para acceder a distintos recursos (Rodríguez-Castañeda et al., 2022).

Finalmente, la ausencia de dimorfismo en las variables relacionadas con el pico en las tres especies evaluadas sugiere una superposición en la dieta de machos y hembras. Esto contrasta con casos como el de *Eutoxeres aquila*, donde el marcado dimorfismo en la curvatura del pico se vincula a especializaciones alimenticias diferenciadas entre sexos (Stiles, 2004). En nuestras especies, la aparente uniformidad en los recursos florales y artrópodos disponibles podría explicar la falta de divergencia en el tamaño y la forma del pico.

## 6. Conclusiones

La caracterización morfológica de aves en los bosques montanos de Santander, mediante el uso de especímenes de colección, ha permitido explorar con detalle la variación fenotípica entre poblaciones separadas por el Cañon del Chicamocha. Este enfoque ha contribuido a fortalecer el conocimiento sobre los patrones de diferenciación en la avifauna andina, integrando datos cuantitativos que enriquecen la comprensión de la historia biogeográfica regional.

Este estudio muestra que, si bien no existe un patrón uniforme que indique que el Cañon del Chicamocha actúe como una barrera generalizada que haya promovido divergencia morfológica, sí se observa una relación consistente entre diferenciación genética y morfología. La especie con mayor divergencia genética entre poblaciones de lados opuestos del Cañon — *Basileuterus tristriatus*— fue la única que presentó diferenciación morfométrica estadísticamente significativa.

Este patrón sugiere que la divergencia fenotípica no depende únicamente de la presencia de una barrera geográfica, sino de una interacción entre factores como el grado de flujo génico, la antigüedad del aislamiento poblacional y la capacidad de dispersión de cada especie. Así, el Chicamocha puede representar una barrera efectiva solo en ciertos contextos ecológicos y evolutivos específicos.

Además, este trabajo demuestra el valor de las colecciones biológicas como fuente de datos fundamentales para el estudio de la diferenciación fenotípica. La combinación de mediciones morfométricas rigurosas y análisis estadísticos robustos, junto con información genética previa,

permite identificar patrones de divergencia con una resolución detallada en sistemas montanos complejos como los Andes nororientales.

Estos hallazgos contribuyen a una comprensión más matizada de los patrones de la derivados de procesos que configuran la diversidad biológica andina y refuerzan la importancia de enfoques integrativos para el estudio de la evolución en paisajes geográficamente estructurados.

## **7. Recomendaciones**

A partir de los hallazgos de este estudio, se recomienda ampliar el número de especies analizadas, incorporando taxones con diferentes niveles de especialización ecológica y capacidades de dispersión, con el fin de evaluar si los patrones morfológicos observados se replican o varían entre distintos perfiles biológicos. Asimismo, se sugiere incrementar el número de especímenes mediante la exploración de otras colecciones biológicas regionales y nacionales, lo cual permitiría robustecer los análisis y mejorar la representatividad espacial y taxonómica de los datos. Es fundamental complementar los estudios morfométricos con análisis genéticos actualizados, especialmente en aquellas especies que aún carecen de información molecular suficiente, para integrar distintos niveles de evidencia en la interpretación de los patrones de diferenciación. Del mismo modo, se recomienda fortalecer el uso de colecciones biológicas como recurso clave para estudios evolutivos, promoviendo tanto la toma estandarizada de datos morfométricos como la digitalización, sistematización y difusión de bases de datos asociadas. Finalmente, se alienta la implementación de enfoques integrativos que combinen información morfológica, genética, ecológica y comportamental, con miras a avanzar hacia una comprensión

más profunda de los mecanismos que estructuran la diversidad biológica en sistemas montanos complejos como los Andes nororientales.

### Referencias Bibliográficas

Altshuler, D. L., & Dudley, R. (2002). The ecology and evolution of hovering flight in hummingbirds. *Biological Journal of the Linnean Society*, 77(3), 349–357.

Arbeláez-Cortés, E., Palencia-Plata, M. A., Pinto-Quinche, C. A., & Avendaño, J. E. (2024). Colección ornitológica de la Universidad Industrial de Santander (v6.4). Universidad Industrial de Santander.

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), 1–10.

Barreto Vargas, S. A. (2024). *Exploración ornitológica de los bosques montanos de la Cordillera Oriental santandereana* [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander].

Carl, M., Peterson, B. G., Boudt, K., Bennett, R., Ulrich, J., Zivot, E., Cornilly, D., Hung, E., Lestel, M., Nguyen, G., & Wuertz, D. (2019). *PerformanceAnalytics: Econometric tools for performance and risk analysis* (Versión 2.0.4) [Paquete R].

Claramunt, S., Derryberry, E. P., Remsen, J. V., & Brumfield, R. T. (2012). High dispersal ability inhibits speciation in a continental radiation of passerine birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1733), 1567–1574.

Cortés-Rodríguez, M. N., Sturge, R. J., & Omland, K. E. (2016). Morphological and genetic variation of the Yellow-backed Oriole (*Icterus chrysater*) across its widely disjunct distribution in Central America. *Wilson Journal of Ornithology*, *128*(1), 22–31.

Cuervo, A., Cadena, D., & Parra, L. (2006). Seguir colectando aves en Colombia es imprescindible: Un llamado a fortalecer las colecciones ornitológicas.

Cuervo, A. M. (2013). *Evolutionary assembly of the Neotropical montane avifauna* (p. 275). Louisiana State University.

Donegan, T. M. (2008). Geographical variation in Slate-crowned Antpitta *Grallaricula nana*, with two new subspecies, from Colombia and Venezuela. *Bulletin of the British Ornithologists' Club*, *128*(3), 150–178.

Donegan, T. M., Avendaño, J. E., Briceño-L., E. R., Luna, J. C., 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*, 23–40.

Etter, A., & Villa, L. A. (2000). Andean forests and farming systems in part of the eastern Cordillera (Colombia). *Mountain Research and Development*, *20*, 236–245.

Freeman, B. G., Montgomery, G. A., Heavyside, J., Moncrieff, A. E., Johnson, O., & Winger, B. M. (2023). On the predictability of phenotypic divergence in geographic isolation. *Evolution*, *77*(1), 26–35.

Kattan, G., & Franco, P. (2004). Bird diversity along elevational gradients in the Andes of Colombia: Area and mass effects. *Global Ecology and Biogeography*, *13*, 451–458.

Kuhn, M. (2008). Building predictive models in R using the caret package. *Journal of Statistical Software*, *28*(5), 1–26.

Ligges, U., & Mächler, M. (2003). scatterplot3d—An R package for visualizing multivariate data. *Journal of Statistical Software*, 8(11), 1–20.

López-Ordóñez, E., Gutiérrez, E. E., & Cuervo, A. M. (2016). Protocolo para la medición de rasgos funcionales en aves de Colombia. *Ornitología Colombiana*, 15, 1–20.

Madeira, B. C. M. A. (2018). *Sexual dimorphism and reproductive phenology of common birds in São Tomé Island – Conservation implications* [Tesis de maestría, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências].

Maximiano, M. F. de A., d’Horta, F. M., Tuomisto, H., Zuquim, G., Van Doninck, J., & Ribas, C. C. (2020). The relative role of rivers, environmental heterogeneity and species traits in driving compositional changes in southeastern Amazonian bird assemblages. *Biotropica*, 52(5), 946–962.

Morales, C. C., Gómez, J. P., & Parra, J. L. (2021). Patterns of morphological differentiation within *Manacus manacus* (Aves: Pipridae) in Colombia: Revisiting hypotheses of isolation and secondary contact. *Biological Journal of the Linnean Society*, 134(4), 987–1002.

Mayr, E., & Diamond, J. (2001). *The birds of northern Melanesia: Speciation, ecology and biogeography*. Oxford University Press.

Navas-Berdugo, Á. P., Pérez-Emán, J. L., Cuervo, A., & Cadena, C. (2010). Testing the influence of isolation and adaptive evolution on genetic and phenotypic differentiation in a Neotropical montane bird.

Palacios, C., García-R, S., Parra, J. L., Cuervo, A. M., Stiles, F. G., McCormack, J. E., & Cadena, C. D. (2019). Shallow genetic divergence and distinct phenotypic differences between two Andean hummingbirds: Speciation with gene flow? *The Auk*, 136(4).

Peters, S., et al. (2008). Morphological divergence of sex in forest birds as a function of foraging behavior. *Journal of Ornithology*, 149, 189–196.

Price, T. D. (2010). The roles of time and ecology in the continental radiation of the Old World leaf warblers (*Phylloscopus* and *Seicercus*). *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, 1749–1762.

R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.

RStudio Team. (2023). *RStudio: Integrated development for R*. RStudio, PBC.

Rodríguez-Castañeda, G., et al. (2022). Sexual dimorphism and ecological gradients in hummingbirds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 289(1985), 20221783.

Sánchez-González, L. A., & Navarro-Sigüenza, A. G. (2009). History meets ecology: A geographical analysis of ecological restriction in the Neotropical humid montane forests avifaunas. *Diversity and Distributions*, 15(1), 1–11.

Šlenker, M., Koutecký, P., & Marhold, K. (2022). MorphoTools2: An R package for multivariate morphometric analysis. *Bioinformatics*, 38(10), 2954–2955.

Stiles, F. G. (2004). Phylogenetic constraints upon morphological and ecological adaptation in hummingbirds. *Ornitología Neotropical*, 15(Supl.), 191–198.

Tejedor Garavito, N., Álvarez, E., Arango Caro, S., Araujo Murakami, A., Blundo, C., Boza Espinoza, T., La Torre Cuadros, M., Gaviria, J., Gutiérrez, N., Jørgensen, P., León, B., López Camacho, R., Malizia, L., Millán, B., Moraes, M., Pacheco, S., Rey Benayas, J., Reynel, C., Timaná de la Flor, M., ... Cruz, V. (2012). Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas*, 47(5).

Trahan, K. J. (2014). *Latitudinal geographical variation in sexual dimorphism in a tropical montane bird (Furnariidae: Pseudocolaptes boissonneautii)* [Tesis de pregrado, Louisiana State University].

Venables, W. N., & Ripley, B. D. (2002). *Modern applied statistics with S* (4.<sup>a</sup> ed.). Springer.

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer.

Winger, B. M., & Bates, J. M. (2015). The tempo of trait divergence in geographic isolation: Avian speciation across the Marañón Valley of Peru. *Evolution*, 69(3), 772–787.

Zeileis, A., Grothendieck, G., & Andrews, F. (2023). *zoo: S3 infrastructure for regular and irregular time series (Z's ordered observations)* (Versión 1.8-12) [Paquete R].

## Apéndices

**Apéndice A.** Lista de especímenes analizados. Tabla con el código de museo, especie, municipio, localidad y elevación de los individuos muestreados utilizados en el análisis morfométrico. Todos los ejemplares pertenecen a la colección ornitológica del Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander (UIS-AV).

Nº	Código Museo	Especie	Municipio	Localidad
1	UIS-AV 1190	<i>Coeligena torquata</i>	Charalá	La Sierra, Vereda Santa Helena, carretera Charalá-Duitama
2	UIS-AV 1192	<i>Coeligena torquata</i>	Charalá	La Sierra, Vereda Santa Helena, carretera Charalá-Duitama
3	UIS-AV 1281	<i>Coeligena torquata</i>	Floridablanca	Corcova, Vereda Diviso, Reserva El Diviso (2400msnm)
4	UIS-AV 1297	<i>Coeligena torquata</i>	Charalá	La Sierra, Vereda Santa Helena, carretera Charalá-Duitama
5	UIS-AV 1317	<i>Coeligena torquata</i>	Tona	Tona, Vereda La Plazuela, Reserva del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, km 28 vía Pamplona
6	UIS-AV 1507	<i>Coeligena torquata</i>	Tona	Tona, Vereda La Plazuela, Reserva del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, km 28 vía Pamplona

7	UIS-AV 2074	<i>Coeligena torquata</i>	Santa Bárbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
8	UIS-AV 2102	<i>Coeligena torquata</i>	Santa Bárbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
9	UIS-AV 2141	<i>Coeligena torquata</i>	Santa Bárbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
10	UIS-AV 2237	<i>Coeligena torquata</i>	Santa Bárbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
11	UIS-AV 2252	<i>Coeligena torquata</i>	Santa Bárbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.

12	UIS-AV 2864	<i>Coeligena torquata</i>	Coromoro	A 15 minutos caminando arriba de finca Fontibón, estribación morro La perdedora, vereda Guadual a 10,3 km lineales al Este del casco urbano de Coromoro
13	UIS-AV 3190	<i>Coeligena torquata</i>	Floridablanca	A 35 minutos caminando (1,8 km de camino/sendero) arriba de la casa de la "Finca El Carajo" Vereda Aguablanca, 10,61 km lineales ENE del centro de Bucaramanga, Floridablanca
14	UIS-AV 3192	<i>Coeligena torquata</i>	Floridablanca	A 35 minutos caminando (1,8 km de camino/sendero) arriba de la casa de la "Finca El Carajo" Vereda Aguablanca, 10,61 km lineales ENE del centro de Bucaramanga, Floridablanca
15	UIS-AV 2073	<i>Metallura tyrianthina</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
16	UIS-AV 2101	<i>Metallura tyrianthina</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.

17	UIS-AV 2122	<i>Metallura tyrianthina</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
18	UIS-AV 2136	<i>Metallura tyrianthina</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
19	UIS-AV 2231	<i>Metallura tyrianthina</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
20	UIS-AV 2687	<i>Metallura tyrianthina</i>	Tona	Tona, Albania, Escuela rural de Santa Rita km 42.
21	UIS-AV 2694	<i>Metallura tyrianthina</i>	Tona	Tona, Albania, Escuela rural de Santa Rita km 42.
22	UIS-AV 2702	<i>Metallura tyrianthina</i>	Tona	Tona, Albania, Escuela rural de Santa Rita km 42.
23	UIS-AV 2703	<i>Metallura tyrianthina</i>	Tona	Tona, Albania, Escuela rural de Santa Rita km 42.
24	UIS-AV 2704	<i>Metallura tyrianthina</i>	Tona	Tona, Albania, Escuela rural de Santa Rita km 42.

25	UIS-AV 2769	<i>Metallura tyrianthina</i>	Piedecuesta	Vereda Santa Rita, Escuela rural Santa Rita, Km 42 vía Berlín
26	UIS-AV 2770	<i>Metallura tyrianthina</i>	Piedecuesta	Vereda Santa Rita, Escuela rural Santa Rita, Km 42 vía Berlín
27	UIS-AV 2771	<i>Metallura tyrianthina</i>	Piedecuesta	Vereda Santa Rita, Escuela rural Santa Rita, Km 42 vía Berlín
28	UIS-AV 2772	<i>Metallura tyrianthina</i>	Piedecuesta	Vereda Santa Rita, Escuela rural Santa Rita, Km 42 vía Berlín
29	UIS-AV 2773	<i>Metallura tyrianthina</i>	Piedecuesta	Vereda Santa Rita, Escuela rural Santa Rita, Km 42 vía Berlín
30	UIS-AV 2895	<i>Metallura tyrianthina</i>	Coromoro	Finca Fontibón, estribación morro La perdedora, vereda Guadual a 10,5 km lineales al Este del casco urbano de Coromoro
31	UIS-AV 1357	<i>Arremon brunneinucha</i>	Charalá- Duitama	La Sierra, Vereda Santa Helena, carretera Charalá-Duitama
32	UIS-AV 1376	<i>Arremon brunneinucha</i>	Charalá- Duitama	SFF Guanenta, Vereda Santa Helena, Carretera Charalá-Duitana
33	UIS-AV 1503	<i>Arremon brunneinucha</i>	Tona	Vereda La Plazuela, Reserva Acueducto Metropolitano de Bucaramanga
34	UIS-AV 1818	<i>Arremon brunneinucha</i>	Malaga	Carretera Malaga-Bucaramanga

35	UIS-AV 1911	<i>Arremon brunneinucha</i>	Carmen del chucuri	Municipio El Carmen de Chucurí, Vereda La Bodega, Filo de Manchurrias, finca Buenos Aires a 8km en línea recta EpS de la cabecera municipal del Carmen de Chucurí, camino de personas (Trocha) al sur de la finca Buenos Aires.
36	UIS-AV 1928	<i>Arremon brunneinucha</i>	Carmen del chucuri	Municipio El Carmen de Chucurí, Vereda La Bodega, Filo de Manchurrias, finca Buenos Aires a 8km en línea recta EpS de la cabecera municipal del Carmen de Chucurí, camino de personas (Trocha) al sur de la finca Buenos Aires.
37	UIS-AV 2027	<i>Arremon brunneinucha</i>	Encino	Bosque a 45 minutos caminando hacia el Sur de la casa de la reserva biológica Cachalú, entre 7 y 8 Km en línea recta SSO del casco urbano de Encino
38	UIS-AV 2029	<i>Arremon brunneinucha</i>	Encino	Bosque a 45 minutos caminando hacia el Sur de la casa de la reserva biológica Cachalú, entre 7 y 8 Km en línea recta SSO del casco urbano de Encino

39	UIS-AV 2038	<i>Arremon brunneinucha</i>	Encino	Bosque a 45 minutos caminando hacia el Sur de la casa de la reserva biológica Cachalú, entre 7 y 8 Km en línea recta SSO del casco urbano de Encino
40	UIS-AV 2084	<i>Arremon brunneinucha</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
41	UIS-AV 2088	<i>Arremon brunneinucha</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
42	UIS-AV 2173	<i>Arremon brunneinucha</i>	Carmen del chucuri	Vereda La Bodega, Filo de Manchurrias, finca Buenos Aires a 8km en línea recta EpS de la cabecera municipal del Carmen de Chucurí, camino de personas (Trocha) al sur de la finca Buenos Aires.
43	UIS-AV 2254	<i>Arremon brunneinucha</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
44	UIS-AV 2307	<i>Arremon brunneinucha</i>	Santa Barbara	Vda. Salinas, fca. San Francisco, sector La Maravilla

45	UIS-AV 2783	<i>Arremon brunneinucha</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta
46	UIS-AV 3030	<i>Arremon brunneinucha</i>	Floridablanca	A 15 minutos caminando arriba de finca Fontibón, estribacion morro La perdedora, vereda Guadual a 10,3 km lineales al Este del casco urbano de Coromoro
47	UIS-AV 3023	<i>Arremon brunneinucha</i>	Floridablanca	A 15 minutos caminando por sendero arriba de finca Altamira, sector cascado los Venados. 6km lineales NEpE del casco urbano de Floridablanca, vereda Aguablanca
48	UIS-AV 3193	<i>Arremon brunneinucha</i>	Tona	A 25 minutos caminando (1,4 km de camino/sendero) arriba de la casa de la "Finca El Carajo" Vereda Caragua, 10,44 km lineales ENE del centro de Bucaramanga
49	UIS-AV 3280	<i>Arremon brunneinucha</i>	Guacamayo	A 30 minutos caminando campo atraviesa arriba de casa de la finca Buena Vista, base de Cerro Churri Churri, vereda Cedrales, a 1,4 km lineales al NEpN del casco urbano del municipio El Guacamayo
50	UIS-AV 3291	<i>Arremon brunneinucha</i>	Guacamayo	A 20 minutos caminando por sendero arriba de la casa de la finca Buena Vista, estribación Cerro Churri Churri, vereda Cedrales, a 1,4 km lineales al NEpN del casco urbano del municipio El Guacamayo

51	UIS-AV 3304	<i>Arremon brunneinucha</i>	Guacamayo	A 30 minutos caminando campo atraviesa arriba de casa de la finca Buena Vista, base de Cerro Churri Churri, vereda Cedrales, a 1,4 km lineales al NEpN del casco urbano del municipio El Guacamayo
52	UIS-AV 3308	<i>Arremon brunneinucha</i>	Guacamayo	A 20 minutos caminando por sendero arriba de la casa de la finca Buena Vista, estribación Cerro Churri Churri, vereda Cedrales, a 1,4 km lineales al NEpN del casco urbano del municipio El Guacamayo
53	UIS-AV 1433	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Floridablanca	Floridablanca, Corcova, Vereda Diviso, Reserva El Diviso (1700msnma)
54	UIS-AV 1484	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Zapatoca	Cuchilla de San Pablo
55	UIS-AV 2034	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Encino	Bosque a 45 minutos caminando hacia el Sur de la casa de la reserva biológica Cachalú, entre 7 y
56	UIS-AV 2037	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Encino	Bosque a 45 minutos caminando hacia el Sur de la casa de la reserva biológica Cachalú, entre 7 y 8 Km en línea recta SSO del casco urbano de Encino
57	UIS-AV 2043	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Encino	Bosque a 45 minutos caminando hacia el Sur de la casa de la reserva biológica Cachalú, entre 7 y 8 Km en línea recta SSO del casco urbano de Encino

58	UIS-AV 2123	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
59	UIS-AV 2128	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
60	UIS-AV 2130	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
61	UIS-AV 2215	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
62	UIS-AV 2794	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Finca La Arrinconada
63	UIS-AV 2829	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Coromoro	A 15 minutos caminando arriba de finca Fontibón, estribacion morro La perdedora, vereda Guadual a 10,3 km lineales al Este del casco urbano de Coromoro

64	UIS-AV 2831	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Coromoro	A 30 minutos caminando arriba de la finca La Ermita, sector La Espumosa, vereda Naranjal, estribación cerro Espejuelo a 5,5 km lineales al este del casco urbano de Cincelada
65	UIS-AV 2832	<i>Atlapetes albofrenatus</i>	Coromoro	A 45 minutos caminando arriba de finca Ermita, Sector La Espumosa, Vereda Naranjal, a 5,64 km lineales al Este del casco urbano de Cincelada
66	UIS-AV 1334	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Piedecuesta	Sevilla, Vereda Cristales, Reserva El Rasgón
67	UIS-AV 1335	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Charala	La Sierra, Vereda Santa Helena, carretera Charalá-Duitama
68	UIS-AV 1363	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Charala	Colombia, Santander, Charalá, SFF Guanenta, Vereda Santa Helena
69	UIS-AV 1472	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Tona	Vereda La Plazuela, Reserva Acueducto Metropolitano de Bucaramanga
70	UIS-AV 1908	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Carmen del chucuri	Vereda La Bodega, Filo de Manchurrias, finca Buenos Aires a 8km en línea recta EpS de la cabecera municipal del Carmen de Chucurí, camino de personas (Trocha) al sur de la finca Buenos Aires.

71	UIS-AV 1922	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Carmen del chucuri	Vereda La Bodega, Filo de Manchurrias, finca Buenos Aires a 8km en línea recta EpS de la cabecera municipal del Carmen de Chucurí, camino de personas (Trocha) al sur de la finca Buenos Aires.
72	UIS-AV 1927	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Carmen del chucuri	Vereda La Bodega, Filo de Manchurrias, finca Buenos Aires a 8km en línea recta EpS de la cabecera municipal del Carmen de Chucurí, camino de personas (Trocha) al sur de la finca Buenos Aires.
73	UIS-AV 2013	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Encino	Bosque a 45 minutos caminando hacia el Sur de la casa de la reserva biológica Cachalú, entre 7 y 8 Km en línea recta SSO del casco urbano de Encino Colombia, Santander, Encino, Bosque a 45 minutos caminando hacia el Sur de la casa de la reserva biológica Cachalú, entre 7 y 8 Km en línea recta SSO del casco urbano de Encino
74	UIS-AV 2031	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Encino	Bosque a 45 minutos caminando hacia el Sur de la casa de la reserva biológica Cachalú, entre 7 y 8 Km en línea recta SSO del casco urbano de Encino

75	UIS-AV 2048	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Encino	Bosque a 45 minutos caminando hacia el Sur de la casa de la reserva biológica Cachalú, entre 7 y 8 Km en línea recta SSO del casco urbano de Encino
76	UIS-AV 2219	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Santa Barbara	Vereda Esparta, Camino (Trocha) Chitanos arriba de Finca La Arrinconada, entre 5 y 6 km lineales NNE del casco urbano de Santa Bárbara.
77	UIS-AV 2247	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Carmen del chucuri	Municipio El Carmen de Chucurí, Vereda La Bodega, Filo de Manchurrias, finca Buenos Aires a 8km en línea recta EpS de la cabecera municipal del Carmen de Chucurí, camino de personas (Trocha) al sur de la finca Buenos Aires.
78	UIS-AV 2840	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Coromoro	A 30 minutos caminando arriba de la finca La Ermita, sector La Espumosa, vereda Naranjal, estribación cerro Espejuelo a 5,5 km lineales al este del casco urbano de Cincelada
79	UIS-AV 2841	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Coromoro	A 30 minutos caminando arriba de la finca La Ermita, sector La Espumosa, vereda Naranjal, estribación cerro Espejuelo a 5,5 km lineales al este del casco urbano de Cincelada

80	UIS-AV 2842	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Coromoro	A 45 minutos caminando arriba de finca Ermita, Sector La Espumosa, Vereda Naranjal, a 5,64 km lineales al Este del casco urbano de Cincelada
81	UIS-AV 2843	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Coromoro	A 45 minutos caminando arriba de finca Ermita, Sector La Espumosa, Vereda Naranjal, a 5,64 km lineales al Este del casco urbano de Cincelada, Coromoro
82	UIS-AV 2844	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Coromoro	A 30 minutos caminando arriba de la finca La Ermita, sector La Espumosa, vereda Naranjal, estribación cerro Espejuelo a 5,5 km lineales al este del casco urbano de Cincelada, Coromoro
83	UIS-AV 2845	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Coromoro	A 30 minutos caminando arriba de la finca La Ermita, sector La Espumosa, vereda Naranjal, estribación cerro Espejuelo a 5,5 km lineales al este del casco urbano de Cincelada, Coromoro
84	UIS-AV 2846	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Coromoro	A 30 minutos caminando arriba de la finca La Ermita, sector La Espumosa, vereda Naranjal, estribación cerro Espejuelo a 5,5 km lineales al este del casco urbano de Cincelada, Coromoro

85	UIS-AV 3170	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Tona	A 25 minutos caminando (1,4 km de camino/sendero) arriba de la casa de la "Finca El Carajo" Vereda Caragua, 10,44 km lineales ENE del centro de Bucaramanga, Tona
86	UIS-AV 3189	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Tona	A 35 minutos caminando (1,8 km de camino/sendero) arriba de la casa de la "Finca El Carajo" Vereda Aguablanca, 10,61 km lineales ENE del centro de Bucaramanga, Floridablanca
87	UIS-AV 3249	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Guacamayo	A 30 minutos caminando campo traviesa arriba de casa de la finca Buena Vista, base de Cerro Churri Churri, vereda Cedrales, a 1,4 km lineales al NEpN del casco urbano del municipio El Guacamayo
88	UIS-AV 3281	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Guacamayo	A 20 minutos caminando por sendero arriba de la casa de la finca Buena Vista, estribación Cerro Churri Churri, vereda Cedrales, a 1,4 km lineales al NEpN del casco urbano del municipio El Guacamayo

89	UIS-AV 3285	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Guacamayo	A 20 minutos caminando por sendero arriba de la casa de la finca Buena Vista, estribación Cerro Churri Churri, vereda Cedrales, a 1,4 km lineales al NEpN del casco urbano del municipio El Guacamayo
90	UIS-AV 3302	<i>Basileuterus tristriatus</i>	Guacamayo	A 20 minutos caminando por sendero arriba de la casa de la finca Buena Vista, estribación Cerro Churri Churri, vereda Cedrales, a 1,4 km lineales al NEpN del casco urbano del municipio El Guacamayo

**Apéndice B.** Matrices de correlación entre variables morfométricas. Mapas de calor que muestran los coeficientes de correlación de Pearson entre variables morfométricas en cada una de las especies analizadas. Las especies incluidas son *Arremon torquatus*, *Atlapetes albofrenatus*, *Basileuterus tristriatus*, *Coeligena torquata* y *Metallura tyrianthina*. Las variables evaluadas incluyen AltoPico, AnchoPico, Culmen, LargoAla, LargoCola y Tarso. Los valores están codificados por color, desde correlaciones negativas (morado) hasta positivas fuertes (amarillo).

