

Diversidad taxonómica y funcional de aves en tres tipos de bosque ubicados a lo largo del
gradiente altitudinal de la vereda Esparta en Santa Bárbara, Santander

Dubán Andrei Chacón Castrillón

Trabajo de Grado para Optar al Título de Biólogo

Director

Víctor Hugo Serrano Cardozo

Doctor en Ciencias Biológicas

Codirector

Martha Patricia Ramírez Pinilla

Doctora en Ciencias Biológicas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Programa Académico

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Este trabajo que concluye una importante etapa de mi vida está dedicado a mi madre Isbelia y a mi padre Roberto quienes me han enseñado importantes lecciones y me han apoyado incondicionalmente, gracias a ellos he podido llegar donde estoy.

Agradecimientos

Agradezco a los amigos que conocí durante mi vida universitaria que me enseñaron diferentes maneras de ver las cosas y me acompañaron en los buenos y malos momentos y siempre los llevaré con cariño: Leonardo, Silvia, Diana, Camila y Nathalia.

A Masciel por todos los años que estuvo a mi lado motivándome y apoyándome, haciendo que mi recorrido universitario sea emocionante y divertido. A mi fiel compañero de laboratorio Sebastián que siempre llenó mis días de aventuras y anécdotas para recordar, aprecio mucho poder estudiar y compartir esta carrera con ellos.

A Carolina por darme apoyo y recordarme que con esfuerzo siempre podre lograr lo que me proponga.

A mis compañeros de laboratorio con quienes pase buenos momentos y siempre me llenaron de motivación.

Al profesor Víctor Hugo Serrano por su orientación, su carisma y su profesionalismo con el que enseña. A la profesora Martha Patricia Ramírez por comprenderme, darme apoyo y aconsejarme cuando las cosas no resultaban.

A don Robinson y doña Arelis por acogerme en su finca haciendo posible la realización de este proyecto. A mis fieles acompañantes, Hércules, Brush y Apache, quienes me acompañaban en mis recorridos y se quedaban conmigo mientras acampaba en Páramo.

Por último, a la Universidad Industrial de Santander, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de poder estar en esta hermosa carrera. A la Escuela de Biología y al Grupo de Estudios en Biodiversidad (GEBIO) por darme las herramientas para poder conocer y aprender sobre esta hermosa ciencia.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos.....	14
1.1 Objetivo General.....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Competencias.....	15
3. Metodología.....	15
3.1 Área de estudio	15
3.2 Toma de datos	17
3.2.1 Muestreo de aves.....	17
3.2.2 Medidas de rasgos funcionales	18
3.3 Análisis de datos	18
3.3.1 Análisis de diversidad taxonómica	18
3.3.1.1 Composición de especies	18
3.3.1.2 Diversidad alfa	19
3.3.1.3 Diversidad beta	19
3.3.2 Análisis de diversidad funcional.....	20
3.3.2.1 Diversidad alfa funcional.....	20
3.3.2.2 Diversidad beta funcional	20
4. Resultados.....	21
4.1. Diversidad taxonómica	21
4.1.1 Composición de especies	21

4.1.2 Diversidad alfa	24
4.1.3 Diversidad beta	26
4.2. Diversidad funcional	27
4.2.1 Diversidad alfa funcional	27
4.2.2 Diversidad beta funcional	27
5. Discusión	32
5.1 Diversidad taxonómica	32
5.1.1 Diversidad alfa	32
5.1.2 Diversidad beta	36
5.2 Diversidad funcional	38
5.2.1 Diversidad alfa	38
5.2.2 Diversidad beta	39
6. Conclusiones	40
Referencias Bibliográficas	41
Apéndices	50

Lista de Tablas

Tabla 1. Valores de diversidad beta utilizando el índice de disimilitud de Jaccard comparando los tres tipos de ecosistemas 26

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Mapa del área de estudio.	16
Figura 2. Ecosistemas muestreados dentro del área de estudio	17
Figura 3. Representatividad de familias de aves observadas en la vereda Esparta.....	22
Figura 4. Representatividad de familias de aves observadas por tipo de ecosistema en la vereda Esparta.....	23
Figura 5. Curva de rango-abundancia de las especies de aves observadas en los tres tipos de ecosistemas en la vereda Esparta.....	24
Figura 6. Curvas de rarefacción y extrapolación de la avifauna de Bosque Andino, Bosque Altoandino y Páramo	25
Figura 7. Índices de diversidad funcional entre Bosque Andino, Bosque Altoandino y Páramo.	28
Figura 8. Diversidad beta funcional entre Bosque Andino y Páramo.....	29
Figura 9. Diversidad beta funcional entre Bosque Andino y Bosque Altoandino.....	30
Figura 10. Diversidad beta funcional entre Bosque Altoandino y Páramo.....	31

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Registros de especies de aves para los tres tipos de bosque en la vereda Esparta en Santa Bárbara Santander	50
Apéndice B. Rasgos funcionales de las especies registradas para la vereda Esparta en Santa Bárbara Santander	54
Apéndice C. Correlación de Pearson de los rasgos morfométricos de la avifauna.....	58
Apéndice D. Ilustración la calidad del espacio funcional cuantificando la media de las desviaciones absolutas.....	59
Apéndice E. Relación entre los rasgos y los ejes de los PCoA seleccionados	60
Apéndice F. Figura de algunas fotografías realizadas de las especies de la avifauna de la vereda Esparta.....	61

Resumen

Título: Diversidad taxonómica y funcional de aves en tres tipos de bosque ubicados a lo largo del gradiente altitudinal de la vereda Esparta en Santa Bárbara, Santander*

Autor: Dubán Andrei Chacón Castrillón**

Palabras Clave: Aves, ecosistemas, gradientes de elevación, diversidad taxonómica, diversidad funcional.

Descripción: Colombia es el país con mayor diversidad de aves, gran parte se encuentra concentrada en las montañas, permitiéndoles actuar como modelos para comprender los procesos ecosistémicos, además, la diversidad sigue diferentes patrones dentro de los gradientes de elevación. Dado lo anterior, se analizó la diversidad taxonomía y funcional de la avifauna de Bosque Andino, Bosque Altoandino y Páramo ubicados en la vereda Esparta en Santa Sabara, Santander. Se observó que la diversidad taxonómica y la riqueza funcional siguieron un patrón de disminución monotonía a favor del gradiente de elevación donde el Bosque Andino fue el ecosistema más diverso y el Páramo el que mostró la menor diversidad. Por otro lado, el Páramo presentó la mayor la equitatividad funcional indicando que, aunque los Páramos ofertan menos recursos que los bosques, estos se distribuyen más equitativamente. Por último, en la divergencia y la especialización funcional no se observaron diferencias entre los ecosistemas, pero indicaron las especies más abundantes tienen atributos únicos y que la mayoría de las especies se alimentan de una única gama de recursos. En general, los tres ecosistemas presentaron diferencias, siendo el Bosque Andino y el Páramo los más contrastantes. Aunque la composición de especies fue distinta a nivel taxonómico, funcionalmente los ecosistemas mostraron una mayor convergencia. Resaltando la importancia de analizar la diversidad funcional junto con la diversidad taxonómica, con el fin de obtener una visión más completa y detallada del funcionamiento de los ecosistemas.

* Pasantía de investigación

** Facultad de ciencias. Escuela de biología. Programa académico biología. Director: Víctor Hugo Serrano Cardozo. Doctor en Ciencias Biológicas. Codirector: Martha Patricia Ramírez Pinilla. Doctora en Ciencias Biológicas.

Abstract

Title: Taxonomic and functional diversity of birds in three types of forests located along the altitudinal gradient of the Esparta village/locality in Santa Bárbara, Santander *

Author(s): Dubán Andrei Chacón Castrillón **

Key Words: Birds, ecosystems, elevational gradient, taxonomic diversity, functional diversity.

Description: Colombia is the country with the greatest diversity of birds, which is concentrated in the mountains, allowing them to serve as models for understanding ecosystem processes, also diversity follows different patterns within elevation gradients. Given this, the taxonomic and functional diversity of the avifauna in the Andean forest, high Andean forest, and Páramo located in the village of Esparta in Santa Sabana, Santander, was analyzed. It was observed that taxonomic diversity and functional richness followed a pattern of monotonic decrease with increasing elevation, with the Andean forest being the most diverse ecosystem and the Páramo showing the lowest diversity. On the other hand, the Páramo exhibited the highest functional evenness, indicating that the resources offered by this ecosystem are more evenly distributed although it has fewer resources than the forests. Finally, divergence and functional specialization showed no differences between ecosystems but indicated that the most abundant species have unique attributes and that most species feed on a wide range of resources. In general, the three ecosystems exhibited distinct differences, with the Andean forest and the Páramo being the most contrasting. While species composition varied at the taxonomic level, the ecosystems demonstrated greater functional convergence. This underscores the importance of analyzing functional diversity alongside taxonomic diversity to gain a more comprehensive and detailed understanding of ecosystem functioning.

* Degree Work

**Science Faculty. School of Biology. Director: Víctor Hugo Serrano Cardozo, PhD. Co-director: Martha Patricia Ramírez Pinilla, PhD.

Introducción

Colombia es un país con abundante biodiversidad debido a que geográficamente tiene 3 cordilleras: Occidental, Central y Oriental, además de la Sierra nevada de Santa Marta, que le otorgan gran variedad de climas, relieves y ecosistemas albergando un cuantioso número de especies de flora y fauna (García, 2022). Con respecto al grupo de las aves, según el Comité Colombiano de Registros Ornitológicos (CCRO) hasta enero de 2024, Colombia registra 1969 especies distribuidas en 31 órdenes, 95 familias y 749 géneros (Acevedo *et al.*, 2024; Echeverry-Galvis *et al.*, 2022), de las cuales 87 especies son endémicas y 202 casi-endémicas (Chaparro-Herrera *et al.*, 2024). Por otro lado, Santander presenta una alta heterogeneidad del paisaje debido a que se encuentra en una parte de la Cordillera Oriental, está delimitado por el Río Magdalena y por una cadena de Páramos; además, incluye ecosistemas desde selvas húmedas hasta Páramos (Torres, 2019), rasgos geográficos que le permiten albergar 935 especies de aves (SiB Colombia, 2024). Santa Bárbara, localidad de estudio, hace parte del departamento de Santander, se ubica en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, cuenta con una superficie de 224.26 km² y se han registrado en su territorio un total de 151 especies de aves (Torres, 2019).

De otro lado, las montañas son *hotspots* de biodiversidad, que se conciben como modelos útiles para comprender cómo los cambios en el entorno afectan a las comunidades biológicas (Fjeldsa, 2012); adicionalmente, son barreras fisiológicas y geográficas para las especies de los trópicos tornándolas más sensibles al cambio climático (McCain, 2009), lo que puede alterar los rangos geográficos y altitudinales en los que se distribuyen las especies con el aumento de la temperatura (Bender *et al.*, 2019). Analizar las variaciones de la diversidad en los gradientes de elevación es un tema de interés ya que es un factor que permite la toma de decisiones para la

conservación de las especies (García, 2022) y obtener perspectivas sobre su adaptabilidad frente al cambio climático (Bender *et al.*, 2019).

Con respecto a la diversidad de aves, esta cambia a lo largo del gradiente altitudinal, disminuyendo con la elevación (Terborgh, 1977). Se ha reportado que la riqueza de aves puede mostrar cuatro patrones en los gradientes altitudinales: diversidad decreciente, mesetas de baja altitud, mesetas de baja altitud con picos medios y picos unimodales de altitud media (McCain, 2009), y que esta variación puede darse por distintos factores como el tipo de la vegetación, la superficie terrestre, el clima, la disponibilidad de alimentos y la productividad (Koh *et al.*, 2006; McCain, 2009).

De la diversidad taxonómica se puede decir que esta permite entender los cambios en los gradientes mediante la riqueza, la abundancia y los índices de diversidad y equidad (Morin, 2011), pues todas las especies son equivalentes y que es su abundancia la que determina la importancia relativa dentro del ecosistema (Córdova-Tapia y Zambrano, 2015). Sin embargo, los análisis de diversidad taxonómica suelen estar limitados al momento de entender la relación entre la diversidad y la estructura de las comunidades junto con el funcionamiento de ecosistemas (Tilman, 2001; Diaz y Cabido, 2001), pues la abundancia relativa no es un buen predictor del impacto de las especies dentro de su hábitat, mientras que las características funcionales tienen una fuerte repercusión en las propiedades del ecosistema (Hooper *et al.*, 2005). Por lo tanto, la diversidad funcional (DF) es un complemento crucial para tener un acercamiento más preciso de los procesos ecosistémicos (Córdova-Tapia y Zambrano, 2015), pues permite comprender los roles que cumplen las especies a partir de los rasgos funcionales (Tilman, 2001; Petchey y Gaston, 2002) midiendo la variación de los rasgos dentro de la comunidad (Gómez-Ortiz *et al.*, 2019), los cuales

influyen en el desempeño de los organismos y tienen efecto sobre las especies dominantes y las especies clave (Hooper *et al.*, 2005).

Dado lo anterior, el presente trabajo de pasantía de investigación tiene como objetivo evaluar la diversidad taxonómica y funcional de aves en tres tipos de bosque ubicados a lo largo del gradiente altitudinal en Santa Bárbara, con el propósito de contribuir con nueva información sobre la avifauna en este municipio. Se hicieron muestreos en transectos lineales extensos para el registro de la avifauna con observaciones visuales y auditivas, además, se tomaron los rasgos funcionales para las especies de aves registradas a partir de la base de datos Avonet e información obtenida de proyectos anteriores. A partir de estos datos se realizaron los análisis de diversidad taxonómica y funcional.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar la diversidad taxonómica y funcional de aves en Bosque Andino, Bosque Altoandino y Páramo en el municipio Santa Bárbara, Santander.

1.2 Objetivos Específicos

Analizar la diversidad alfa de la avifauna en los tres tipos de ecosistemas.

Comparar la composición de especies entre las tres zonas de muestreo.

Determinar la diversidad funcional de la avifauna en los tres ecosistemas usando índices de diversidad alfa y beta.

2. Competencias

Adquiere destreza en técnicas de campo para la caracterización de la avifauna y el reconocimiento taxonómico de las especies.

Aplica herramientas de análisis estadísticos para estimar la diversidad taxonómica y funcional de la avifauna.

Interpreta los datos y resultados obtenidos.

Elabora un informe conciso y con rigor científico.

3. Metodología

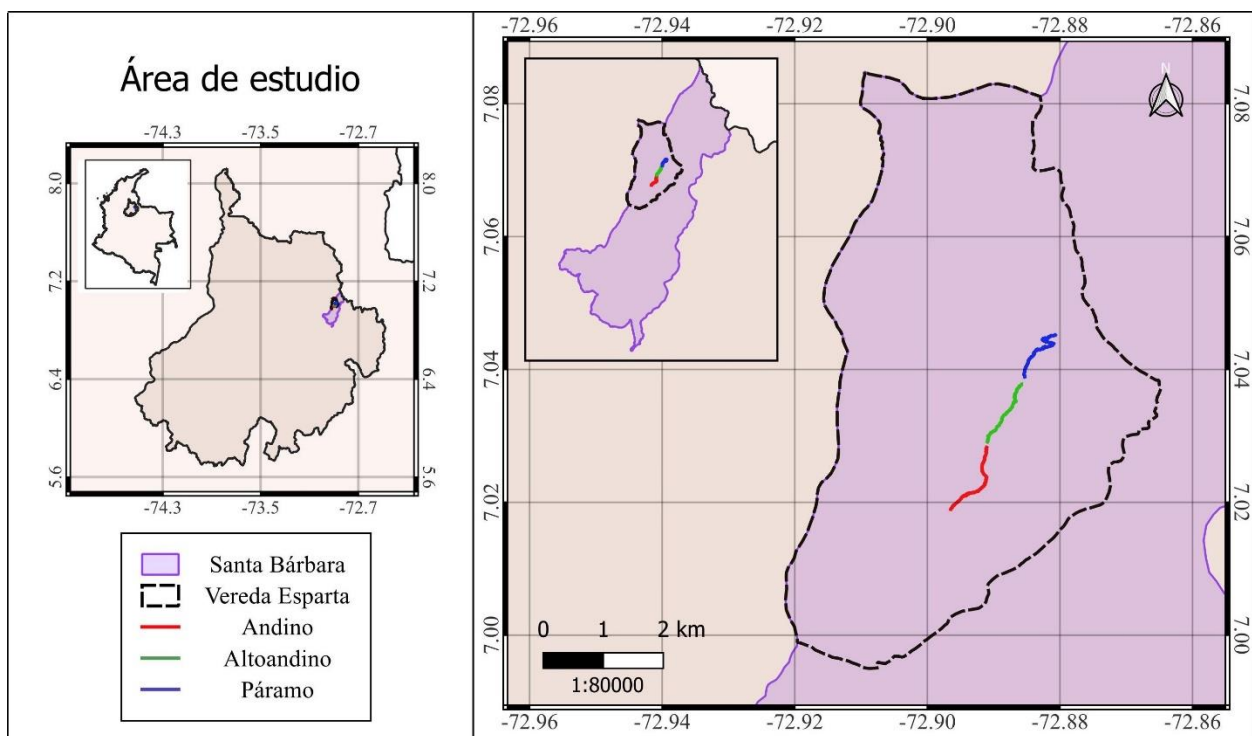
3.1 Área de estudio

El área de estudio se encuentra hacia el norte del municipio Santa Bárbara, en la vereda Esparta (7.01 N, -72.89 O) en un rango altitudinal de 2.300 a 3.500 m s. n. m. (Figura 1). La zona presenta un régimen climático bimodal con dos picos de lluvia, el mayor en octubre y el siguiente en mayo (CHELSA, 2024); la temperatura media anual oscila entre -1.7 °C hasta los 31 °C (Cacua, 2016). Para esta área, Cacua *et al.* (2018) describen 4 tipos de bosque: el Bosque Andino, Bosque Altoandino, subPáramo y Páramo. El Bosque Andino (Figura 2A) va desde los 2.300 hasta los 2.700 m s. n. m., con vegetación arbórea dominada por *Quercus humboldtii* (roble), cuyas alturas van de los 10 a 20 m; en el sotobosque se encuentran especies como *Palicourea apicata* y *Psychotria aubletiana* con alturas promedio de 5 m. El Bosque Altoandino (Figura 2B) inicia en los 2.700 m y llega hasta los 3.100 m, aunque predomina el roble, también se encuentran especies como *Weinmannia sp* y *Cyathea sp.* con alturas promedio del dosel de 13.2 m s. n. m. para las zonas bajas y 11.9 m para las zonas altas; en el sotobosque se encuentran especies como *Alchornea grandiflora* y *Miconia stipularis* con alturas de 5.3 m y 6.1 m para zonas bajas y altas respectivamente. El subPáramo va desde 3.100 hasta 3.400 m s. n. m. y presenta promedios de 4.8

m de altura de vegetación, adicionalmente se observan especies arbustivas como *Gaultheria anastomosans* y *Macleania rupestris*. Por último, el Páramo se observa desde 3.400 m en adelante donde destacan las gramíneas como *Aulonemia sp.* y se encuentran frailejones como *Libanothamnus occultus* y *Espeletia conglomerata*. En el presente estudio, las regiones subPáramo y Páramo se tomarán como Páramo (Figura 2C).

Figura 1

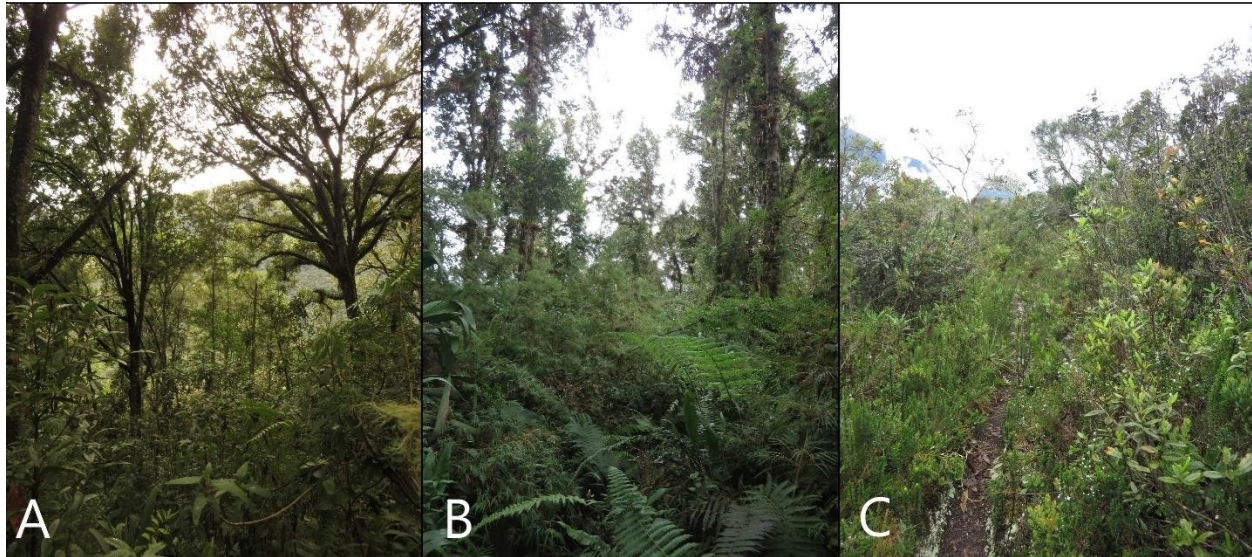
Mapa del área de estudio.



Nota: Mapa elaborado en QGIS. Corresponde a los tres tipos de ecosistemas muestreados; Bosque Andino (rojo), Bosque Altoandino (verde) y Páramo (azul), dentro de la vereda Esparta (interlineado) en Santa Bárbara (morado).

Figura 2

Ecosistemas muestreados dentro del área de estudio



Nota: Las fotografías corresponden a: A. Bosque Andino, B. Bosque Altoandino y C. Páramo.

3.2 Toma de datos**3.2.1 Muestreo de aves**

Para el censo de la avifauna se empleó un transecto lineal extenso (>1.4 km) con un ancho de 20 m para cada tipo de ecosistema (Gregory *et al.*, 2004), se registraron todas las aves observadas y escuchadas por un único y mismo observador; después de registrar una especie no se tuvo en cuenta durante 150 m para evitar el recuento. Se realizaron seis *muestreos* en cada uno de los tres tipos de ecosistema entre las 06:00 y 12:00 horas (h) y entre las 13:00 las 17:00 h, para obtener un esfuerzo de muestreo total de 60 horas por tipo de bosque y un total de 180 h para todo el muestreo. Las observaciones se llevaron a cabo con binoculares Athlon 10x42X y se tomaron fotografías con una cámara Nikon Powershot sx60hs. Para la identificación taxonómica de las especies se hizo uso de la guía ilustrada de la avifauna colombiana de Ayerbe-Quiñones (2019). Adicionalmente, se revisó la taxonomía usando la clasificación y ordenación de la lista de especies

propuesta por el Comité de Clasificación de Aves Sudamericano (SACC) (Remsen *et al.*, 2024) (Apéndice A).

3.2.2 Medidas de rasgos funcionales

Siguiendo la metodología y terminología de López-Ordoñez *et al.* (2016) se tomaron ocho rasgos morfométricos: longitud del culmen expuesto (LCE), ancho del pico a la altura de las narinas (AnP), cuerda alar cerrada (CA), distancia entre plumas primarias y secundarias (Dis1-2), longitud de la cola (LC), masa corporal (M), longitud del tarso (LT) e índice mano-ala (HWI). Estos datos fueron tomados de salidas de campo anteriores y de registros realizados por otros investigadores; para las especies de las que no se obtuvieron datos, los rasgos morfológicos se tomaron de la base de datos Avonet (Tobias *et al.*, 2022). Adicionalmente se agruparon las especies en tres rasgos de historia de vida: dieta (D), estrato de forrajeo (EF) y comportamiento social (CS) (López-Ordoñez *et al.*, 2016). La dieta se asignó dependiendo del 60% de los ítems alimenticios registrados en la base de Wilman *et al.* (2014), mientras que el estrato de forrajeo y el comportamiento social se asignó dependiendo de las observaciones realizadas en el muestreo de aves de este proyecto (Apéndice B). Posteriormente se emplearon los paquetes “stats” (R Core Team, 2024) y “corrplot” (Wei y Simko, 2021) para realizar y graficar una correlación de Pearson y eliminar los rasgos morfológicos que estén correlacionados con más rasgos (Apéndice C).

3.3 Análisis de datos

3.3.1 Análisis de diversidad taxonómica

3.3.1.1 Composición de especies.

Se creó una matriz de abundancias con los datos obtenidos para describir la composición taxonómica de especies de aves en el muestreo. Adicionalmente, se elaboraron diagramas de barras

para describir la representatividad de las familias de aves en Excel y se empleó el paquete “BiodiversityR” (Kindt, 2005) del programa R para realizar curvas de acumulación de especies para determinar las especies con mayor abundancia en los tres tipos de ecosistemas.

3.3.1.2 Diversidad alfa.

Con la matriz de abundancias, por tipo de bosque, se realizaron los análisis de diversidad alfa usando el programa R empleando el paquete “iNEXT” (Hsieh *et al.*, 2022), con el que se calcularon los números efectivos de especies de los diferentes tipos de bosque, los cuales se encuentran sujetos al orden de diversidad q , donde:

$q = 0$ corresponde a la riqueza de especies, las abundancias no se toman en cuenta, tomando frecuencias iguales para todas las especies.

$q = 1$, la abundancia tiene un peso moderado, considera especies raras y comunes, correspondiendo al exponencial de la entropía del índice de Shannon.

$q = 2$ la abundancia tiene mayor peso, favoreciendo las especies comunes y corresponde al inverso del índice de Simpson (Chao *et al.*, 2014; Jost, 2006).

3.3.1.3 Diversidad beta.

Se construyó una matriz de presencia-ausencia por tipos de bosque y con esta se calculó la diversidad beta empleando la metodología que propuso Baselga (2012) y se comparó la composición de especies en los tipos de bosque con el índice de disimilitud de Jaccard (β_{jac}), el cual se divide en dos componentes aditivos: el componente de recambio (β_{jtu}), y el componente de disimilitud derivado de las diferencias de riqueza (β_{jne}). Esto se llevó a cabo usando el paquete “betapart” en R (Baselga y Orme, 2012).

3.3.2 Análisis de diversidad funcional

3.3.2.1 Diversidad alfa funcional.

Se creó una matriz de abundancias con las especies en las columnas y los tres tipos de bosque en las filas y adicionalmente, se construyó una matriz de rasgos funcionales con los nombres de los rasgos en las columnas y las especies en las filas. Como se tienen datos tanto cuantitativos como cualitativos, se calculó la distancia entre especies basada en rasgos con la medida de distancia de Gower. Además, se evaluó la calidad del espacio funcional realizando un análisis de coordenadas principales (PCoA) cuantificando la media de las desviaciones absolutas (MAD) y seleccionado el que presenta menor valor de desviación (Magneville *et al.*, 2022) (Apéndice D) y finalmente se graficaron las correlaciones entre los diferentes rasgos y los ejes del espacio funcional (Apéndice E). Se utilizó la función `alpha.fd.multidim` para realizar los análisis de diversidad alfa funcional tomando los índices de riqueza funcional (FRic), divergencia funcional (FDiv), equitatividad funcional (FEve) y especialización funcional (FSpe) (Villéger *et al.*, 2010; Laliberté y Legendre, 2010), reconocidos por Córdova- Tapia y Zambrano (2015) como componentes principales de la diversidad funcional. Los análisis se realizaron empleando el paquete `mFD` en R studio (Magneville *et al.*, 2022).

3.3.2.2 Diversidad beta funcional.

A partir de las coordenadas seleccionadas con menor valor de media de la desviación absoluta y de una matriz de abundancias por ecosistema, se realizó el análisis de diversidad beta funcional haciendo uso de la función `beta.fd.multidim` siguiendo la metodología propuesta por Magneville *et al.* 2022.

4. Resultados

4.1. Diversidad taxonómica

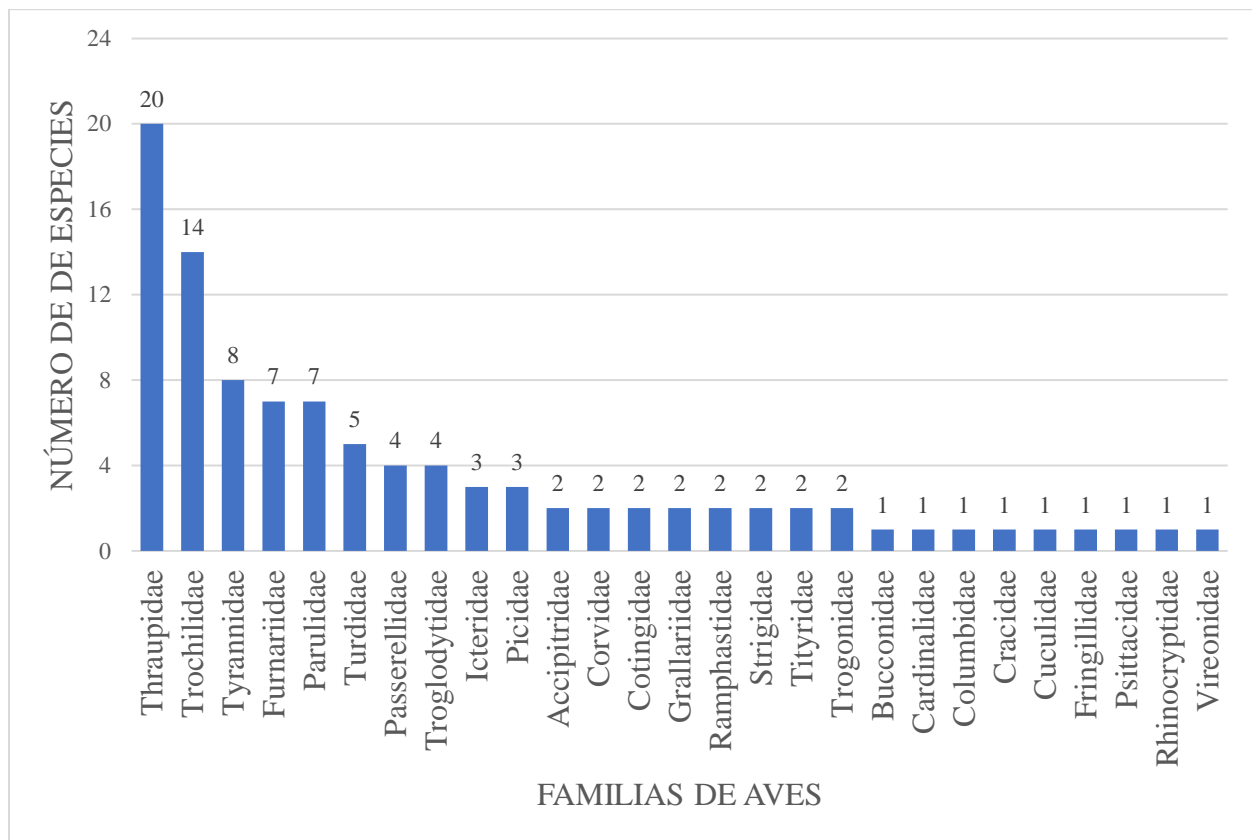
4.1.1 *Composición de especies*

En la vereda Esparta se observaron 1099 individuos, los cuales corresponden a 100 especies de aves pertenecientes a 11 órdenes, 27 familias y 81 géneros. Se registraron 791 individuos en el Bosque Andino correspondiendo a 85 especies que se encuentran dentro de 10 órdenes, 25 familias y 68 géneros. Del mismo modo se observaron 221 individuos para el Bosque Altoandino, estos representan 42 especies que pertenecen a 8 órdenes, 19 familias y 39 géneros. Los últimos 87 individuos se registraron en Páramo y corresponden a 28 especies pertenecientes a 8 órdenes, 17 familias y 26 géneros (Apéndice A). Algunas de las aves observadas se muestran en el Apéndice F.

Las familias Thraupidae, Trochilidae y Tyrannidae fueron las que presentaron la mayor riqueza de las especies, representando el 20%, 14% y 8% respectivamente, seguidas de las familias Furnariidae y Parulidae con un 7%, Turdidae representa el 5%, mientras que Passerellidae y Troglodytidae el 4% cada una. Icteridae y Picidae poseen una representatividad del 3% y las familias Accipitridae, Corvidae, Cotingidae, Grallariidae, Ramphastidae, Strigidae, Tityridae y Trogonidae representan un 2% cada una. Por último, Bucconidae, Cardinalidae, Columbidae, Cracidae, Cuculidae, Fringillidae, Psittacidae, Rhinocryptidae y Vireonidae obtuvieron un 1% (Figura 3).

Figura 3

Representatividad de familias de aves observadas en la vereda Esparta



Nota: Las barras corresponden a el número de especies por familia registradas.

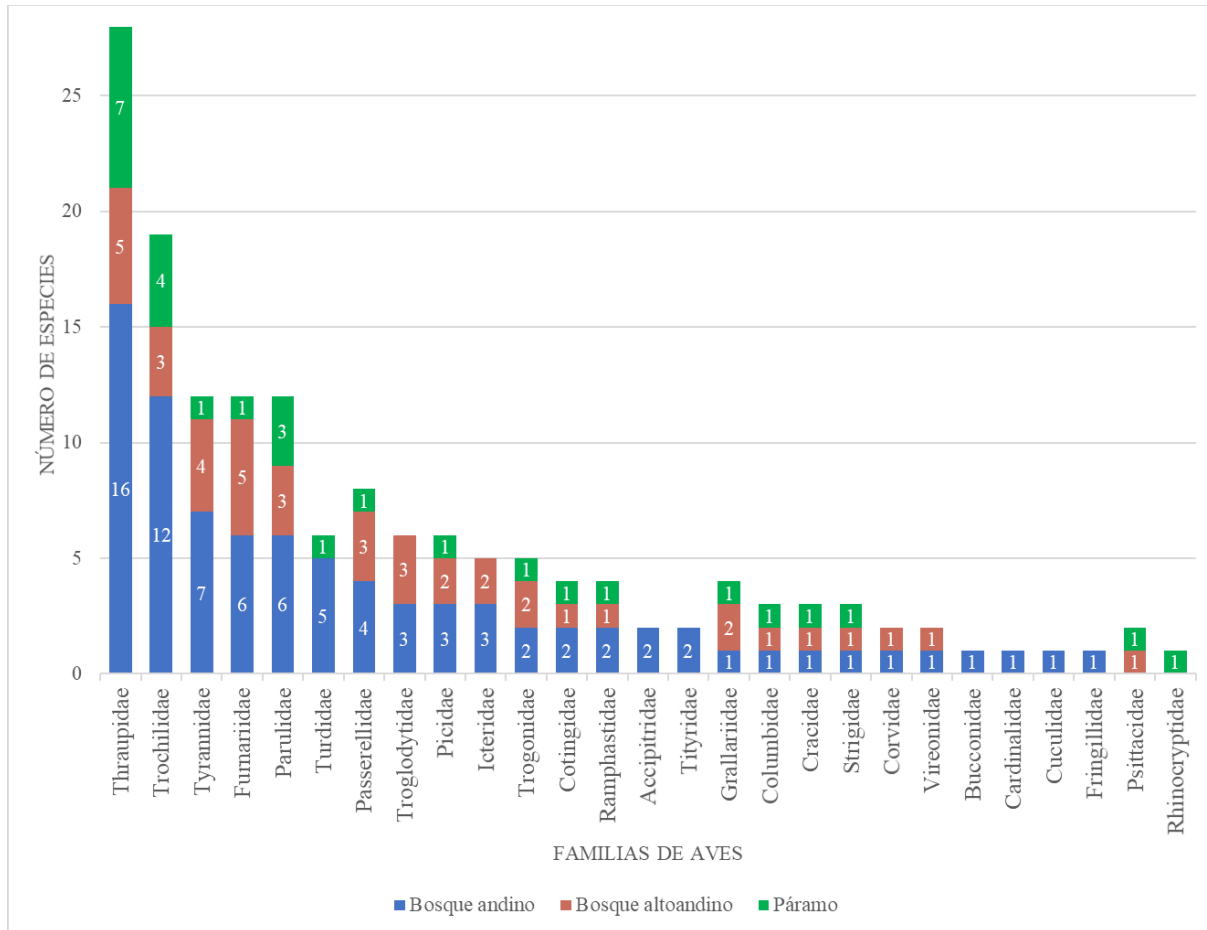
Las familias más representativas para Bosque Andino fueron: Thraupide, Trochilidae y Tyrannidae con 16, 12 y 7 especies respetivamente. Para bosque alto andino fueron: Thraupide y, Furnariidae con cinco especies cada una, además de Tyrannidae con cuatro especies. Por último, para Páramo fueron: Thraupide, Trochilidae con siete y cuatro especies respectivamente (Figura 4).

Las especies más abundantes para el Bosque Andino fueron *Melanerpes formicivorus*, *Setophaga fusca*, *Icterus chrysater*, *Pyrrhomyias cinnamomeus* y *Heliangelus clarisse*; mientras que para el Bosque Altoandino fueron *H. clarisse*, *Myioborus ornatus*, *P. cinnamomeus*, *Vireo*

leucophrys y *Cacicus chrysonotus*. Por último, para el Páramo las más representativas fueron *Diglossa lafresnayii*, *Eriocnemis vestita*, *Grallaria rufula*, *Patagioenas fasciata*, y *Anisognathus igniventris* (Figura 5).

Figura 4

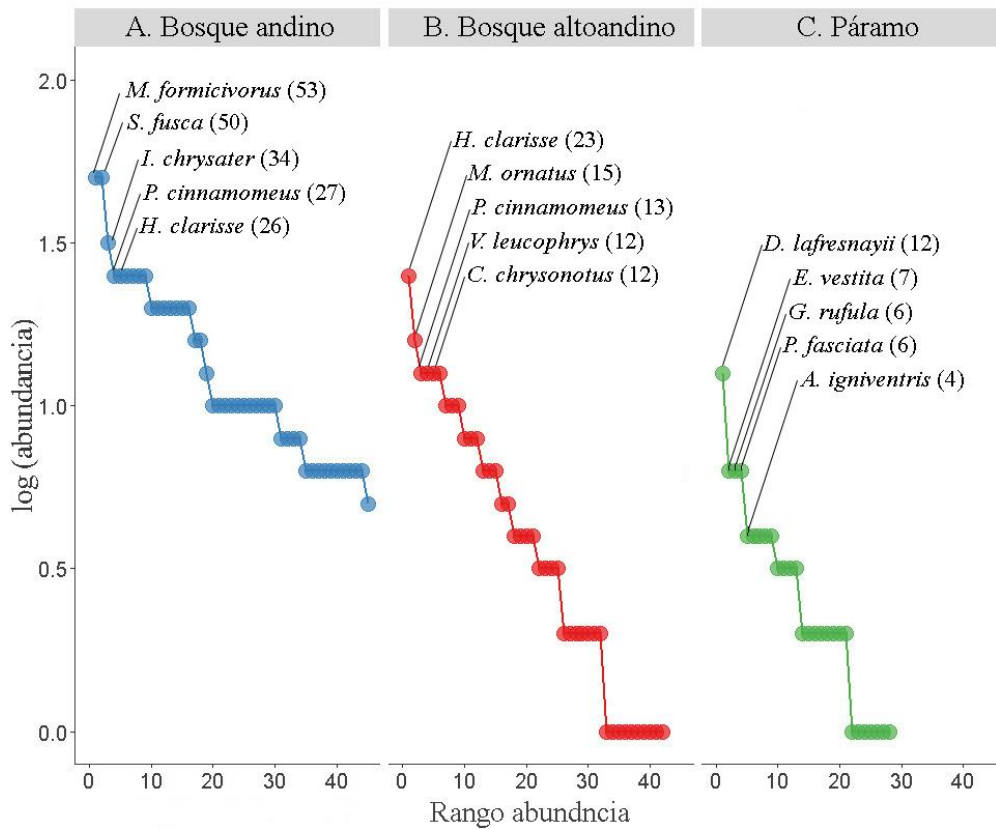
Representatividad de familias de aves observadas por tipo de ecosistema en la vereda Esparta



Nota: Las barras corresponden a el número de especies por familia registradas por ecosistema, Bosque Andino (azul) Bosque Altoandino (café) y Páramo (verde).

Figura 5

Curva de rango-abundancia de las especies de aves observadas en los tres tipos de ecosistemas en la vereda Esparta.



Nota: El gráfico A. corresponde al Bosque Andino, el gráfico B. corresponde al Bosque Altoandino y el grafico C. corresponde al Páramo. Se muestran las cinco especies que presentaron mayor abundancia.

4.1.2 Diversidad alfa

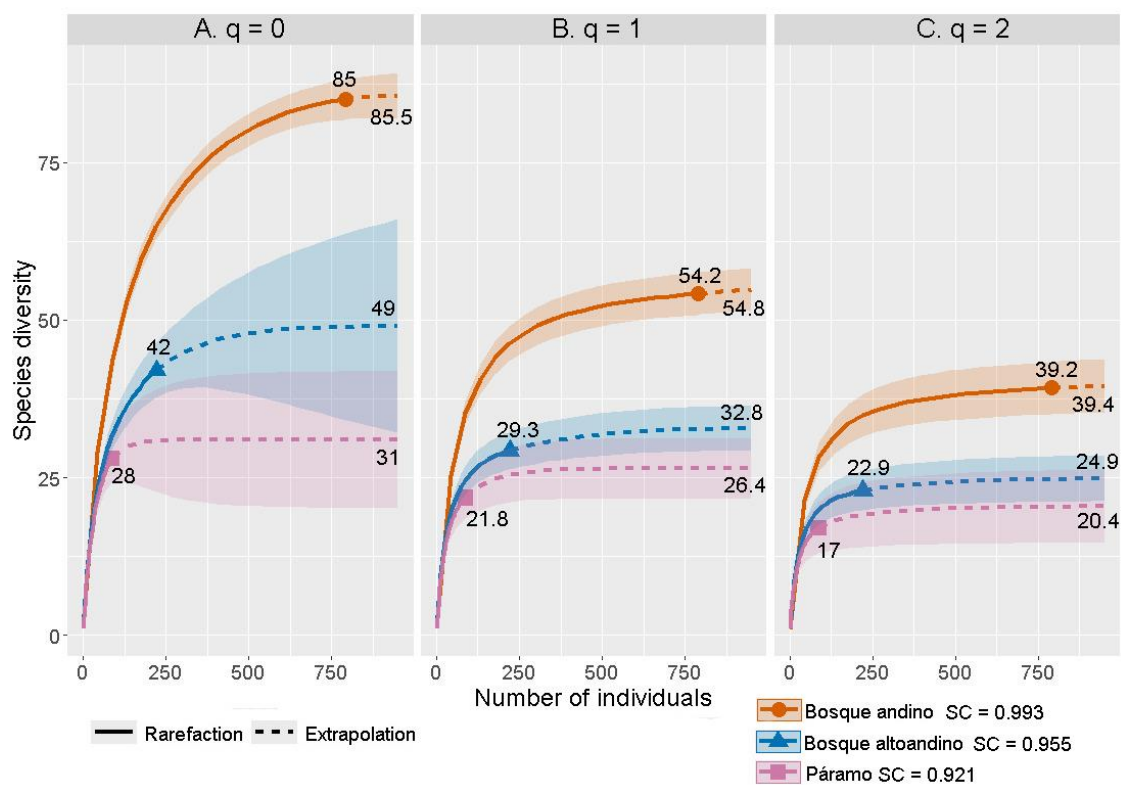
El estimador de la cobertura de muestreo (SC) evidenció valores altos para cada tipo de bosque, donde el Bosque Andino tuvo el mayor valor con un 99.3%, seguido del Bosque Altoandino con un 95.5% y por último el Páramo con 92,21% (Figura 6).

En los números de Hill, para el orden $q = 0$, el Bosque Andino tuvo la mayor riqueza con un total de 85 especies de 85.5 esperadas, seguido por el Bosque Altoandino con 42 especies de 49 esperadas, y con una menor riqueza, el Páramo con 28 especies de 31 esperadas (Figura 6A).

Para el orden $q = 1$, el Bosque Andino tuvo la mayor diversidad con 54.2, seguido del Bosque Andino con 29.3 y, por último, el Páramo con 21.8 (Figura 6B). Para el caso de $q = 2$, los valores indicaron que el Bosque Andino es el que tiene la mayor equidad con valor 39.2, posteriormente el Bosque Altoandino con 22.9 y el que tiene la menor equidad es el Páramo con 17 (Figura 6C).

Figura 6

Curvas de rarefacción y extrapolación de la avifauna de bosque andino, Bosque Altoandino y Páramo



Nota: Las gráficas corresponden: A. orden $q = 0$ riqueza de especies, B. orden $q = 1$ diversidad y C. orden $q = 2$ equidad.

De 100 especies encontradas, 47 fueron exclusivas de Bosque Andino, entre estas se encontraron: *Coeligena torquata*, *Colaptes rubiginosus*, *Malacoptila mystacalis* y *Pachyramphus albogriseus*. También se registró tres especies únicas de Bosque Altoandino siendo

estas *Cinnycerthia unirufa*, *Cyanolyca armillata* y *Ochthoeca rufipectoralis*. Por último, ocho especies exclusivas de Páramo, estas son: *Anisognathus igniventris*, *Chalcostigma heteropogon*, *Diglossa lafresnayii*, *Eriocnemis vestita*, *Hellmayrea gularis*, *Iridosornis rufivertex*, *Myiothlypis nigrocristata* y *Scytalopus griseicollis* (Apéndice B).

4.1.3 Diversidad beta

El análisis de diversidad beta entre los tres tipos de bosque arrojó una disimilitud del 76% siendo explicada en un 52.2% por el recambio y en un 23.8% por la diferencia de riqueza. Con respecto a las comparaciones de similitud entre ecosistemas, observamos que entre andino y altoandino la disimilitud es de un 62% siendo la diferencia de riqueza el que más contribuye con 33.4%. Entre andino y Páramo encontramos la mayor disimilitud con un 83.5% teniendo un mayor aporte el recambio con un valor del 66%. Por último, la disimilitud entre altoandino y Páramo es 67.9% donde la mayor contribución es de recambio con un 56.4% y teniendo el valor más bajo de diferencia de riqueza siendo este un 11.5% (Tabla 1).

Tabla 1

Valores de diversidad beta utilizando el índice de disimilitud de Jaccard comparando los tres tipos de ecosistemas

	β_{jac}	β_{Jtu}	β_{Jne}
Entre ecosistemas	0.760	0.522	0.238
Entre Bosque Andino y Bosque Altoandino	0.620	0.286	0.334
Entre Bosque Andino Páramo	0.835	0.600	0.235
Entre Bosque Altoandino y Páramo	0.679	0.564	0.115

Nota: Las abreviaciones corresponden a índice de disimilitud de Jaccard (β_{jac}), componente de recambio (β_{Jtu}) y componente de diferencia de riqueza (β_{jne}).

4.2. Diversidad funcional

4.2.1 *Diversidad alfa funcional*

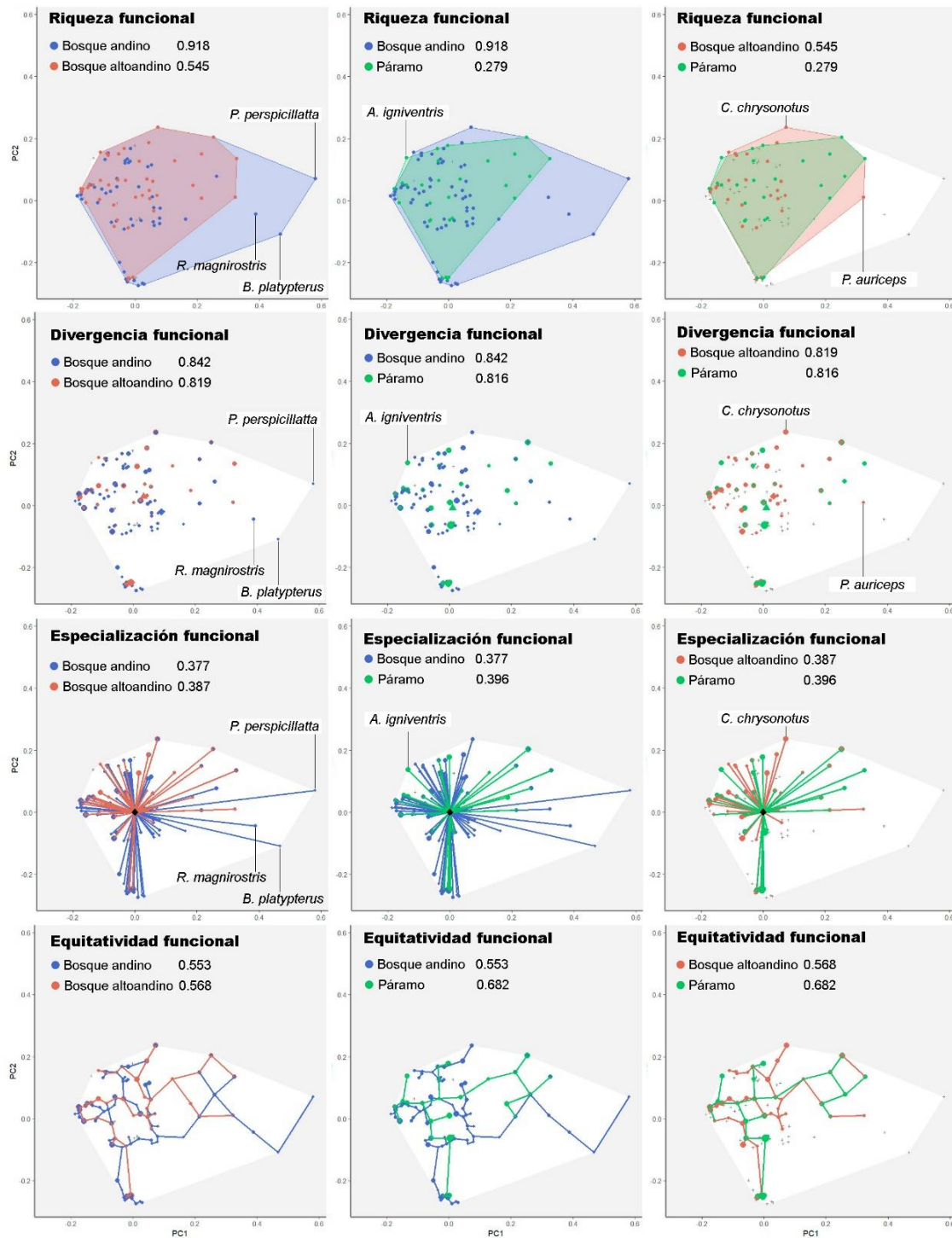
Con los índices de diversidad funcional empleados para los análisis de la avifauna de los tres tipos de bosque, se observó que para la riqueza funcional el Bosque Andino fue el que presentó el mayor valor (0.918), en cuanto al Bosque Altoandino y Páramo, estos presentaron valores más bajos (0.545 y 0.279). En el caso de la equitatividad funcional, el Páramo presentó el valor más alto (0.682) seguido del Bosque Altoandino (0.568), mientras que el Bosque Andino mostró el valor más bajo (0.553). Para la divergencia funcional en general se obtuvieron valores altos, pero no se observaron diferencias entre los tres sitios, cuyos valores fueron de 0.842, 0.819 y 0.816 para Bosque Andino, Bosque Altoandino y Páramo respectivamente. Por último, los valores de la especialización funcional en general fueron bajos y no hay diferencias entre los tres lugares, teniendo valores de 0.392 para Bosque Andino, 0.405 para Bosque Altoandino y 0.410 para Páramo (Figura 7).

4.2.2 *Diversidad beta funcional*

El análisis de diversidad beta funcional realizado con el índice de disimilitud de Jaccard mostró que los sitios más disímiles fueron el Bosque Andino y el Páramo con un valor de 0.533 donde el anidamiento o diferencia en el número de los rasgos funcionales aportó un 94.5% a la diferencia total (Figura 8), a su vez, el Bosque Andino y el Bosque Altoandino muestra un valor de disimilitud de 0.4069 donde el anidamiento o diferencia en el número contribuye un 75.9% a la desigualdad (Figura 9). Por último, los lugares más parecidos entre si son Bosque Altoandino y Páramo con un valor de disimilitud de 0.32 donde el anidamiento aporta un 83.37% a la distinción (Figura 10).

Figura 7

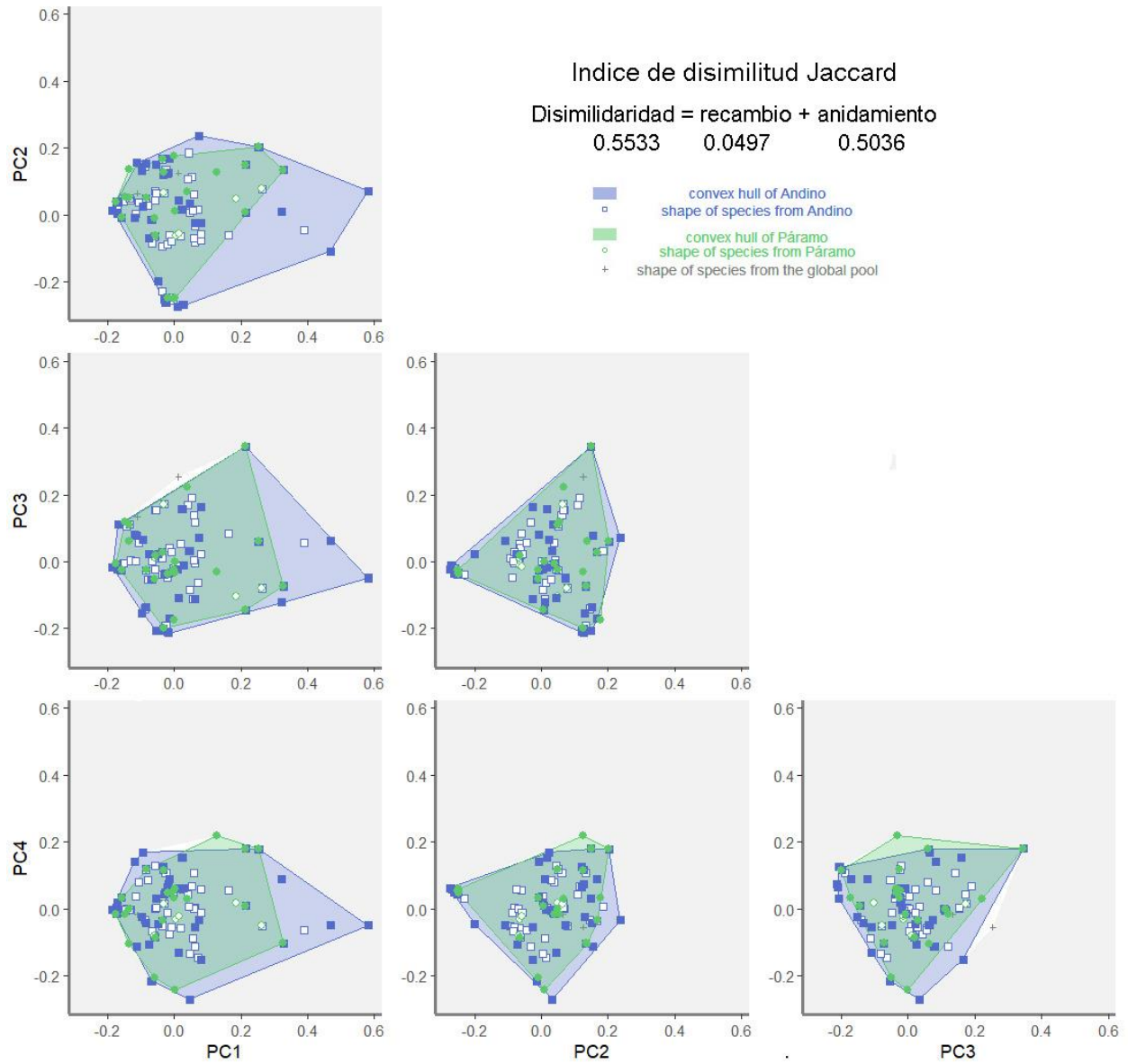
Índices de diversidad funcional entre Bosque Andino, Bosque Altoandino y Páramo



Nota: Los índices de diversidad funcional corresponden a riqueza funcional (FRic), divergencia funcional (FDiv), especialización funcional (FSpe) y equitatividad funcional (FEve).

Figura 8

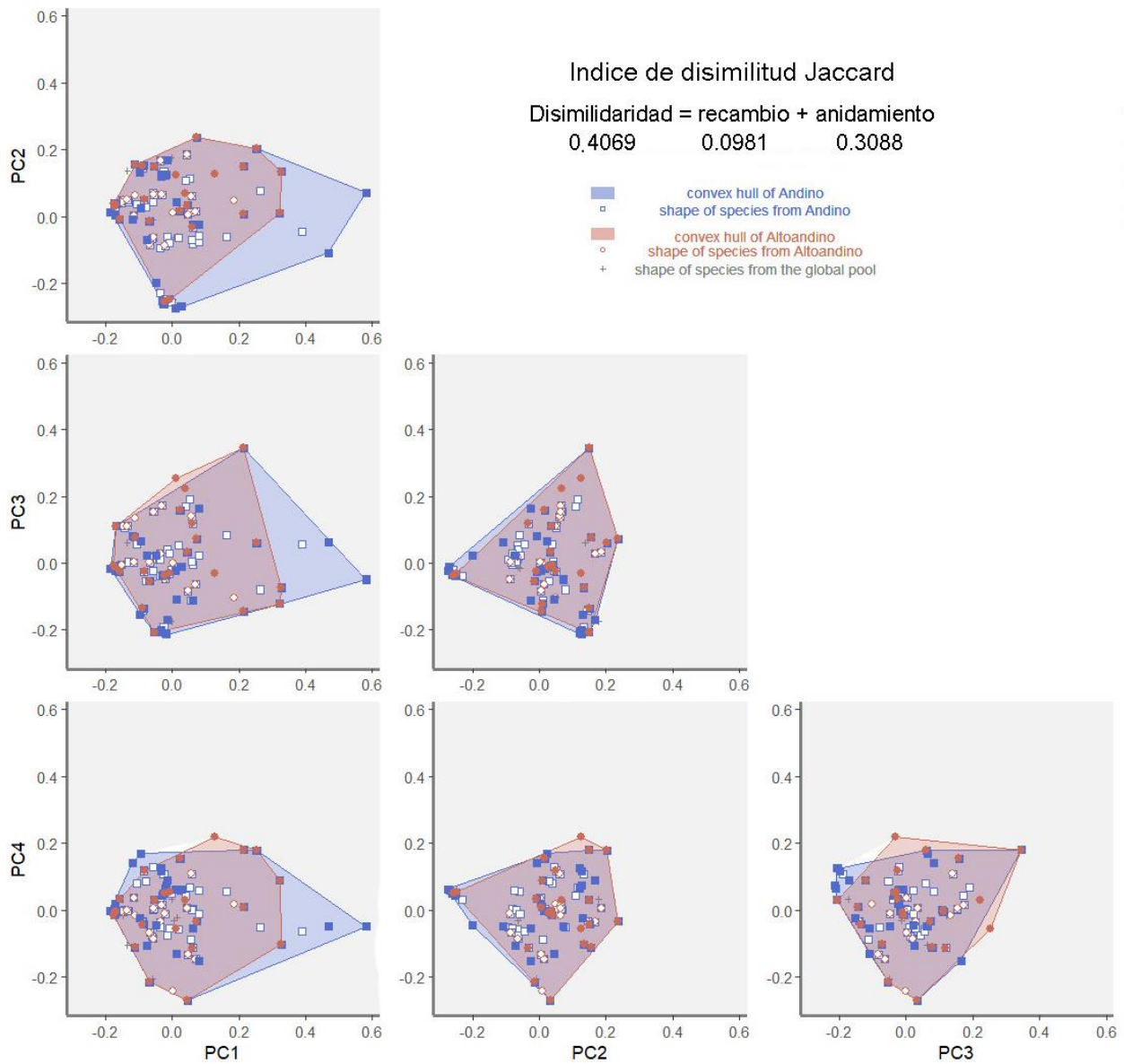
Diversidad beta funcional entre Bosque Andino y Páramo



Nota: Las figuras corresponden a: Bosque Altoandino (azul) y Páramo (verde).

Figura 9

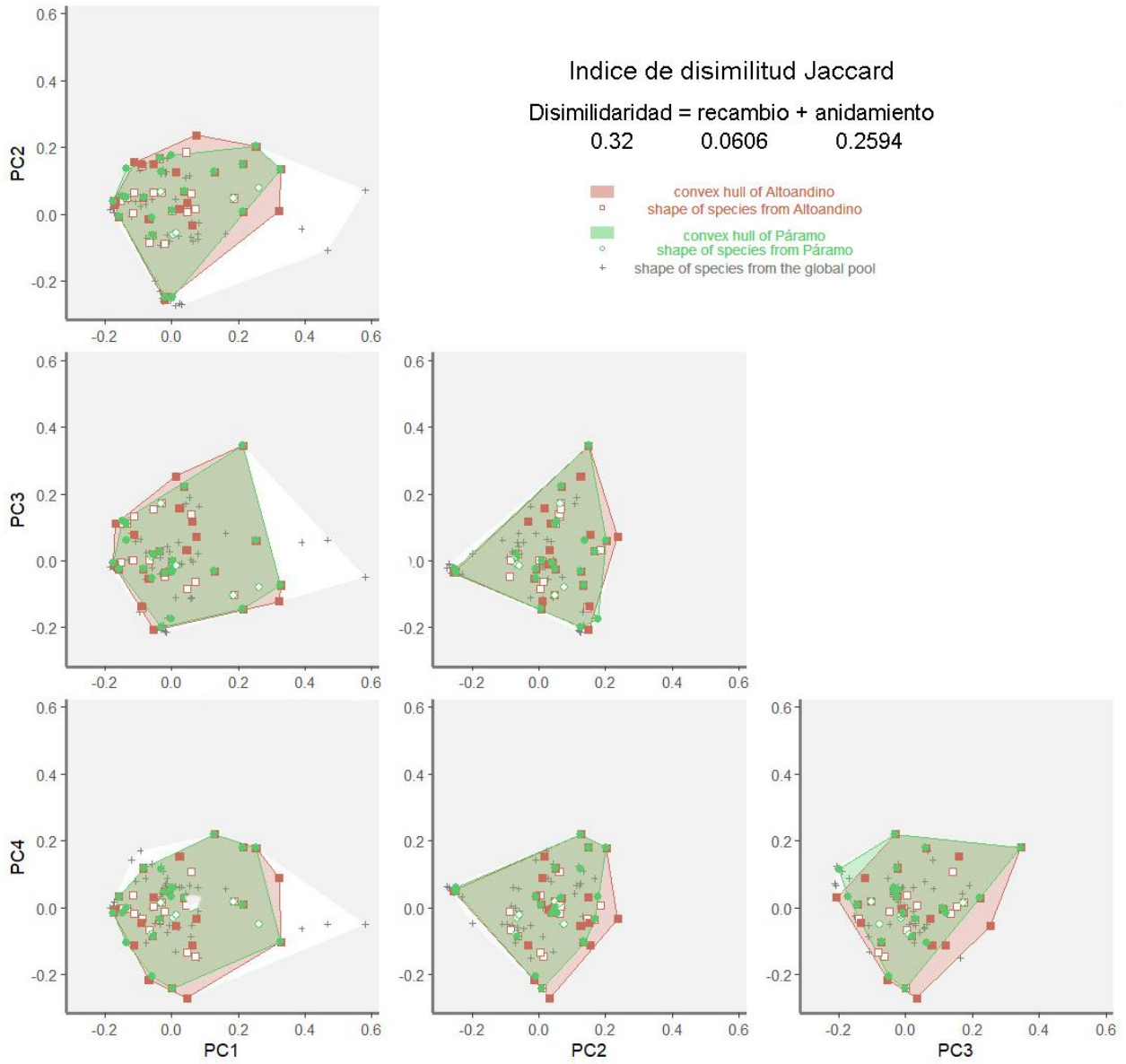
Diversidad beta funcional entre Bosque Andino y Bosque Altoandino



Nota: Las figuras corresponden a: Bosque Andino (rojo) y Bosque Altoandino (azul).

Figura 10

Diversidad beta funcional entre Bosque Altoandino y Páramo



Nota: Las figuras corresponden a: Bosque Andino (rojo) y Páramo (verde).

5. Discusión

5.1 Diversidad taxonómica

5.1.1 *Diversidad alfa*

La riqueza de especies de aves registradas para Santa Bárbara en este trabajo (100 spp) fue menor en relación con el proyecto Santander Bio en el cual se registraron 151 especies (Torres, 2019). Una de las posibles razones es el uso de las redes de niebla en el proyecto Santander Bio y no en este proyecto, pues estas son complementarias en los muestreos (Stiles y Rosselli, 1998) y cuyos resultados son útiles para registrar especies que presentan una baja detectabilidad. En cuanto a la composición de familias, Thraupidae (tángaras y afines), Trochilidae (colibríes) y Tyrannidae (atrapamoscas) fueron las más representativas con 20, 14 y 8 especies respectivamente, esto coincide con lo reportado como las familias más abundantes para la avifauna de la Cordillera Oriental Andina de Colombia (Bohórquez, 2002) y según el CCRO las familias con más especies para Colombia son Tyrannidae con 207, Thraupidae con 179 y Trochilidae con 165 especies (Echeverry-Galvis, 2022). Adicionalmente, las tangaras parecen estar involucradas en la cohesión de bandadas de especies mixtas y de acuerdo con Terborgh (1971), las especies frugívoras y las nectarívoras son componentes importantes en los bosques andinos e incrementan con la altura.

La riqueza de especies de aves presentó un patrón de disminución a medida que aumentaban los rangos de elevación; igual a lo reportado con frecuencia en la literatura (Kattan y Franco, 2004; Martínez y Rechberger, 2007; Arbeláez-Cortés y Marín-Gómez, 2012; Loera-Casillas *et al.*, 2022), registrándose la mayor riqueza, diversidad y equitatividad en el Bosque Andino, el cual está en el rango altitudinal de 2300 a 2700 m s. n. m. En este tipo de bosque se encuentran las mayores alturas de dosel, oscilando de 10 a 20 m (Cacua *et al.*, 2018), esto aporta mayor número de estratos verticales, lo cual incluye más fuentes de alimento, sitios de anidación

y refugios, permitiendo una mejor segregación de especies con rasgos similares, y con ello facilitando su cohabitación con poca competencia (McIntyre, 1995; Pigot *et al.*, 2016). Se observó que las familias más registradas fueron Thraupidae con 16 spp, Trochilidae con 12 spp y Tyrannidae con 7 spp, esto se puede deber a que los bosques andinos albergan una alta diversidad de epifitas (Cacua, 2016) ya que estas ofrecen recursos que son utilizados por las aves, tales como frutos, flores, semillas, agua, invertebrados dentro de bromelias y tanto materiales como sitios para la construcción de nidos (Nadkarni, 1989), además en el Bosque Andino no se observó dominancia en sus especies con respecto a los otros dos bosques, indicando que los recursos se reparten de forma más eficiente. Las especies más abundantes de este bosque fueron *M. formicivorus*; el cual se detectaba constantemente en bandadas monoespecíficas de 4 a 7 individuos y rara vez se observan solitarios, y *Setophaga fusca*; esta especie es migratoria boreal (Ayerbe-Quiñones, 2019) y se observó frecuentemente forrajeando en solitario y en bandadas mixtas.

El Bosque Altoandino, ubicado en el rango altitudinal de 2700 a 3100 m s. n. m., fue el segundo con mayor riqueza, diversidad y equitatividad. Para este bosque Cacua *et al.* (2018) reportó alturas de dosel más bajas, con promedios entre 13.2 y 11.9 m, otorgando una menor estratificación vertical del hábitat. Además, la disminución de especies puede estar asociada a la reducción de recursos (Terborgh, 1997), como sería el caso de la disminución de insectos grandes en altas elevaciones, pues refleja una disminución de las especies insectívoras (Janes, 1994; Martínez y Rechberger, 2007), lo cual favorece a las especies que utilizan los recursos ofrecidos por las bromelias como las especies de la familia Furnariidae y Thraupidae siendo estas las más representativas con cinco especies observadas para cada una, y la reducción de las especies de la familia Tyrannidae a cuatro spp. Esto concuerda con las familias que han sido citadas con mayor frecuencia como usuarias de las epifitas (Nadkarni y Matelson, 1989). En este caso se observa

dominancia por parte de algunas especies, entre las más registradas se encuentra *H. clarisse*; el cual fue el colibrí más abundante y encontrado en igual proporción en ambos bosques, esto puede deberse a la alta disponibilidad de alimento que ofertan los bosques además de la ofrecida por *Stigmacoccus asper*; pues es un insecto que se encuentra en abundancia en algunos bosques de roble de la Cordillera Oriental de Colombia, el cual secreta un excremento líquido azucarado siendo tan importante como el néctar floral (Chamorro *et al.*, 2013) y una fuente de alimento para los colibrís, otra razón puede ser por el comportamiento territorial de esta especie que se observó en campo. También *Myioborus ornatus*; siendo este uno de los más abundantes en las bandadas mixtas de bosques de tierras altas (Arbeláez-Cortés y Marín-Gómez, 2012; Marín-Gómez y Arbeláez-Cortés 2015) y *Vireo leucophrys* que se registró con frecuencia forrajeando en solitario y en bandadas mixtas. Además, otro de los más abundantes fue *Cacicus chrysonotus* siendo este uno de los pocos insectívoros grandes (>80 g) que se pueden encontrar en altas elevaciones (Martínez y Rechberger, 2007).

Por último, el Páramo presentó la menor riqueza, diversidad y equitatividad; aunque según lo observado en la extrapolación se espera que estas dos últimas tienden a ser similares que las del Bosque Altoandino. Puesto que es un ecosistema muy diferente compuesto de arbustos y pastizales, en donde se han registrado menos especies que en bosques de tierras más bajas y se encuentran tanto especies generalistas como especialistas de Páramo (Sevillano-Ríos y Rodewald, 2020). Las familias más representativas fueron Thraupidae con siete spp y Trochilidae con cuatro spp, igual a lo reportado en otros estudios (Arbeláez-Cortés y Marín-Gómez, 2012; Moreno-Palacios y Losada-Prado, 2016). Para este ecosistema se observó una dominancia por parte de algunas especies, pues la especie más abundante fue *Diglossa lafresnayii* la cual se registró casi el doble de veces que la siguiente especie más abundante. Otras de las especies más abundantes

fueron *Eriocnemis vestita* y *Anisognathus igniventris*, aun que tienen un amplio rango de distribución (Ayerbe-Quiñones, 2019) estas se observan con mayor frecuencia en Páramo y zonas de altas elevaciones (Marín-Gómez y Arbeláez-Cortés 2015). Por último, *P. fasciata* se observó en bandadas monoespecíficas y *G rufula* se detectó frecuentemente por cantos.

En el Bosque Andino se encontró 47 especies únicas (47%), dentro de las más representativas se encontraron: *I. chrysater*, es una especie común que se puede observar en diversos tipos de bosque; aunque prefiere bosques de matorrales y zonas abiertas (Murphy, 2009), y se distribuye por debajo de 2800 m (Ayerbe-Quiñones, 2019). Además de *Aulacorhynchus albivitta*, fue observada generalmente en bandadas monoespecíficas, su distribución va desde los 1500 hasta los 3300 m y se encuentra con mayor frecuencia en bosques nubosos de altas elevaciones (Pellouso, 2002; Ayerbe-Quiñones, 2019). Para el Bosque Altoandino se registraron tres especies exclusivas (3%), la especie más representativa fue *C. armillata*, esta ave es casi endémica de Colombia y se encuentra distribuida de 1500 a 3400 m (Ayerbe-Quiñones, 2019), se observó en grupos de hasta cinco individuos y ha sido reportada en bandadas mixtas de bosques montanos de tierras altas (Arbeláez-Cortés y Marín-Gómez, 2012; Marín-Gómez y Arbeláez-Cortés 2015). Dentro del Páramo fueron observadas ocho especies únicas (8%), donde la especie más representativa fue *D. lafresnayii*, la cual se encuentra distribuida desde 2500 a 3800 m (Ayerbe-Quiñones, 2019) y fue reportada como una especie común en Páramos (Moreno-Palacios y Losada-Prado, 2016), esta especie fue vista tanto solitaria como en grupos y se ha documentado como participe de bandadas mixtas (Arbeláez-Cortés y Marín-Gómez, 2012).

Finalmente, el 42% de las especies fue registradas en dos o más ecosistemas, algunas de las especies más comunes fueron: *H. clarisse*, *Andigena nigrirostris*, *Metallura tyrianthina*, *P. fasciata* y *Penelope montagnii*, las cuales fueron registradas en todos los ecosistemas y son de gran

importancia ya que prestan servicios ecosistémicos tales como la polinización, dispersión de semillas y control de plagas (Feria, 2013).

5.1.2 *Diversidad beta*

En cuanto al índice de Jaccard, la disimilitud entre los ecosistemas fue alta siendo el recambio de las especies el que aporta la mayor diferencia, esto se puede observar en la comparación de Bosque Andino y Páramo, siendo estos los dos ecosistemas con mayor disimilitud constituida principalmente por el recambio de especies, además de ser los dos ecosistemas más distanciados geográficamente, estas diferencias se deben a que en el Páramo se registraron 12 especies que no se observaron en Bosque Andino y, el Bosque Andino presentó 69 especies que no se encuentran en el Páramo, entre estas las más abundantes son *M. formicivorus*, *P. cinnamomeus* y *Sericossypha albocristata*. *P. cinnamomeus* posee una amplia distribución altitudinal (Ayerbe-Quiñones, 2019) y fue observado generalmente forrajeando en el estrato alto de los bosques. *S. albocristata* es una especie que se encuentra vulnerable debido a la deforestación de su hábitat y según algunos modelos, su población disminuirá drásticamente en tres generaciones, además, es descrita como poco común y de distribución irregular IUCN (2024). Se puede observar en grupos ruidosos y forrajea en el dosel de los bosques (Ayerbe-Quiñones, 2019). Además, el Páramo comparte 16 especies con el Bosque Andino y algunas de estas son: *Turdus fuscater*, *Tangara vassorii* y *Diglossa cyanea*. *T. fuscater* es común y presenta una amplia distribución altitudinal; se observa con frecuencia en zonas abiertas y frecuente zonas urbanas en bosques de montaña (Ayerbe-Quiñones, 2019), y en el Bosque Andino fueron observadas en bordes de bosque. Por otro lado, *Tangara vassorii* y *Diglossa cyanea* son especies que se pueden encontrar de 1500 a 3500 m y se pueden observar dentro de bandadas mixtas (Arbeláez-Cortés y Marín-Gómez, 2012, Ayerbe-Quiñones, 2019).

Del mismo modo, el Bosque Altoandino y el Páramo mostraron alta disimilitud donde el recambio tuvo mayor aporte. El Páramo presentó 11 especies que no se encontraron en el Bosque Altoandino y, en el Bosque Altoandino se observaron 25 especies que no se registraron en Páramo, entre estas observamos a *Macroagelaius subalaris*, la cual es una especie endémica de Colombia que se puede encontrar de 1900 a 3100 m s. n. m. (Ayerbe-Quiñones, 2019) y que está en peligro de extinción por la deforestación de su hábitat y la minería de oro, además, se han estimado aproximadamente de 600 a 1700 individuos adultos maduros (Renjifo, 2013; IUCN, 2024). También se observaron 17 especies que se comparten, algunas de estas son: *Buthraupis montana*, *G. rufula*, *Megascops albogularis* y *Hapalopsittaca amazonina*, las tres primeras son especies que se encuentran desde los 2000 hasta los 3500 m en bosques montanos, más frecuentemente encontrados en tierras altas (Ayerbe-Quiñones, 2019). Finalmente, *Hapalopsittaca amazonina*, es un ave casi endémica perteneciente a la familia Psittacidae que se distribuye de 1500 a 3500 m (Ayerbe-Quiñones, 2019), es una especie rara que habita bosques andinos y altoandinos que se alimenta de los frutos del roble. Según el libro rojo de aves de Colombia (Renjifo, 2013) y la IUCN (2024) se encuentra vulnerable y casi en peligro debido a la pérdida de su hábitat resultado de la ganadería extensiva y la extracción de madera como el roble, además se encuentra en la categoría II de la CITES indicando que podría empeorar su estado si no se controla estrictamente su comercio (CITES, 2021). También, el bosque alto andino posee 25 especies que no se encuentran en Páramo.

Por otra parte, la disimilitud entre los bosques andino y altoandino fue alta, en este caso la diferencia de la riqueza es la que tiene mayor aporte en la distinción, pues el Bosque Andino posee 43 especies que no se encuentran en el Bosque Altoandino. Asimismo, el Bosque Andino contiene el 83.33% de las especies que se encuentran en el Bosque Altoandino y el 57.14% de las especies de Páramo, esto le confiere un alto valor como refugio para la avifauna. Finalmente, el alto

recambio de especies entre los ecosistemas hace tomar este lugar en consideración como objetivo para manejo y conservación de especies amenazadas, endémicas y casi endémicas de los Andes colombianos como la cotorra montañera (*H. amazonina*), el rey del Quindío (*S. albocristata*) y el chango de montaña (*M. subalaris*) (Arango-Lozano *et al.*, 2021).

5.2 Diversidad funcional

5.2.1 Diversidad alfa

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que el Bosque Andino es el que presenta la mayor riqueza funcional en comparación a los demás ecosistemas. Esto puede ser debido al mayor número de especies que posee, además, la divergencia funcional para todos los ecosistemas es alta (>0.826) lo que indica que las especies más abundantes tienen atributos que divergen del centro de gravedad de la población, atribuyendo baja redundancia funcional (Villegger *et al.*, 2008; Córdova-Tapia y Zambrano, 2015). Probablemente esto se deba a que se presenta similitud limitante influenciada por la diferenciación mediante la competencia, según Mouillot *et al.* (2017) cuando hay similitud limitante se espera que la diversidad funcional aumente directamente con la riqueza de especies. Esto concuerda con la baja riqueza funcional del Bosque Altoandino y el Páramo, ya que poseen 43 y 57 especies menos que el Bosque Andino, respectivamente. Otro factor que influyó en la riqueza funcional fue la presencia de tres aves rapaces; dos de la familia Accipitridae (*Buteo platypterus* y *Ruporis magnirostris*) y una de la familia Strigidae (*Pulsatrix perspicillata*), estas fueron observadas solo en Bosque Andino, lo cual aumenta el espacio funcional de este ecosistema (Figura 7), esto se debe a que son especies de gran masa (de 269 a 983 g), de alas grandes (>220 cm), también, son solitarias y pertenecen a un único gremio trófico (carnívoro) (Wilman *et al.*, 2014; Tobias *et al.*, 2022). Posteriormente, se observó que el Páramo presentó la mayor equitatividad funcional. Aunque el Páramo oferta menos recursos que los

bosques, estos resultados señalan que los recursos presentes se distribuyen de forma más uniforme permitiendo un uso más eficiente de la gama de los recursos (Cannon *et al.*, 2018). Por otro lado, el Bosque Andino mostró una equitatividad funcional menor, probablemente las especies estén ocupando espacios similares y considerando que los recursos se estén ofertando de la misma forma, algunas partes de los nichos no estarían siendo utilizadas de forma eficiente, esto puede llegar a disminuir la productividad del hábitat (Mason *et al.*, 2005). Por último, los ecosistemas presentaron baja especialización funcional (<0.341), indicando que la mayoría de las especies utilizan diferentes tipos de recursos y que pocas especies estarían aprovechando una baja gama de estos (Bellwood *et al.*, 2006).

5.2.2 Diversidad beta

Para el caso de la diversidad beta funcional, la mayor disimilitud se presentó entre Bosque Andino y Páramo donde el anidamiento o diferencia en número de rasgos aporta el 94.46% de la diferencia total, pues el Bosque Andino presenta un subconjunto de las estrategias funcionales encontradas en Páramo indicando filtrado de nicho entre las comunidades donde las variables ambientales y las preferencias de nicho ecológico de las especies son los principales factores que influyen en la diferenciación (Leprieur, 2009; Gutiérrez-Cánovas *et al.*, 2013; Shen, 2024), los siguientes ecosistemas con mayor disimilitud son el Bosque Andino y el Bosque Altoandino donde el anidamiento aporta un 75.9%, por consiguiente, el Bosque Altoandino y el Páramo son los ecosistemas más funcionalmente similares, indicando que estos presentan las mismas estrategias funcionales o al menos muy parecidas (Gutiérrez-Cánovas *et al.*, 2013). En comparación con la disimilitud taxonómica, la disimilitud funcional fue menor entre todos los ecosistemas, evidenciando que, aunque la composición de especies sea diferente, estos ecosistemas convergen funcionalmente.

6. Conclusiones

El Bosque Andino tiene mayor riqueza, diversidad y equitatividad. Todos los ecosistemas son muy disimilares entre sí, los más diferentes son el Bosque Andino y el Páramo, siendo estos los ecosistemas más distanciados geográficamente. La riqueza funcional disminuye a favor del gradiente de altitud, en cambio, la equitatividad funcional aumenta a favor del gradiente de elevación. Aunque taxonómicamente la composición de especies sea muy diferente, sus rasgos funcionales convergen funcionalmente. Resaltando la importancia de analizar la diversidad funcional junto con la diversidad taxonómica, con el fin de obtener una visión más completa y detallada del funcionamiento de los ecosistemas.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo-Charry, O., Cuervo, A., Echeverry-Galvis, M. A., Avendaño, J., y Estela, F. (Enero 2024). *Lista Oficial de las Aves de Colombia*. Comité Colombiano de Registros Ornitológicos. Recuperado el 30 de mayo de 2024 de <https://ccro.asociacioncolombianadeornitologia.org/lista-oficial-de-aves-de-colombia/>
- Arango-Lozano, J., Castaño-Osorio, E., Peña-Vergara, C., López-Florez, D., Sánchez-Bellaiza, D., Guerrero-Peláez, S., y Patiño-Siro, D. (2021). Structure and composition of bird assemblage in the IBA site Natural Reserve La Patasola, Central Andes of Colombia. *Rev Colombiana Cienc Anim. Recia*, 13(2), e865. <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.865>
- Arbeláez-Cortés, E., y Marín-Gómez, O. H. (2012). The composition of mixed-species bird flocks in Alto Quindío, Colombia. *The Wilson Journal of Ornithology*, 3, 572–580. <https://doi.org/10.2307/23324565>
- Ayerbe-Quiñones, F. (2019). *Guía ilustrada de la avifauna colombiana*. Wildlife Conservation Society. Punto Aparte Bookvertising.
- Baselga, A. (2012). The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Global and Biogeography*, 21, 1223-1232. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00756.x>
- Baselga, A., y Orme, C. (2012). Betapart: An R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(5), 808-812. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x>

- Bellwood, D. R., Wainwright, P. C., Fulton, C. J., y Hoey, A. S. (2006). Functional versatility supports coral reef biodiversity. *Proceedings of the Royal Society B*, 273, 101-107. <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3276>
- Bender, I. M. A., Kissling, W. D., Böhning-Gaese, K., Hensen, I., Kühn, I., Nowak, L., Töpfer, T., Wiegand, T., Dehling, D. M y Schleuning, M. (2019). Projected impacts of climate change on functional diversity of frugivorous birds along a tropical elevational gradient. *Scientific Reports*, 9, 17708. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53409-6>
- Bohórquez, C. (2002). La avifauna de la vertiente oriental de los Andes de Colombia. Tres evaluaciones en elevación subtropical. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, 26(100), 419-442. https://www.accefyn.com/revista/Vol_26/100/419-442.pdf
- Cacua, C. F. (2016). *Composición y distribución de hepáticas (Marchantiophyta) en un intervalo altitudinal en la Cordillera Oriental de Colombia*. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio de la Universidad Industrial de Santander. <https://noesis.uis.edu.co/items/efa7d897-3e30-4307-a725-92b528b8e6f6>
- Cacua, C. F., Serrano-Cardozo, V. H., y Ramírez-Pinilla, M. P. (2018). Composición y distribución de hepáticas (Marchantiophyta) en un intervalo altitudinal en la Cordillera Oriental de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 559-570. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33379>.
- Cannon, P., Gilroy, J., Tobias, J., Anderson, A., Haugaasen, T., & Edwards, D. (2019). Land-sparing agriculture sustains higher levels of avian functional diversity than land sharing. *Global Change Biology*, 25(5), 1576–1590. <https://doi.org/10.1111/gcb.14601>.
- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T., Sander, E. L., Ma, K., Colwell, R. K., y Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation

- in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45-67.
<https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Chaparro-Herrera, S., Lozano, M., y Echeverry-Galvis, M. A. (2024). Listado de las aves Endémicas y Casi-Endémicas de Colombia: Evaluación 2013-2023. *Ornitología Colombiana*, 5, 34-45. <https://doi.org/10.59517/oc.e5800000-0000>
- CHELSEA. (2024). *Climate diagrams*. Chelsa climate climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. <https://chelsa-climate.org/>
- CITES. (2021). *Hapalopsittaca amazonina*. Checklist of CITES Species. https://checklist.cites.org/#/en/search/output_layout=alphabetical&level_of_listing=0&show_synonyms=1&show_author=1&show_english=1&show_spanish=1&show_french=1&scientific_name=Hapalopsittaca+amazonina&page=1&per_page=20
- Córdova-Tapia, F. y Zambrano, L. (2015). La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas*, 24(3), 78-87. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-3.10>
- Díaz, S., y Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology y Evolution*, 16(11), 646–655. [https://doi.org/10.1016/s0169-5347\(01\)02283-2v](https://doi.org/10.1016/s0169-5347(01)02283-2v)
- Echeverry-Galvis, M. A., Acevedo-Charry, O., Avendaño, J. E., Gómez, C., Stiles, F. G., Estela, F. A., y Cuervo, A. M. (2022). Lista oficial de las aves de Colombia 2022: Adiciones, cambios taxonómicos y actualizaciones de estado. *Ornitología Colombiana*, 22(3), 25-51. <https://doi.org/10.59517/oc.e548>
- Feria, T. P., Sánchez-Rojas, G., Ortiz-Pulido, R., Bravo-Cadena, J., Pérez, E. C., Dale, J. M., Duberstein, J. N., Illoldi-Rangel, L. C., y Valencia-Herverth, J. (2013). Estudio del cambio

- climático y su efecto en las aves en México: enfoques actuales y perspectivas futuras. *Huitzil* 14(1), 47-55. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2013.14.1.173>
- Fjeldsa, J., Bowie, R., y Rahbek, C. (2012). The Role of Mountain Ranges in the Diversification of Birds. *Ecol. Evol. Syst.* 43, 249–65. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145113>
- García, F. A. (27 de enero de 2022). *La Biodiversidad de Colombia Fuente de Riqueza y Problema Social*. Uniciencia. Recuperado el 30 de mayo de 2024 de <https://unicienciabga.edu.co/component/content/article/45-la-biodiversidad-de-colombia-fuente-de-riqueza-y-problema-social?catid=25&Itemid=101>
- Gómez-Ortiz, Y., Martín-Regalado, C. N., Ortega-Martínez, I. J., y Pérez-Hernández C. X. (2019). La diversidad funcional de las comunidades ecológicas. En: Moreno CE (Ed) *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México, pp. 237-264
- Gregory, R. D., Gibbons, D. W., Donald, P. F., (2004). 2 Bird census and survey techniques. *Bird Ecol*, 17–56. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198520863.003.0002>
- Hooper, D.U., Chapin, F.S., III, Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J. and Wardle, D. A. (2005), Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1), 3-35. <https://doi.org/10.1890/04-0922>

- Hsieh T. C., Ma K. H., y Chao A. (2022). iNEXT: Interpolation and Extrapolation for Species Diversity. R package version 3.0.0 <https://cran.r-project.org/web/packages/iNEXT/iNEXT.pdf>
- IUCN. (2024). *The IUCN Red List of Threatened Species*. International Union for Conservation of Nature and Natural. <https://www.iucnredlist.org/es>
- Jost, L. (2006). Entropy and Diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.00301299.14714.x>
- Kattan, G., y Franco, P. (2004). Bird diversity along elevational gradients in the Andes of Colombia: area and mass effects. *Global Ecology and Biogeography*, 13, 451–458. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2004.00117.x>
- Kindt R, Coe R (2005). *Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies*. World Agroforestry Centre ISBN 92--179-X, <http://www.worldagroforestry.org/output/tree-diversity-analysis>
- Koh, C., Lee, P., Lin, R. (2006). Bird species richness patterns of northern Taiwan: primary productivity, human population density, and habitat heterogeneity. *Diversity and distributions*, 12, 546-554. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2006.00238.x>
- Laliberté, E., y Legendre, P. (2010). A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, 91(1), 299–305. doi:10.1890/08-2244.1
- Leprieur, F., Olden, J. D., Lek, S., y Brosse, S. (2009). Contrasting patterns and mechanisms of spatial turnover for native and exotic freshwater fish in Europe. *Journal of Biogeography*, 36, 1899–1912. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2009.02107.x>
- Loera-Casillas, J., Contreras-Martínez, S., Favela-García, F., Cuevas-Guzmán, R. (2022). Diversidad de aves en un gradiente altitudinal en la Reserva de la Biosfera Sierra de

- Manantlán, México. *Revista de Biología Tropical*. 70, 114-131.
<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v70i1.47684>
- López-Ordoñez, J. P., Stiles, F. G., y Parra-Vergara, J. L. (2016). Protocolo para medición de rasgos funcionales en aves. En N. B Salgado (Ed.), *La Ecología Funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. (1ª Ed., pp. 81-116). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Magneville, C., Loiseau, N., Albouy, C., Casajus, N., Claverie, T., Escalas, A., Leprieur, F., Maire, E., Mouillot, D., y Villéger, S., (2022). mFD: an R package to compute and illustrate the multiple facets of functional diversity. *Ecography*, 2022: e05904.
<https://doi.org/10.1111/ecog.05904>
- Marín-Gómez, O. H., y Arbeláez-Cortés, E. (2015). Variation on species composition and richness in mixed bird flocks along an altitudinal gradient in the Central Andes of Colombia. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 50, 113-129.
<https://doi.org/10.1080/01650521.2015.1057024>
- Martínez, O., y Rechberger, J. (2007). Características de la avifauna en un gradiente altitudinal de un bosque nublado andino en La Paz, Bolivia. *Rev. peru. Biol*, 14(2), 225-236.
<https://doi.org/10.15381/rpb.v14i2.1745>
- McCain, C. M. (2009). Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 18, 346–360. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2008.00443.x>
- McCain, C. M. (2009). Vertebrate range sizes indicate that mountains may be “higher” in the tropics. *Ecology Letters*, 12(6), 550–560. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01308.x>

- McIntyre, N. (1995). Effects of forest patch size on avian diversity. *Landscape Ecology* 10(2), 85-99. <https://doi.org/10.1007/BF00153826>
- Moreno-Palacios, M., y Losada-Prado, S. (2016). Avifauna del complejo de Páramos Chilí-Barragán (Tolima, Colombia). *Biota Colombiana*, 17. <https://doi.org/10.21068/c2016v17s02a07>
- Moreno-Palacios, M., y Losada-Prado, S. (2016). Avifauna del complejo de Páramos Chilí-Barragán (Tolima, Colombia). *Biota Colombiana* 17. DOI: 10.21068/C2016v17s02a07
- Morin, P. J. (2011). *Community Ecology*. (2ª ed). Wiley Blackwell. http://www.sisal.unam.mx/labeco/LAB_ECOLOGIA/Ecologia_de_Poblaciones_y_Comunidades_files/Community%20Ecology%20-%20Morin%20-%202011.pdf
- Murphy, M. (2009). *Icterus chrysater*. Animal Diversity Web. Recuperado el 29 de agosto de 2024 en https://animaldiversity.org/accounts/Icterus_chrysater/
- Nadkarni, N. M., y Matelson, T. J. (1989). Bird use of epiphyte resources in Neotropical trees. *The Condor*, 91, 891-907. <https://doi.org/10.2307/1368074>
- Pellouso, D. (2002). *Aulacorhynchus prasinus*. Animal Diversity Web Recuperado el 29 de agosto de 2024 at https://animaldiversity.org/accounts/Aulacorhynchus_prasinus/
- Petchey, O. L., y Gaston, K. J. (2002). Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters*, 5(3), 402–411. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x>
- Pigot, A. L., Trisos C. H., y Tobias, J. A. (2016). Functional traits reveal the expansion and packing of ecological niche space underlying an elevational diversity gradient in passerine birds. *Proceedings of the Royal Society*, 283. <http://doi.org/10.1098/rspb.2015.2013>

- R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Remsen, J. V., Jr., Areta, J. I., Bonaccorso, E., Claramunt, S., Del-Rio, G., Jaramillo, A., Lane, D. F., Robbins, M. B., Stiles, F. G., y Zimmer, K. J. (2024). *A classification of the bird species of South America*. Museum of Natural Science, Louisiana State University. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>
- Renjifo, L. M., Gómez, M. F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, Á. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D., y Burbano-Girón, J. (2013). *Libro rojo de aves de Colombia: Vol 1. Bosques húmedos de los Andes y Costa Pacífica*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Sevillano-Ríos, C, A., y Rodewald, A, D. (2020). Alpine Birds of South America. *Encyclopedia of the World's Biomes, 1*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11806-8>
- Shen, Y., Zou, Y., Song, K., y Wan, X. (2024). Dispersal limitation and environmental filtering effects: The taxonomic and functional beta diversity of ground beetles along the altitudinal gradient in Chinese warm-temperature forests. *Ecology and Evolution, 14*, e11492. <https://doi.org/10.1002/ece3.11492>
- SiB Colombia. (15 julio 2024). Biodiversidad en Cifras Santander. Conoce las cifras de Santander por Grupos Biológicos. <https://santander.biodiversidad.co/>
- Terborgh, J. (1971). Distribution on Environmental Gradients: Theory and a Preliminary Interpretation of Distributional Patterns in the Avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Peru. *Ecology, 52*, 23-40
- Terborgh, J. (1977). Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology, 58*, 1007-1019. <https://doi.org/10.2307/1936921>

- Tilman, D. (2001). Functional Diversity. *Encyclopedia of Biodiversity*, 3, 109–120.
<https://doi.org/10.1016/b0-12-226865-2/00132-2>
- Tobias, J. A. *et al.* (2022). AVONET: morphological, ecological and geographical data for all birds. *Ecology Letters*. 25(3), 581-597. <https://doi.org/10.1111/ele.13898>
- Torres, M. y Quiñones, C. (2019). Santander Bio: resultados, retos y oportunidades. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/35339>
- Vargas, L. C. (2016). *Composición de pequeños mamíferos no voladores en un fragmento de bosque de roble sobre la cordillera oriental de los Andes Colombianos*. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio de la Universidad Industrial de Santander. <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/75cafab6-7668-4e4e-b4e1-ff368e711c8e/content>
- Villéger, S., Mason, N.W.H., Mouillot, D. (2008). New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89, 2290-2301.
<https://doi.org/10.1890/07-1206.1>
- Villéger, S., Miranda, J. R., Hernández, D. F., y Mouillot, D. (2010). Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological Applications*, 20(6), 1512–1522. <https://doi.org/10.1890/09-1310.1>
- Wei, T., y Simko, V. (2021). *R package 'corrplot': Visualization of a Correlation*.
<https://github.com/taiyun/corrplot>

Apéndices

(No lleva número de capítulo e inicia en hoja nueva)

Apéndice A.

*Registros de especies de aves para los tres tipos de bosque en la vereda Esparta en Santa Bárbara**Santander*

	Bosque Andino	Bosque Altoandino	Páramo
Accipitridae			
<i>Buteo platypterus</i>	1	0	0
<i>Rupornis magnirostris</i>	6	0	0
Bucconidae			
<i>Malacoptila mystacalis</i>	1	0	0
Columbidae			
<i>Patagioenas fasciata</i>	5	5	6
Cotingidae			
<i>Lipaugus fuscocinereus</i>	1	0	0
<i>Pipreola riefferii</i>	5	1	2
Cracidae			
<i>Penelope montagnii</i>	9	4	2
Cuculidae			
<i>Piaya cayana</i>	1	0	0
Grallariidae			
<i>Grallaria ruficapilla</i>	7	1	0
<i>Grallaria rufula</i>	0	1	6
Icteridae			
<i>Cacicus chrysonotus</i>	11	12	0
<i>Icterus chrysater</i>	34	0	0
<i>Macroagelaius subalaris</i>	16	3	0
Picidae			
<i>Colaptes rivolii</i>	2	8	1
<i>Colaptes rubiginosus</i>	4	0	0
<i>Melanerpes formicivorus</i>	53	3	0
Psittacidae			
<i>Hapalopsittaca amazonina</i>	0	2	1
Ramphastidae			

<i>Andigena nigrirostris</i>	10	7	2
<i>Aulacorhynchus albivitta</i>	23	0	0
Rhinocryptidae			
<i>Scytalopus griseicollis</i>	0	0	4
Strigidae			
<i>Megascops albogularis</i>	0	2	2
<i>Pulsatrix perspicillata</i>	2	0	0
Trogonidae			
<i>Pharomachrus auriceps</i>	10	1	0
<i>Trogon personatus</i>	11	4	1
Trochilidae			
<i>Adelomyia melanogenys</i>	20	9	0
<i>Aglaiocercus kingii</i>	2	0	0
<i>Boissonneaua flavescens</i>	6	0	0
<i>Chaetocercus heliodor</i>	2	0	0
<i>Chalcostigma heteropogon</i>	0	0	4
<i>Chlorostilbon poortmani</i>	4	0	0
<i>Coeligena coeligena</i>	2	0	0
<i>Coeligena torquata</i>	3	0	0
<i>Colibri cyanotus</i>	21	0	0
<i>Eriocnemis vestita</i>	0	0	7
<i>Heliangelus clarisse</i>	26	23	3
<i>Metallura tyrianthina</i>	6	9	3
<i>Ocreatus underwoodii</i>	8	0	0
<i>Uranomitra franciae</i>	10	0	0
Thraupidae			
<i>Anisognathus igniventris</i>	0	0	4
<i>Buthraupis montana</i>	0	2	3
<i>Conirostrum albifrons</i>	9	3	0
<i>Diglossa albilatera</i>	4	0	0
<i>Diglossa caerulescens</i>	2	1	4
<i>Diglossa cyanea</i>	6	0	1
<i>Diglossa lafresnayii</i>	0	0	13
<i>Diglossa sittoides</i>	3	1	0
<i>Iridosornis rufivertex</i>	0	0	1
<i>Pipraeidea melanonota</i>	5	0	0
<i>Sericossypha albocristata</i>	26	5	0
<i>Sphenopsis frontalis</i>	2	0	0
<i>Sporathraupis cyanocephala</i>	23	0	0
<i>Stelpnia heinei</i>	4	0	0

<i>Stilpnia vitriolina</i>	3	0	0
<i>Tangara arthus</i>	2	0	0
<i>Tangara nigroviridis</i>	3	0	0
<i>Tangara vassorii</i>	4	0	2
<i>Thraupis episcopus</i>	8	0	0
<i>Thraupis palmarum</i>	2	0	0
Parulidae			
<i>Basileuterus tristriatus</i>	25	4	0
<i>Leiothlypis peregrina</i>	8	0	0
<i>Myioborus miniatus</i>	21	0	0
<i>Myioborus ornatus</i>	21	15	1
<i>Myiothlypis nigrocristata</i>	0	0	2
<i>Setophaga fusca</i>	50	2	1
<i>Setophaga pitiayumi</i>	2	0	0
Passerellidae			
<i>Arremon brunneinucha</i>	1	1	0
<i>Atlapetes albofrenatus</i>	8	4	0
<i>Atlapetes schistaceus</i>	10	3	2
<i>Chlorospingus flavopectus</i>	9	0	0
Cardinalidae			
<i>Piranga rubra</i>	4	0	0
Corvidae			
<i>Cyanocorax yncas</i>	18	0	0
<i>Cyanolyca armillata</i>	0	12	0
Fringillidae			
<i>Spinus psaltria</i>	10	0	0
Furnariidae			
<i>Anabacerthia striaticollis</i>	3	0	0
<i>Hellmayrea gularis</i>	0	0	3
<i>Lepidocolaptes lacrymiger</i>	7	1	0
<i>Margarornis squamiger</i>	6	7	0
<i>Pseudocolaptes boissonneautii</i>	15	7	0
<i>Synallaxis unirufa</i>	5	1	0
<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i>	2	2	0
Tityridae			
<i>Pachyramphus albogriseus</i>	10	0	0
<i>Pachyramphus versicolor</i>	2	0	0
Troglodytidae			
<i>Cinnycerthia unirufa</i>	0	8	0

<i>Henicorhina leucophrys</i>	20	9	0
<i>Troglodytes aedon</i>	2	0	0
<i>Troglodytes solstitialis</i>	7	2	0
Turdidae			
<i>Catharus fuscescens</i>	2	0	0
<i>Myadestes ralloides</i>	7	0	0
<i>Turdus flavipes</i>	2	0	0
<i>Turdus fuscater</i>	14	0	2
<i>Turdus ignobilis</i>	4	0	0
Tyrannidae			
<i>Contopus fumigatus</i>	7	0	0
<i>Contopus virens</i>	2	0	0
<i>Elaenia frantzii</i>	3	0	0
<i>Mecocerculus leucophrys</i>	2	8	4
<i>Myiodynastes chrysocephalus</i>	3	0	0
<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>	0	2	0
<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i>	27	13	0
<i>Zimmerius improbus</i>	2	1	0
Vireonidae			
<i>Vireo leucophrys</i>	22	12	0

Apéndice B.*Rasgos funcionales de las especies registradas para la vereda Esparta en Santa Bárbara**Santander*

Especies	LCE	AnP	CA	Dis1-2	LC	M	LT	HWI	D	EF	CS
<i>A. melanogenys</i>	16.96	2.65	52.78	32.80	32.38	4.39	5.68	62.14	Nect	Soto	Solit
<i>A. kingii</i>	17.26	2.60	51.80	33.00	44.85	5.00	6.15	63.71	Nect	Soto	Solit
<i>A. striaticollis</i>	16.65	3.90	86.95	16.90	77.15	24.80	20.10	19.43	Inse	Soto	B mixta
<i>A. nigrirostris</i>	85.45	26.68	161.78	19.10	183.43	350.00	37.48	11.8	Omní	Dosel	Solit
<i>A. igniventris</i>	14.40	5.50	87.70	14.80	74.80	34.00	24.40	16.87	Omní	Dosel	B mixta
<i>A. brunneinucha</i>	18.77	6.00	83.53	7.50	83.20	48.30	29.67	8.978	Omní	Suelo	Solit
<i>A. albofrenatus</i>	15.70	5.30	72.00	9.50	78.00	30.00	26.40	13.19	Omní	Suelo	Solit
<i>A. schistaceus</i>	14.40	4.90	76.00	7.90	81.50	30.00	25.30	10.39	Omní	Suelo	B mono
<i>A. albivitta</i>	67.20	21.20	125.10	16.10	123.70	195.00	30.20	12.86	Omní	Soto	B mono
<i>B. tristriatus</i>	14.20	4.10	61.00	8.20	56.30	12.00	20.40	13.44	Inse	Soto	B mono
<i>B. flavescens</i>	23.86	2.70	67.24	46.30	41.96	6.94	4.70	68.85	Nect	Soto	Solit
<i>B. platypterus</i>	28.30	11.10	227.70	103.70	178.80	453.00	53.40	45.54	Carn	Aire	Solit
<i>B. montana</i>	22.10	7.60	128.70	28.00	90.40	87.00	32.40	21.75	Frug	Dosel	Solit
<i>C. chrysonotus</i>	28.50	6.80	141.90	25.30	130.50	79.50	31.40	17.82	Inse	Dosel	B mono
<i>C. fuscescens</i>	17.60	4.40	97.00	27.70	69.30	31.90	29.20	28.55	Omní	Soto	Solit
<i>C. heliodor</i>	17.40	1.30	40.00	18.80	21.00	2.50	3.80	47	Nect	Soto	Solit
<i>C. heteropogon</i>	15.80	1.50	70.70	43.90	58.20	6.00	6.20	62.09	Nect	Soto	Solit
<i>C. flavopectus</i>	12.45	4.80	65.65	10.30	59.90	13.50	20.25	15.68	Inse	Soto	B mono
<i>C. poortmani</i>	16.75	1.60	47.05	27.80	26.90	3.15	4.30	59.08	Nect	Soto	Solit
<i>C. unirufa</i>	18.80	3.80	73.60	9.20	71.60	29.40	26.90	12.5	Inse	Soto	B mono
<i>C. coeligena</i>	31.50	2.80	70.70	45.60	45.97	6.27	5.70	64.49	Nect	Soto	Solit
<i>C. torquata</i>	33.82	2.40	75.30	46.60	43.68	6.87	3.75	61.88	Nect	Soto	Solit
<i>C. rivolii</i>	31.85	8.80	130.75	26.30	97.30	107.50	23.65	20.11	Inse	Soto	B mono
<i>C. rubiginosus</i>	25.45	7.00	123.00	29.30	77.50	66.00	19.35	23.82	Inse	Soto	Solit
<i>C. cyanotus</i>	23.85	2.20	60.75	38.40	38.00	5.45	5.50	63.2	Inse	Soto	Solit
<i>C. albifrons</i>	12.35	3.10	71.50	15.30	67.33	12.60	16.95	21.39	Inse	Dosel	B mixta
<i>C. fumigatus</i>	20.20	7.00	92.60	25.70	80.00	19.90	15.50	27.75	Inse	Dosel	Solit

<i>C. virens</i>	14.30	3.60	81.00	25.60	62.70	14.00	14.20	31.6	Inse	Soto	Solit
<i>C. yncas</i>	22.98	9.30	125.25	9.50	142.22	103.08	37.10	7.584	Omní	Soto	B mono
<i>C. armillata</i>	29.50	9.20	137.60	11.80	164.00	200.00	40.9	8.575	Inse	Soto	B mono
<i>D. albilatera</i>	11.37	3.10	57.57	9.60	44.03	9.27	18.57	16.67	Omní	Soto	B mono
<i>D. caerulescens</i>	17.10	2.70	68.00	11.90	54.20	14.40	19.90	17.5	Inse	Soto	Solit
<i>D. cyanea</i>	13.48	3.30	67.10	13.80	50.07	14.67	20.27	20.56	Inse	Soto	Solit
<i>D. lafresnayii</i>	17.30	2.60	70.90	11.40	63.40	16.00	24.80	16.07	Omní	Soto	Solit
<i>D. sittoides</i>	10.85	2.50	57.55	13.10	46.10	9.50	17.30	22.76	Omní	Soto	Solit
<i>E. frantzii</i>	9.46	4.40	57.65	15.00	62.72	16.62	16.38	26.01	Frug	Soto	B mono
<i>E. vestita</i>	22.30	2.00	58.50	35.90	42.10	4.50	6.10	61.36	Nect	Soto	Solit
<i>G. ruficapilla</i>	28.70	6.80	97.30	5.00	58.10	82.70	51.80	5.138	Inse	Suelo	Solit
<i>G. rufula</i>	23.90	5.30	75.20	6.40	39.00	35.70	40.70	8.51	Inse	Suelo	Solit
<i>H. amazonina</i>	21.80	9.90	148.90	59.80	74.20	106.00	14.50	40.16	Frug	Dosel	B mono
<i>H. clarisse</i>	18.60	2.50	62.75	37.00	40.15	5.50	5.70	58.96	Nect	Soto	Solit
<i>H. gularis</i>	15.60	2.70	57.60	7.00	53.60	12.40	21.10	12.15	Inse	Suelo	B mono
<i>H. leucophrys</i>	14.04	3.20	52.92	4.50	27.46	15.34	20.25	8.503	Inse	Suelo	Solit
<i>I. chrysater</i>	25.05	6.10	100.10	17.70	103.30	55.70	26.25	17.68	Inse	Soto	B mono
<i>I. rufivertex</i>	14.20	4.40	83.60	14.90	70.00	23.00	24.70	17.82	Omní	Soto	Solit
<i>L. peregrina</i>	10.40	3.00	62.88	16.60	39.28	11.48	16.10	26.4	Inse	Soto	B mixta
<i>L. lacrymiger</i>	23.95	4.60	90.30	25.20	72.15	31.05	11.30	27.9	Inse	Soto	B mixta
<i>L. fuscocinereus</i>	25.55	10.10	179.60	33.60	153.10	136.50	28.80	18.7	Frug	Soto	Solit
<i>M. subalaris</i>	24.80	5.40	125.00	29.60	139.80	62.00	29.90	23.68	Omní	Soto	B mono
<i>M. mystacalis</i>	32.40	9.60	90.70	18.20	73.40	49.00	17.20	20.06	Inse	Soto	Solit
<i>M. squamiger</i>	11.40	3.20	76.00	14.40	71.75	16.27	19.30	18.94	Inse	Soto	B mixta
<i>M. leucophrys</i>	15.40	3.80	64.90	10.10	67.10	11.00	20.60	15.56	Inse	Soto	B mono
<i>M. albogularis</i>	22.70	7.70	196.20	48.50	111.00	159.00	34.60	24.71	Inse	Soto	B mono
<i>M. formicivorus</i>	26.90	8.20	139.80	40.10	84.50	79.60	21.80	28.68	Gran	Soto	B mono
<i>M. tyrianthina</i>	16.50	2.10	54.20	32.30	37.80	3.80	5.30	59.59	Nect	Soto	Solit
<i>M. ralloides</i>	14.80	4.60	84.10	19.60	78.20	29.10	20.50	23.3	Omní	Agua	Solit
<i>M. miniatus</i>	11.90	4.10	63.60	10.60	64.90	9.00	17.70	16.66	Inse	Soto	B mixta
<i>M. ornatus</i>	10.14	4.30	68.14	10.30	59.76	12.64	18.76	15.11	Inse	Soto	B mixta
<i>M. chrysocephalus</i>	26.60	11.10	106.00	22.60	89.10	38.30	18.50	21.32	Omní	Soto	Solit

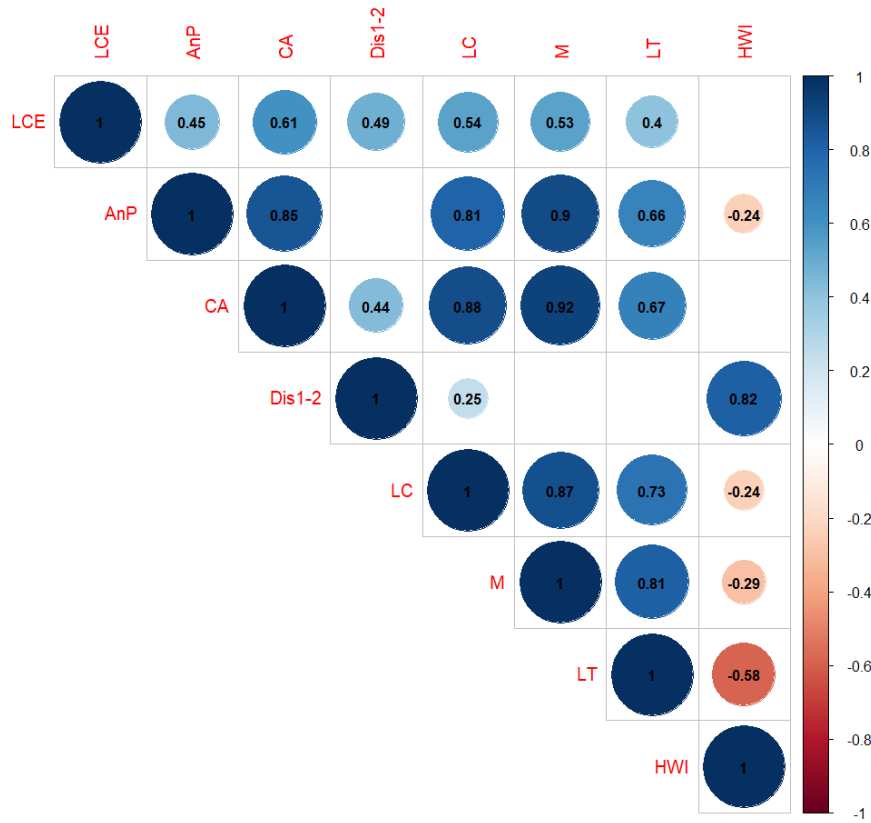
<i>M. nigrocristata</i>	14.40	4.80	61.50	5.90	58.20	13.60	22.50	9.593	Inse	Soto	B mono
<i>O. rufipectoralis</i>	13.70	3.50	66.30	13.00	61.50	10.00	19.80	19.6	Inse	Dosel	B mixta
<i>O. underwoodii</i>	17.60	2.00	42.60	29.30	51.10	3.00	4.50	68.77	Nect	Soto	Solit
<i>P. albogriseus</i>	15.60	7.10	71.20	18.30	54.00	17.30	17.70	25.7	Omní	Dosel	B mixta
<i>P. versicolor</i>	10.76	5.20	63.80	13.50	48.63	15.79	15.91	21.15	Inse	Soto	B mixta
<i>P. fasciata</i>	25.50	6.00	205.40	73.80	141.50	366.30	26.50	35.92	Gran	Dosel	B mono
<i>P. montagnii</i>	34.80	9.10	241.50	30.90	250.80	706.00	58.70	12.79	Frug	Soto	B mono
<i>P. auriceps</i>	26.30	11.50	202.10	73.70	193.40	180.00	18.50	36.46	Frug	Dosel	Solit
<i>P. cayana</i>	31.80	8.50	145.90	16.20	279.10	102.00	34.60	11.1	Inse	Soto	Solit
<i>P. melanota</i>	10.08	4.80	82.53	21.40	54.80	20.88	17.73	25.92	Omní	Dosel	B mixta
<i>P. riefferii</i>	14.40	5.20	89.85	15.00	72.65	47.15	23.90	16.69	Frug	Soto	B mixta
<i>P. rubra</i>	19.20	8.40	92.00	27.90	71.30	29.10	19.50	30.32	Inse	Soto	Solit
<i>P. boissonneautii</i>	28.00	4.30	105.60	19.90	95.20	43.90	26.00	18.84	Inse	Soto	B mono
<i>P. perspicillata</i>	47.90	12.60	339.50	95.10	202.60	983.60	55.10	28.01	Carn	Dosel	Solit
<i>P. cinnamomeus</i>	10.88	5.00	68.18	15.80	54.23	10.10	11.83	23.17	Inse	Soto	Solit
<i>R. magnirostris</i>	26.40	10.40	220.90	64.90	159.10	269.00	61.50	29.37	Carn	Aire	Solit
<i>S. griseicollis</i>	11.90	3.30	52.60	6.80	39.80	18.10	22.30	12.92	Inse	Suelo	Solit
<i>S. albocristata</i>	19.23	6.40	135.10	35.20	89.33	111.33	25.50	26.05	Inse	Dosel	B mono
<i>S. fusca</i>	11.12	3.50	66.54	21.90	45.32	9.84	17.00	32.91	Inse	Soto	B mixta
<i>S. pitayumi</i>	12.00	3.00	52.70	10.80	41.10	6.80	16.10	20.49	Inse	Soto	B mixta
<i>S. frontalis</i>	16.10	4.50	70.70	10.20	65.10	17.00	20.50	14.42	Inse	Dosel	Solit
<i>S. psaltria</i>	10.20	4.70	60.90	16.20	40.40	8.80	12.40	26.6	Gran	Soto	B mono
<i>S. cyanocephala</i>	13.47	6.00	87.11	14.80	73.43	34.64	20.37	16.99	Frug	Dosel	B mixta
<i>S. heinei</i>	8.97	4.50	74.00	18.60	52.61	20.89	15.67	25.13	Frug	Dosel	B mixta
<i>S. vitriolina</i>	12.20	5.80	73.10	14.80	57.30	23.00	20.40	20.24	Inse	Dosel	B mixta
<i>S. unirufa</i>	15.60	3.40	57.30	6.70	89.10	17.90	21.90	11.69	Inse	Suelo	B mono
<i>T. arthus</i>	13.30	4.60	76.00	17.40	54.40	22.00	19.00	22.89	Frug	Dosel	B mixta
<i>T. nigroviridis</i>	8.30	4.30	70.50	16.90	47.80	16.33	16.97	23.97	Inse	Dosel	B mixta
<i>T. vassorii</i>	10.90	4.20	75.50	17.70	50.25	24.75	16.95	23.44	Frug	Dosel	B mixta
<i>T. episcopus</i>	14.20	6.40	87.30	20.70	64.00	35.00	22.30	23.71	Omní	Soto	B mixta
<i>T. palmarum</i>	15.00	5.90	92.50	20.40	70.40	39.00	30.70	22.05	Frug	Soto	B mixta
<i>T. aedon</i>	15.90	3.00	51.40	6.70	41.10	10.90	20.10	13.03	Inse	Soto	Solit

<i>T. solstitialis</i>	13.67	3.10	48.07	6.60	31.63	11.47	18.10	13.72	Inse	Soto	B mono
<i>T. personatus</i>	14.60	8.50	125.94	46.90	137.18	74.16	24.00	37.23	Omní	Dosel	Solit
<i>T. flavipes</i>	21.70	5.00	110.60	28.60	84.10	65.10	25.70	25.85	Frug	Soto	Solit
<i>T. fuscater</i>	26.20	6.90	156.86	28.80	141.96	140.60	43.82	18.36	Omní	Dosel	Solit
<i>T. ignobilis</i>	20.67	6.10	110.47	23.40	91.73	64.93	30.60	21.18	Omní	Soto	Solit
<i>U. franciae</i>	24.90	2.60	53.40	33.10	33.90	5.00	5.80	61.98	Nect	Soto	Solit
<i>V. leucophrys</i>	12.20	3.80	68.73	12.30	48.70	12.33	18.10	17.89	Inse	Soto	B mixta
<i>X. promeropirhynchus</i>	45.83	8.30	137.43	20.80	117.13	106.00	30.33	15.13	Inse	Soto	Solit
<i>Z. improbus</i>	11.20	3.20	60.40	9.50	52.80	10.90	18.00	15.72	Omní	Dosel	B mixta

Nota: Las siglas de los rasgos corresponden a: LCE longitud del culmen expuesto, AnP ancho del pico a la altura de las narinas, CA cuerda alar cerrada, Dis1-2 distancia entre plumas primarias y secundarias, LC longitud de la cola, M masa corporal, LT longitud del tarso, HWI índice mano-ala, D dieta, EF estrato de forrajeo y CS comportamiento social.

Apéndice C.

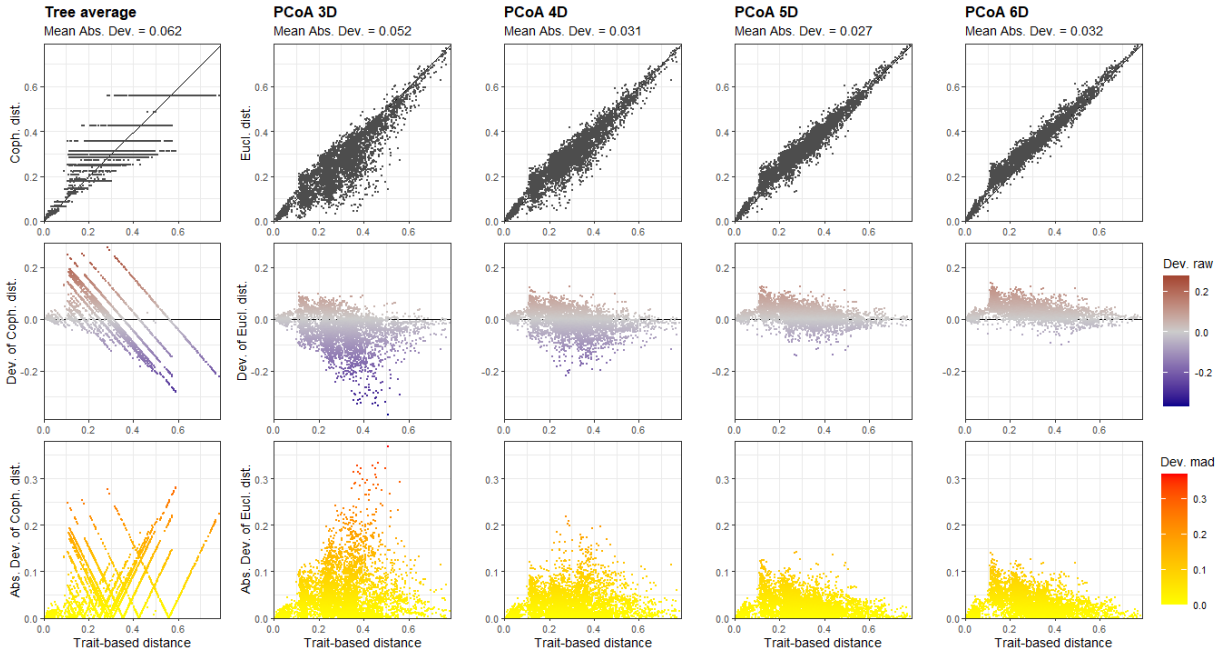
Correlación de Pearson de los rasgos morfológicos de la avifauna



Nota: Las siglas de los rasgos corresponden a: LCE longitud del culmen expuesto, AnP ancho del pico a la altura de las narinas, CA cuerda alar cerrada, Dis1-2 distancia entre plumas primarias y secundarias, LC longitud de la cola, M masa corporal, LT longitud del tarso, HWI índice mano-ala, D dieta, EF estrato de forrajeo y CS comportamiento social.

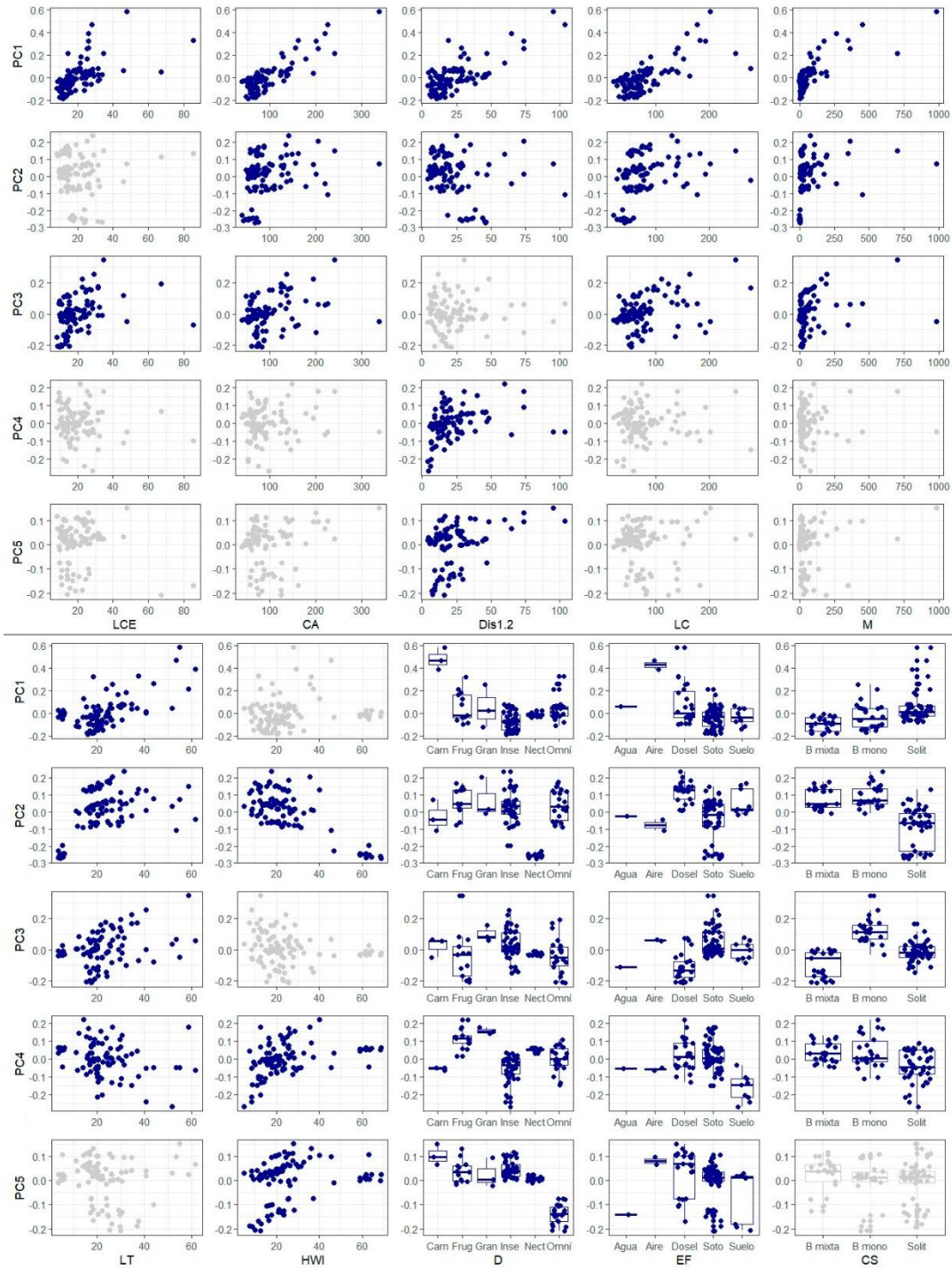
Apéndice D.

Ilustración la calidad del espacio funcional cuantificando la media de las desviaciones absolutas



Apéndice E.

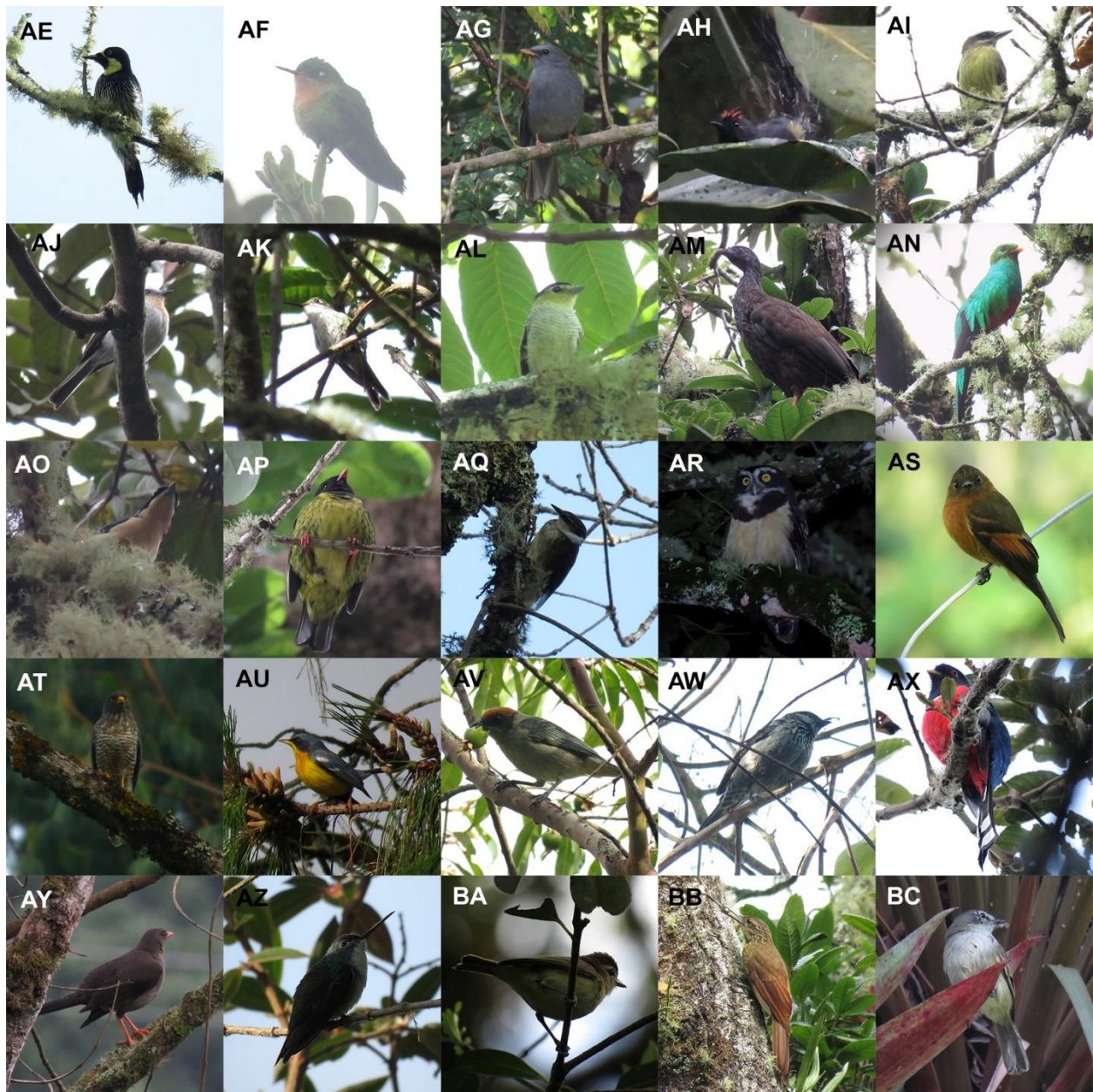
Relación entre los rasgos y los ejes de los PCoA seleccionados



Apéndice F.

Figura de algunas fotografías realizadas de las especies de la avifauna de la vereda Esparta





Nota: Las imágenes corresponden a: A. *Adelomyia melanogenys*, B. *Aglaiocercus kingii*, C. *Anabacerthia striaticollis*, D. *Andigena nigrirostris*, E. *Anisognathus igniventris*, F. *Atlapetes albofrenatus*, G. *Aulacorhynchus albivitta*, H. *Boissonneaua flavescens*, I. *Buteo platypterus*, J. *Buthraupis montana*, K. *Cacicus chrysonotus*, L. *Chalcostigma heteropogon*, M. *Chlorospingus flavopectus*, N. *Coeligena torquata*, O. *Colibri cyanotus*, P. *Contopus fumigatus*, Q. *Cyanolyca armillata*, R. *Diglossa lafresnayii*, S. *Diglossa sittoides*, T. *Elaenia frantzii*, U. *Eriocnemis vestita*,

V. *Heliangelus clarisse* W. *Icterus chrysater*, X. *Iridosornis rufivertex*, Y. *Lepidocolaptes lacrymiger*, Z. *Lipaugus fuscocinereus*, AA. *Malacoptila mystacalis*, AB. *Margarornis squamiger*, AC. *Mecocerculus leucophrys*, AD. *Megascops albogularis*, AE. *Melanerpes formicivorus*, AF. *Metallura tyrianthina*, AG. *Myadestes ralloides*, AH. *Myioborus miniatus*, AI. *Myiodynastes chrysocephalus*, AJ. *Ochthoeca rufipectoralis*, AK. *Ocreatus underwoodii*, AL. *Pachyramphus versicolor*, AM. *Penelope montagnii*, AN. *Pharomachrus auriceps*, AO. *Pipraeidea melanonota*, AP. *Pipreola riefferii*, AQ. *Pseudocolaptes boissonneautii*, AR. *Pulsatrix perspicillata*, AS. *Pyrrhomyias cinnamomeus*, AT. *Rupornis magnirostris*, AU. *Setophaga pitiayumi*, AV. *Stilpnia vitriolina*, AW. *Tangara nigroviridis*, AX. *Trogon personatus*, AY. *Turdus fuscater*, AZ. *Uranomitra franciae*, BA. *Vireo leucophrys*, BB. *Xiphocolaptes promeropirhynchus* y BC. *Zimmerius improbus*.