

**DIVERSIDAD DE AVES EN DOS ECOSISTEMAS ALTOANDINOS DEL
SECTOR ALTO MAGDALENA, PARQUE NACIONAL NATURAL
PURACÉ, COLOMBIA**



GABRIEL HORACIO LOAIZA FERNÁNDEZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN**

2024

**DIVERSIDAD DE AVES EN DOS ECOSISTEMAS ALTOANDINOS DEL
SECTOR ALTO MAGDALENA, PARQUE NACIONAL NATURAL
PURACÉ, COLOMBIA**

GABRIEL HORACIO LOAIZA FERNÁNDEZ

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Biólogo

Director

LUIS GERMÁN GÓMEZ BERNAL, Doctor en Ciencias/Biología

Asesor

GUSTAVO ADOLFO PISSO FLOREZ, Biólogo

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN

PROGRAMA DE BIOLOGÍA

POPAYÁN

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Director: Luis Germán Gómez,
Doctor Ciencias-Biología

Jurado: Yamid Arley Mera, Msc

Director: Jorge Mario Becoche, Msc

Popayán, junio de 2024

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, Viviana Fernández y José Arley Loaiza, a mis hermanas, Alejandra Loaiza y Mariana Loaiza, y a mi tía Luz Mery Loaiza, por todo su amor y apoyo incondicional siempre.

Quiero agradecer a mi director Luis Germán Gómez y a mi asesor Gustavo Pisso, por el apoyo académico y personal, su dedicación, sus sugerencias y por hacer parte de este proyecto. Agradezco también a mis jurados Jorge Becoche y Yamid Mera, por su dedicación al revisar este documento, y que ese proceso fuera muy ágil.

Agradezco especialmente al equipo del Parque Nacional Natural Puracé conformado por Doris, Faber, Juan, Karen, Don Gustavo, Gustavo Pisso, Carlos B. y el jefe Isaac Bedoya, por siempre estar pendientes del proyecto, por el apoyo logístico y el acompañamiento en las salidas de campo.

A Vanessa Ocampo, Juan Pablo Fernández y el profe Charles Muñoz por su compañía y apoyo en las salidas de campo y en las horas en las que no había mucho que hacer en la cabaña del Alto Caquetá. Agradezco a Alejandra H. por su apoyo y compañía en el último semestre en el que escribí este informe.

Finalmente quiero agradecer a mis amigos, Daniel, Gallego, Pipe, Juan Papi, Sam, Franco, Jibus, S. Lorena, Lasso, Heticor, Marisol, Rochi, Vane, Wilmer, El gordo (David), Davicho, Tumix, Chemy, Cato, Darío, Hellkin, Nando, Gustavo, Dani Tobar, el mono Jhon Freddy, Sebastián, Isa-ac y Jhon B. A todos ustedes, así no los vea o hablemos seguido gracias por ser incondicionales siempre.

TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN	7
2.	INTRODUCCIÓN	8
3.	JUSTIFICACIÓN	9
4.	OBJETIVOS.....	11
	4.1. OBJETIVO GENERAL	11
	4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
5.	MARCO TEORICO	11
	5.1. Comunidad y diversidad biológica.....	11
	5.2. Riqueza de aves en Colombia	13
	5.3. Avifauna asociada a ecosistemas de alta montaña	14
	5.4. Ecosistemas de alta montaña	15
	5.4.1. Páramo	16
	5.4.2. Bosque altoandino	17
6.	ANTECEDENTES.....	18
7.	METODOLOGÍA	22
	7.1. Área de estudio	22
	7.2. Diseño del muestreo	24
	7.3. Registro e identificación de las especies	28
	7.4. Análisis de los datos	29
	7.4.1. Composición	29
	7.4.2. Estimación de la representatividad y diversidad de aves en el páramo y bosque altoandino	30
	7.4.3. Diferencias de diversidad entre los ecosistemas	31
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
	8.1. Composición	32
	8.2. Estimación de la representatividad y diversidad de aves en el páramo y bosque altoandino	40
	8.2.1. Representatividad del muestreo.....	40
	8.2.2. Diversidad verdadera de aves en el páramo y bosque altoandino....	44
	8.3. Diferencias de diversidad entre los ecosistemas	49
	8.3.1. Comparando la diversidad verdadera entre los ecosistemas.....	49

8.3.2.	Análisis de similitud entre ecosistemas.....	52
9.	CONCLUSIONES	56
10.	RECOMENDACIONES.....	57
11.	BIBLIOGRAFÍA	58
12.	ANEXOS.....	67

1. RESUMEN

El parque Nacional Natural Puracé (PNN Puracé), es un área protegida al sur de Colombia que alberga una gran diversidad de fauna de alta montaña, sin embargo, hay muchos vacíos de información sobre esta. Este estudio analizó la composición y diversidad de las comunidades de aves en dos ecosistemas de alta montaña: el bosque altoandino y el páramo, ubicados en el sur del PNN Puracé. Para el registro de las aves se realizaron seis muestreos de campo apuntando la presencia y frecuencia de cada especie a partir de detecciones visuales y auditivas. Los registros se hicieron en 8 transectos (250 m x ancho variable), 4 en cada ecosistema, recorridos 15 veces cada uno. La diversidad y similitud se analizaron usando el programa PAST y el paquete iNEXT online de R Studio. Los resultados revelaron una diversidad de aves característica para cada ecosistemas evaluado, ya que hay una marcada diferencia en la composición de especies entre el bosque altoandino y el páramo, probablemente atribuibles a diferencias en la estructura del hábitat y a las distintas condiciones ambientales. Se identificaron especies particulares de cada sitio, donde se reportaron 9 especies amenazadas y 4 especies migratorias, mostrando que ambos ecosistemas son de gran importancia para su conservación, así como algunas especies compartidas que podrían indicar una cierta similitud entre los dos ecosistemas como *Diglossa lafresnayii*, *Anisognathus igniventris*, *Turdus fuscater*, entre otras. Estos hallazgos aportan nueva información sobre la composición y distribución de la avifauna y apoyan a las estrategias de conservación de esta en el sector sur del PNN.

Palabras clave: Macizo Colombiano, cordillera central, comunidades, avifauna

2. INTRODUCCIÓN

El PNN Puracé, área protegida declarada en 1975, conserva especies y ecosistemas propios de la región altoandina del sur de Colombia (Bonilla-Valencia *et al.*, 2019). Se encuentra ubicado en uno de los nudos montañosos más grandes del planeta, en la ecorregión del Macizo Colombiano, del cual nacen algunos de los ríos más importantes de Colombia (Cauca, Magdalena, Caquetá y Patía); cuya ubicación estratégica y sus características fisiográficas, la identifican como una zona en la cual se relacionan ecosistemas de la Amazonia y los Andes (Bonilla-Valencia *et al.*, 2019), constituyéndose como un área de tránsito de fauna (ONF Andina y Cormagdalena, 2017), por lo que se presume debe albergar una alta riqueza de especies (Vélez *et al.*, 2021).

Para la formulación de estrategias de conservación adecuadas de los ecosistemas naturales, se requiere de información biológica actualizada, la cual, es aún insuficiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS] y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2014). Sumado a lo anterior, la información del efecto que los procesos antrópicos causan sobre el hábitat de especies silvestres también es limitado (Arbeláez-Cortés, 2013). Por esto, es necesario intensificar los esfuerzos de investigación que soporten la elaboración y aplicación correcta de las políticas que rigen la gestión de la biodiversidad (Moreno *et al.*, 2018).

Aunque el PNN cuenta con listados sobre la fauna vertebrada presente en el área protegida obtenidos de informes técnicos, trabajos de grado, artículos científicos y colecciones biológicas, para la gestión adecuada de estos ecosistemas y los elementos que los componen es muy importante que la administración del PNN Puracé cuente con registros actualizados de especies presentes dentro del área protegida y su relación con los ecosistemas que ahí se encuentra (Bonilla-Valencia *et al.*, 2019). Acercarse a este conocimiento es crucial para abordar desafíos como la pérdida de biodiversidad y la degradación del hábitat, ya que nos permite

comprender cómo las especies dependen de sus ecosistemas y cómo podemos proteger esas relaciones para garantizar la salud y la resiliencia de los ecosistemas (Arbeláez-Cortés, 2013)

Por lo tanto, en esta investigación se propone resolver las siguientes preguntas: ¿cuál es la diversidad de aves presentes en los ecosistemas de bosque altoandino y páramo en el sector Alto Magdalena del PNN Puracé? y ¿cómo varía la diversidad de aves entre estos ecosistemas?

3. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se desarrolló con el propósito de analizar y comparar la diversidad de aves entre los ecosistemas de bosque altoandino y páramo en el sector Alto Magdalena del PNN Puracé. Colombia, el país con mayor riqueza de aves en el mundo, tiene una notable cantidad de registros de vertebrados en el Sistema de Información sobre Biodiversidad [SiB Colombia] (Moreno *et al.*, 2018). Sin embargo, la información sobre la avifauna es incompleta en muchas regiones, como los departamentos del Cauca y Huila donde se ubica el PNN Puracé. La falta de datos actualizados debido a problemas de presupuesto, conflicto armado y difícil acceso limita los procesos de protección y conservación (Morán *et al.*, 2005; Finegan *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 2018). Por ello, identificar las aves presentes en estos ecosistemas es esencial para llenar estos vacíos de información y mejorar la gestión del área protegida.

El área de estudio se encuentra en la ecoregión del Macizo Colombiano, donde sus características de relieve han promovido diversidad de ecosistemas acuáticos y terrestres, no obstante, esas condiciones geomorfológicas y climáticas extremas en los ecosistemas andinos de alta montaña del PNN Puracé no facilitan el estudio de la biodiversidad (Sarmiento *et al.*, 2015). Sin embargo, con las tecnologías actuales se pueden hacer caracterizaciones rápidas de aves para obtener registros efectivos que nutran la información ausente. Dichos ambientes resguardan una alta riqueza

biológica de flora y fauna importante de catalogar, para identificar prioridades de conservación y aportar en el diseño de medidas que conserven estos hábitats (Gutiérrez-Zamora *et al.*, 2004).

El bosque altoandino y el páramo son ecosistemas clave que albergan una gran cantidad de especies nativas de estos hábitats, especies amenazadas y migratorias, desempeñando roles críticos en el mantenimiento de la biodiversidad y en la provisión de servicios ecosistémicos. Sin embargo, ambos ecosistemas están bajo amenaza, las presiones antrópicas y naturales en la zona de influencia del PNN Puracé, como la actividad agropecuaria, minera y los cambios climáticos, pueden afectar negativamente su diversidad (Sarmiento *et al.*, 2017). Este proyecto tiene como objetivo proporcionar datos empíricos y análisis detallados que sirvan como base para la toma de decisiones en la conservación y gestión de estos ecosistemas.

Teniendo en cuenta este contexto, el PNN Puracé ha identificado las necesidades de investigación requeridas a través de su portafolio de investigaciones, donde se han priorizado aquellas que aporten al conocimiento de la riqueza de aves dentro del área protegida (Bonilla-Valencia *et al.*, 2019). La investigación busca llenar vacíos de conocimiento existentes en la literatura científica sobre la avifauna del PNN Puracé, contribuyendo así al enriquecimiento del conocimiento científico y a la formulación de políticas ambientales más precisas y efectivas. Los resultados obtenidos pueden orientar programas de monitoreo a largo plazo y estrategias de manejo que favorezcan la preservación de la biodiversidad y la integridad ecológica del parque.

Este proyecto se justifica por su relevancia en la conservación de la biodiversidad, la necesidad de generar conocimiento científico aplicable y su potencial para influir en políticas y prácticas de manejo sostenible en uno de los parques nacionales más importantes de Colombia. Esta investigación presenta información sobre la diversidad y un listado general de las aves que habitan los ecosistemas de bosque altoandino y páramo en el sector Alto Magdalena al sur del PNN Puracé como línea

base útil para la toma de decisiones dentro del área protegida. Genera conocimiento de la avifauna local, su relación con los ecosistemas y la identificación de especies importantes para su conservación.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la diversidad de la comunidad de aves en los ecosistemas de bosque altoandino y páramo del sector Alto Magdalena del Parque Nacional Natural Puracé.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer la composición de la comunidad de aves en los ecosistemas de bosque altoandino y páramo.
- Determinar la diversidad de aves en el bosque altoandino y páramo.
- Analizar las diferencias en diversidad de la comunidad de aves entre los ecosistemas del área de estudio.

5. MARCO TEORICO

5.1. Comunidad y diversidad biológica

Comunidad se define como un conjunto de organismos de diferentes especies que interactúan en un lugar específico (Gee y Giller, 1987). Esta definición implica una organización espacial definida, pero con un límite determinado ya que los investigadores rara vez pueden abarcar el estudio de una comunidad completa. Es

importante destacar que la delimitación de una comunidad no se restringe únicamente a su escala espacial, sino que también abarca su dimensión taxonómica. Dada la complejidad y diversidad de los ecosistemas, los estudios suelen centrarse en subconjuntos taxonómicos, de mamíferos, insectos o peces (Smith y Smith, 2007). Por lo tanto, los investigadores tienden a analizar estos subsistemas para obtener una comprensión más detallada de las interacciones biológicas en un entorno dado.

Las comunidades presentan propiedades emergentes que pueden ser estáticas o dinámicas. Las propiedades **estáticas**, que se refieren a las propiedades que pueden ser analizadas en un instante específico de tiempo, y **las dinámicas**, asociadas con los cambios que experimentan las comunidades a lo largo del tiempo, lo que implica la necesidad de realizar observaciones recurrentes en diferentes momentos. Entre estas propiedades emergentes, la *diversidad* destaca como una característica dinámica fundamental (Carabias *et al.*, 2005).

La diversidad se refiere a la variedad y abundancia de especies, genes y ecosistemas en un determinado lugar o sistema (Solbrig, 1991). Sin embargo, desde un contexto conservacionista, se enfoca especialmente en la variabilidad de especies en una comunidad particular (Halffter y Ecurra, 1992). Esta puede ser estimada mediante el número de especies y la cantidad de individuos por cada una, es decir, se incorporan los conceptos de riqueza y abundancia relativa. En consecuencia, cuando cada especie en una comunidad presenta un número similar de individuos, la dominancia es baja y se incrementa la equitatividad de recursos e interacciones (Carabias *et al.*, 2005).

Una aproximación eficiente para estimar y comparar la diversidad es a través de la denominada diversidad verdadera, también conocida como números de Hill. Para calcular los órdenes o números de Hill, se usa una fórmula generalizada, donde únicamente, los órdenes con interpretación biológica son $q = 0$, $q = 1$ y $q = 2$; el orden cero es igual a la riqueza ($q_0 =$ número total de especies en la muestra); el

orden uno (q_1), representa el número de especies más frecuentes, y a medida que se aproxima al valor del orden cero, nos brinda información sobre la equitatividad; y el orden dos (q_2), muestra el número de especies dominantes, de ahí que, cuando la mayoría de las especies en una comunidad son dominantes, se equilibran las interacciones, reduciendo la dominancia de unas pocas especies y promoviendo una distribución más equitativa en la comunidad (Jost, 2006).

Esta aproximación implica la transformación de índices conocidos, como el de la entropía de Shannon (1948) en su exponencial para obtener el valor de q_1 . Por otro lado, el valor de q_2 se obtiene dividiendo 1 por 1 menos el valor del índice de Gini-Simpson (1949). Para expresar los índices tradicionales de diversidad en una misma escala o unidad, es esencial introducir el concepto de número efectivo de especies. Este número, considerado como la diversidad verdadera de una comunidad, facilita su interpretación y comparación. Además, el número efectivo de especies fluctúa en función de la distribución de las frecuencias (Chao *et al.*, 2010).

5.2. Riqueza de aves en Colombia

Como se mencionó anteriormente, la riqueza es el número de especies que existen en un lugar determinado. Colombia es rico en fauna y flora debido a que se encuentra en una posición geográfica estratégica, posee extensión de costas tanto en el océano Pacífico como en el océano Atlántico, tres cordilleras que atraviesan el país en sentido norte-sur, una región de planicies o llanuras, y gran parte del sur está cubierta por la selva amazónica (Rangel-Ch, 2015). Esta variedad geomorfológica y ecosistémica, sumado a la complejidad climática que le provee estar situada en la zona de convergencia intertropical, resultan en una multiplicidad de ecosistemas que contienen unas 67.000 especies entre fauna y flora (SiB Colombia, 2022), de éstas, cerca de 1969 pertenecen al grupo de las aves (Echeverry-Galvis *et al.*, 2022).

En los andes colombianos se han identificado más de 800 de estas especies de aves por encima de los 1250 msnm (McMullan, 2018), adaptadas a una amplia variedad de hábitats en las cordilleras andinas. Mas específicamente en la alta montaña, podemos encontrar aproximadamente 2 especies de Tinamiformes, 7 Anseriformes, 2 Galliformes, 2 Podicipediformes, 8 Columbiformes, 4 Cuculiformes, 1 Steatornithiformes, 3 Caprimulgiformes, 28 Apodiformes, 4 Gruiformes, 17 Charadriiformes, 2 Suliformes, 7 Pelecaniformes, 2 Cathartiformes, 17 Accipitriformes, 8 Strigiformes, 2 Trogoniformes, 1 Coraciiformes, 1 Galbuliformes, 8 Piciformes, 5 Falconiformes, 7 Psittaciformes y 173 Passeriformes (Ayerbe, 2018).

5.3. Avifauna asociada a ecosistemas de alta montaña

Los ecosistemas de alta montaña se caracterizan por presentar condiciones climáticas extremas que han llevado a que los organismos presentes ahí tuvieran que adaptarse para sobrevivir, es por lo que las relaciones de estos seres vivos pueden ser muy específicas con su ambiente, así como las interacciones que ocurren entre ellos (Morales *et al.*, 2007; Cabrera *et al.*, 2014; Sarmiento *et al.*, 2015).

En comparación con zonas de menores elevaciones la diversidad en este tipo de ecosistemas (Páramo, Bosque altoandino) suele ser baja, ya que muy pocas especies pueden resistir temperaturas que descienden muy rápido, fuertes vientos, disminuida presión atmosférica, fuerte radiación ultravioleta y producción primaria regularmente baja; las fluctuaciones de los anteriores fenómenos son muy intensas y han obligado a que los organismos deban tener adaptaciones que les permitan soportar y generar resistencia a estos (Sarmiento, 1986). Por ejemplo, los colibríes al tener cuerpos tan pequeños se les dificulta almacenar energía, así que, para soportar las noches frías de páramo sin alimentarse, estos esponjan su plumaje y entran en un estado de letargo, reduciendo su temperatura corporal y metabolismo (Otero *et al.*, 2001).

En la cordillera de los Andes, el grupo de vertebrados que más representación tiene en los ecosistemas de alta montaña son las aves (Rangel-Ch, 2000), las cuales presentan mayor número de endemismos cada vez que la elevación aumenta (Kessler *et al.*, 2001). La variación de factores físicos y biológicos determinan la distribución de las especies en gradientes altitudinales y ambientales, asimismo, dependerán de los requerimientos energéticos y del comportamiento interespecífico e intraespecífico (Terborgh, 1971). En consecuencia, las poblaciones de aves que se mueven en ecosistemas de alta montaña pueden responder a patrones de floración de las plantas presentes en estos o a la abundancia de distintos recursos (Gutiérrez-Zamora *et al.*, 2004). Algunas de los taxa más característicos en estos hábitats son Trochilidae, Thraupidae, Tyrannidae, Furnariidae, Parulidae y Passerellidae (Córdoba-Córdoba, 2016)

5.4. Ecosistemas de alta montaña

En los ecosistemas de alta montaña, la vida florece en condiciones extremas, desafiando las adversidades climáticas y topográficas. Estos entornos, como el páramo y el bosque altoandino, albergan una rica biodiversidad, donde las especies han desarrollado adaptaciones únicas para sobrevivir en altitudes elevadas y condiciones climáticas variables. La interacción entre la flora y la fauna en estos ecosistemas es fundamental para mantener el equilibrio ecológico, donde cada especie desempeña un papel crucial en la dinámica del ecosistema. Además, estos hábitats de alta montaña proporcionan servicios ecosistémicos vitales, como la regulación del ciclo del agua y la protección de cuencas hidrográficas, lo que los convierte en sistemas fundamentales para la salud del planeta y el bienestar humano (Sarmiento *et al.*, 2017). Conviene subrayar que los límites entre los sistemas de alta montaña son irregulares (Sturm y Rangel-Ch, 1985), y la vegetación varía según las condiciones climáticas y topográficas, la exposición al viento, los tipos de suelo, la intervención humana y la altitud máxima de la formación montañosa (Vargas y Pedraza, 2004; Rangel-Ch, 2000).

5.4.1. Páramo

El páramo es un ecosistema que se encuentra orográficamente a alturas elevadas del trópico americano, en países como Costa Rica, Venezuela, Ecuador y Perú; el 99% de éste se encuentra en la cordillera de los Andes, y en Colombia están presentes aproximadamente el 50% de los páramos del mundo (Sarmiento *et al.*, 2015). Según Cuatrecasas (1958), este ecosistema se caracteriza por temperaturas bajas que oscilan entre 2°C y 12°C, precipitaciones anuales de 700 a 3000 mm, y una alta humedad ambiental, ubicándose desde los 3200 a 4700 msnm. La vegetación del páramo incluye plantas achaparradas y adaptadas a condiciones extremas, como los frailejones (*Espeletia spp.*), junto con musgos, líquenes y gramíneas que cubren sus suelos ricos en materia orgánica.

Rangel-Ch (2000) complementa esta visión al resaltar que el páramo presenta temperaturas medias anuales entre 3°C y 12°C, con variaciones diarias significativas, y precipitaciones que varían de 1000 a 2500 mm anuales, se extiende entre 3500 a 4100 msnm. La vegetación del páramo, según Rangel-Ch, incluye una diversidad de arbustos, pequeñas plantas herbáceas y plantas adaptadas a condiciones andinas, como las rosetas de *Espeletia*, los almohadillados y las gramíneas.

Una de sus principales funciones es la regulación hídrica, siendo este un servicio ecosistémico muy importante para la población colombiana, la cual utiliza el 70% del recurso hídrico proveniente de la alta montaña en diversos usos (Ungar, 2015). Los órdenes de aves más representativos en este tipo de ecosistema corresponden a Passeriformes y Apodiformes, este último con una buena representación de la familia Trochilidae (Suarez-Sanabria y Cadena, 2014; Medina *et al.*, 2015).

5.4.2. Bosque altoandino

El bosque andino, es un ecosistema de gran importancia en la cordillera de los Andes, ha sido descrito por diversos investigadores, entre ellos Cuatrecasas (1958), Rangel-Ch *et al.* (1997) y Rangel-Ch (2000). Cuatrecasas (1958) destaca que este bosque se encuentra entre los 2400 y 3800 msnm y está caracterizado por su vegetación densa y variada, compuesta principalmente por árboles de porte medio, con especies como *Polylepis* y *Weinmannia*, así como una notable presencia de epífitas y musgos debido a la alta humedad. Este ecosistema presenta un clima frío y húmedo, con una temperatura media anual que varía entre los 6 y 15 grados centígrados, y recibe una precipitación significativa entre 900 a 1000 mm anuales, lo que favorece una alta biodiversidad y endemismo.

Sin embargo, el rango altitudinal que describe Cuatrecasas es muy amplio, y no hace énfasis en alguna franja del bosque andino superior como el bosque altoandino, no obstante, Rangel-Ch *et al.* (1997) y Rangel-Ch (2000) describe que esta franja se distribuye entre los 3000 a 3200 msnm, actuando como una gran área de ecotonia con el límite de la vegetación abierta y achaparrada del subpáramo. En ese límite se establecen los bosques y matorrales altoandinos, donde predominan especies como *Polylepis*, *Escallonia myrtilloides* y especies de *Miconia*, también se encuentran plantas epífitas, musgos, líquenes y helechos en abundancia. Posee un clima frío y húmedo con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 6°C y 12°C. Las precipitaciones son abundantes en la vertiente Oriental en donde se ubica el área de estudio, el monto anual es de 4443 mm con un promedio mensual de 370.25 mm y la humedad relativa es alta durante todo el año. (Rangel-Ch *et al.*, 1997; Rangel-Ch, 2000).

El bosque altoandino es uno de los ecosistemas más amenazados en Colombia debido a que la mayor parte de las poblaciones humanas se han asentado históricamente en su área natural, propiciando la expansión de la frontera agrícola y ganadera (Vargas y Gómez, 2008), además de la tala intensiva que ha

fragmentado el hábitat en diferentes tamaños y niveles de aislamiento (Kattán y Alvarez, 1995). El bosque altoandino tiene significativas muestras de biodiversidad y endemismos, también, cumple importantes funciones como la regulación hídrica, lo que lo hace un ecosistema estratégico (Sarmiento *et al.*, 2013). Algunas de las familias de aves que se encuentran en mayor proporción son Trochilidae, Tyrannidae, Parulidae, Thraupidae y Emberizidae (Stiles y Roselli, 1998; Medina *et al.*, 2015).

6. ANTECEDENTES

Nuestro país posee la mayor cantidad de especies de aves en el mundo (1969 especies), distribuidas en 31 órdenes, 95 familias y 749 géneros, de las cuales, 1565 especies son residentes, 123 son migratorias boreales, 17 migratorias australes, 54 se consideran hipotéticas, 83 son endémicas, 82 se consideran erráticas, 6 son introducidas establecidas y 1 extinta (Echeverry-Galvis *et al.*, 2022).

Para el departamento del Cauca se registra 1232 especies según la plataforma eBird, (Sullivan *et al.*, 2009; CornellLabofOrnithology, 2014), es decir, el 63 % de todas las aves del país, siendo este el departamento que más riqueza posee de este grupo; del mismo modo, para el departamento del Huila se registran 794 especies, (Sullivan *et al.*, 2009), el 40.6 % del total de aves nacional, aunque no es una fuente 100% confiable debido a que muchos observadores aficionados pueden equivocarse sobre la presencia real de alguna especie, y las revisiones de los listados suelen demorarse, se tomó en cuenta como una estimación de referencia de la riqueza en estos lugares, así como se ha realizado en otros estudios (Vélez *et al.*, 2021).

Ayerbe-Quiñones *et al.* (2008) elaboraron un listado de las Aves del departamento del Cauca, identificando 12 zonas de distribución geográfica, en 5 de estas se ubica el PNN Puracé: Flanco occidental cord. Central WC, Flanco occidental cord. Centro-

Oriental WCO, Flanco occidental cord. Centro-Oriental WCO, Cuenca río Magdalena CMg y Cuenca río Caquetá CCq. En general se obtuvo un listado de 1,102 especies, pertenecientes a 22 órdenes, 81 familias y 525 géneros para el departamento del Cauca; Vélez *et al.* (2021) sostienen que el total de aves presentes en el departamento del Cauca es de 1409 especies.

El PNN Puracé cuenta con el reporte de alrededor de 321 especies. (Bonilla-Valencia *et al.*, 2019), correspondiendo al 22.7 % del total para el Cauca, 42.9 % del total para el Huila y 16.3% del total nacional, distribuidas en 20 órdenes, 48 familias y 198 géneros. En contraste, según Vélez *et al.* (2021), en el PNN Puracé se pueden encontrar aproximadamente 477 especies de aves.

En cuanto a los estudios relacionados con el PNN Puracé, se encuentran los realizados por Hernández-Camacho *et al.* (1979), en el cual describen dos nuevas taxa del género *Grallaria* del Alto Valle del Magdalena, correspondientes a *Grallaria alleni andaquiensis* y *Grallaria rufocinerea romeroana*. Asimismo, en el año 1990, Negret *et al.* publicaron sobre algunos reportes de *Leptosittaca branickii*, un ave amenazada de extinción en Colombia y que actualmente se encuentra en la categoría de Preocupación Menor según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [IUCN], (2024), y en Vulnerable según el Libro Rojo de Aves de Colombia (Renjifo *et al.*, 2014) y la Resolución 0126 de 2024.

En el año 1995 Bolaños-Fernández hace una comparación de la avifauna en las franjas paramuna y altoandina del Norte del PNN Puracé, utilizando como métodos, conteos visuales y conteo a lo largo de transectos con estaciones fijas de observación. Para el bosque altoandino se registraron 72 especies pertenecientes a 22 familias, y en el páramo se registraron 31 especies pertenecientes a 14 familias, evidenciando una alta disimilitud entre las especies del bosque altoandino respecto a las de páramo.

Para el año 2001, se publica el libro *Aves en Colombia Amenazadas de Extinción* (Negret, 2001), en el cual se describen las siguientes aves amenazadas presentes en el PNN Puracé, teniendo en cuenta las regiones zoogeográficas de Colombia y sus tipos de vegetación: *Sarkidiornis sylvicola*, *Vanellus resplendens*, *Hapalopsittaca amazonina*, *Steatornis capirensis*, *Drymotoxeres pucheranii*, *Acropternis orthonyx*, *Pipreola lubomirskii*, *Cyanolyca armillata*, *Tephrophilus wetmorei*, *Urothraupis stolzmanni*.

En el año 2010, Morales-Collazos realizó una evaluación del estado de la población de cóndores andinos (*Vultur gryphus*) liberados en el Resguardo de Puracé, Cauca, Colombia, el cual consistió en la estimación del número de individuos, anotaciones sobre aspectos ecológicos, relación entre comuneros y esta especie, y estrategias de conservación. El autor concluyó que la población de cóndores en ese lugar no era biológicamente estable para su reproducción, además de encontrarse constantemente amenazada por la expansión de la frontera agrícola, ganadera, quema de bosques, entre otras. Estas acciones que se ven reforzadas por la falta de educación ambiental y capacitación en torno a la biología y ecología del cóndor.

En 2010, Montezuma, realizó un estudio para comprender la estructura del ecosistema Laguna de la Magdalena (PNN Puracé) e identificar posibles factores relevantes sobre sus componentes e interrelaciones. Uno de los objetivos de este estudio fue caracterizar la fauna, lo que resultó en un listado preliminar de aves que constaba de 75 especies pertenecientes a 29 familias. Se registraron 61 especies en el bosque achaparrado, 32 especies en el frailejón, matorral y pajonal, y finalmente, 5 especies en el humedal.

Vidal-Maldonado (2012), se propuso establecer relaciones entre procesos espaciales de fragmentación ecosistémica y diversidad de avifauna en dos zonas de páramo. Específicamente, caracterizó las comunidades de aves frugívoras e insectívoras en los sectores de San Rafael y Tabaco, además de analizar el hábitat en fragmentos de bosque seleccionados para su estudio y determinar los procesos

de fragmentación ocasionados por actividades antrópicas. Se registraron un total de 98 especies en el área conjunta de estudio, con 75 especies para el sector de San Rafael y 57 especies para Tabaco.

Lizcano (2013) tuvo como objetivo determinar la composición de aves en dos relictos de bosque altoandino presentes en las veredas Loyola y Guacas, en el municipio de San Sebastián, los cuales forman parte del área de amortiguación del PNN Puracé. Registró 69 especies en los dos relictos de bosque, pertenecientes a 12 órdenes y 25 familias, siendo el relicto de la vereda Loyola el más diverso, posiblemente debido a su cercanía con el PNN.

Velasco (2018) realizó un estudio para determinar la interacción entre las aves frugívoras y las plantas ornitócoras del bosque altoandino en el sector sur del PNN Puracé. Registró 112 interacciones, 247 eventos de consumo, 27 especies de aves frugívoras y 23 especies de plantas ornitócoras. Entre las aves se destacaron cuatro órdenes: Passeriformes, Piciformes, Galliformes y Trogoniformes. Además, se registraron 11 familias y 24 géneros.

Pisso-Florez *et al.*, (2022), realizaron la cartilla de aves de montañas y lagunas del Parque Nacional Natural Puracé, la cual presenta información ecológica, estatus de amenaza y distribución de 82 especies pertenecientes a 15 órdenes. En ese mismo año, Ocampo-G y colaboradores publicaron una nota sobre observaciones realizadas entre agosto y diciembre de 2021 de la actividad de cortejo, apareamiento, anidación, tamaño de la anidada y cuidado parental inicial del zambullidor plateado (*Podiceps occipitalis juninensis*) en la Laguna La Magdalena, PNN Puracé.

Ocampo-G (2023) caracterizó la composición de la comunidad de aves acuáticas en las lagunas la Magdalena y Cusiyaco del PNN Puracé. Durante los muestreos, que se realizaron mediante observaciones alrededor de las lagunas, tomando detecciones visuales con binoculares y cámaras fotográficas, se registraron 11

especies (7 para la laguna de Cusiyaco y 11 para La Magdalena), agrupadas en 8 géneros, 5 familias y 5 órdenes. La mayor diversidad en la laguna La Magdalena podría deberse a que posee una mayor heterogeneidad en su vegetación.

7. METODOLOGÍA

7.1. Área de estudio

El PNN Puracé está localizado al sur de la cordillera Central de Colombia, en la ecoregión del Macizo Colombiano, comprendiendo los departamentos de Cauca y Huila, entre los 4°35'56.7' N – 77°4'51.30" W (Figura 1); tiene una extensión de 91843,91 Ha, con alturas entre los 2350 hasta los 4700 m, con ecosistemas de bosque andino, bosque alto andino y páramo. El área de estudio se localiza en el camino nacional, que de Valencia (Cauca) conduce a San Agustín (Huila), cuenca alta del río Magdalena; donde ocurre la depresión del Boquerón, la cual obstaculiza un ramal sinuoso llamado Cuchilla Corona de Dios o Tres Tulpas, que coincide con el origen de la cordillera oriental (Bonilla-Valencia *et al.*, 2019).

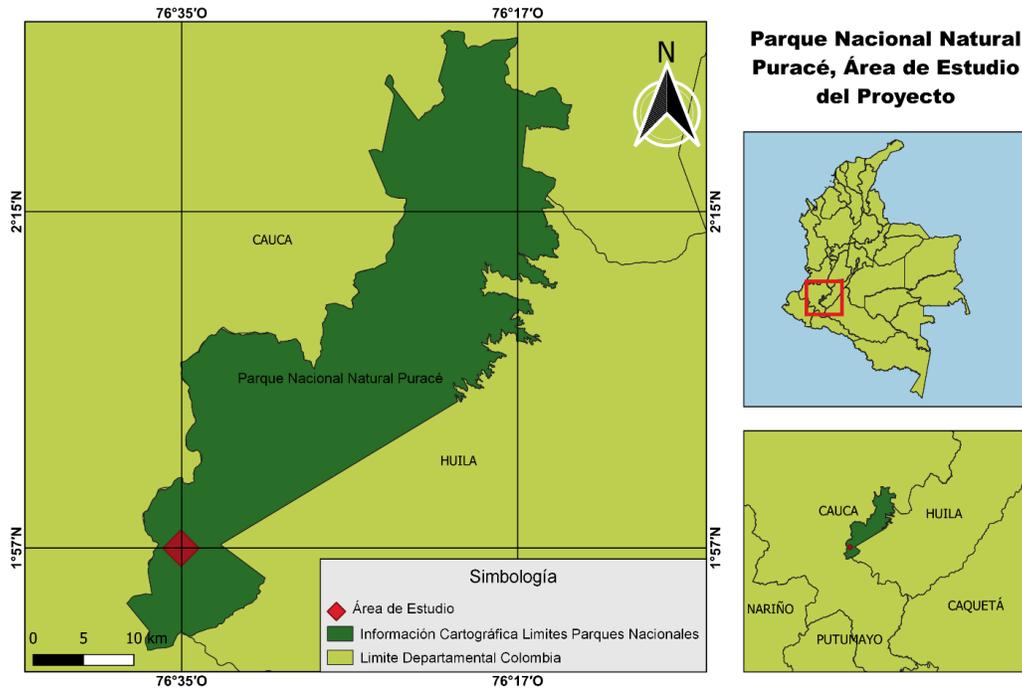


Figura 1. Ubicación del área de estudio sector Alto Magdalena (rombo rojo), en el Parque Nacional Natural Puracé, en Cauca-Huila y Colombia.

Su geomorfología corresponde generalmente a montañas glaciovolcánicas con preponderancia de elementos fluviogravitacionales, su constitución más distintiva responde a montañas erosionadas disectadas en rocas platónicas del Macizo de la Plata, montañas que se han desarrollado en rocas intrusivas que usualmente exhiben laderas con pendientes onduladas y escarpadas (Bonilla-Valencia *et al.*, 2019).

Para delimitar los ecosistemas del área de estudio, se tomaron como referencia las descripciones estratigráficas y fisionómicas de la vegetación según Cuatrecasas (1958) y Rangel-Ch (2000). En el caso del bosque altoandino, se procuró mantener el área de estudio entre los 3000 a 3200 msnm, la estratificación del bosque correspondía a múltiples capas de vegetación que incluían árboles de mediano tamaño (5 a 15 m) emergentes, arbustos (2 a 5 m), un dosel cerrado, un sotobosque denso y una gran cantidad de plantas epifitas (musgos, líquenes, helechos, bromelias y orquídeas) y herbáceas. Las hojas en las plantas tendían a ser más

grandes y anchas en comparación con las del páramo. Los suelos contenían una gran cantidad de materia orgánica. Todos los transectos del bosque altoandino cumplían con estas características. El transecto BAA1 fue el único que presentó aproximadamente un 20% de características similares al subpáramo, donde se observó la presencia de bosque achaparrado, matorrales altos y bajos.

Por otra parte, el páramo se delimitó entre los 3400 a 3600 msnm. A diferencia del bosque, este ecosistema no presentaba una estratificación clara. La vegetación era baja y densa, con plantas adaptadas a las condiciones extremas, había presencia de bosques achaparrados, matorrales altos y bajos, cojines de plantas, formaciones abiertas con pastizales-pajonales, frailejones-rosetales y prados-turberas. La flora presentaba adaptaciones como hojas coriáceas y rosetas para reducir la pérdida de agua. Los suelos tenían alto contenido de materia orgánica y retenían una gran cantidad de agua.

Cabe resaltar que estas dos áreas de estudio (páramo y bosque altoandino), se encontraban separadas por aproximadamente 218 m de altitud y una distancia en el suelo, en línea recta de 1116 m.

7.2. Diseño del muestreo

Se estudió la avifauna de los ecosistemas de páramo y bosque altoandino del PNN Puracé, sector Alto Magdalena, para lo cual se realizaron ocho salidas de campo, dos preliminares y seis salidas de muestreo de 6 días de duración cada una, con 3 días efectivos de muestreo para cada tipo de ecosistema. La mayoría de las salidas de campo se realizaron entre marzo y noviembre, que de acuerdo con el plan de manejo del parque corresponde principalmente a la época de lluvias (marzo a septiembre) (Amaya *et al.*, 2004).

En cada ecosistema se ubicaron 4 transectos de ancho variable (Ojasti *et al.*, 2000), con un largo de 250 m y con una separación de 250 m entre ellos, lo que los hace

independientes entre sí (Villarreal *et al.*, 2004; Ralph *et al.*, 1996). En el páramo fueron nombrados PAR y en el bosque altoandino como BAA. Se marcó el inicio y el final de cada uno de los transectos con un sharpie en un trozo de cinta que fue atada de alguna rama cercana a estos puntos, usando los términos “Pi” y “Bi” en el inicio y, “Pf” y “Bf” en el final para los transectos PAR y BAA respectivamente (Tabla 1). Cada transecto se muestreó por dos personas durante tres mañanas por salida, entre las 6-11 am (Villarreal *et al.*, 2004; Ralph *et al.*, 1996). Sumando el área de muestreo en cada ecosistema, se estimó que, para el bosque altoandino y el páramo, respectivamente, se muestreó aproximadamente el 0.02% (10 ha) y 0.05% (10 ha) del total del parque.

Tabla 1. Registro de transectos.

Transectos		Coordenadas	Características
PAR1	P1i		Entre 3595 a 3594 msnm. Inclinación promedio (10.9%, -10.1%). Presencia de matorrales bajos, formaciones abiertas con pastizales-pajonales, frailejones-rosetales y tres cuerpos de agua en el camino formando charcos de aproximadamente 30 cm de profundidad. El transecto está a lo largo de la ladera de la montaña, situado solo en un costado de esta elevación.
	P1f		
PAR2	P2i		Entre 3560 a 3556 msnm. Inclinación promedio (11.4%, -8.4%). Presencia de bosques achaparrados, matorrales altos y bajos, formaciones abiertas con pastizales-pajonales, frailejones-rosetales y dos cuerpos de agua en el camino formando charcos de aproximadamente 30 cm de profundidad. El transecto está a lo

	P2f		1°55'31.07"N 76°35'51.56"O	largo de la ladera de la montaña, situado solo en un costado de esta elevación.
PAR3	P3i		1°55'39.10"N 76°35'50.68"O	Entre 3534 a 3493 msnm. Inclinación promedio (1.1%, -16%). Presencia de matorrales bajos, formaciones abiertas con pastizales-pajonales, frailejones-rosetales. El transecto se extiende a lo largo de la cresta de la montaña. Hacia el oriente de esta, la pendiente de la ladera es pronunciada y el viento golpea con bastante fuerza e intensidad.
	P3f		1°55'47.13"N 76°35'49.65"O	
PAR4	P4i		1°55'55.17"N 76°35'48.60"O	Entre 3460 a 3443 msnm. Inclinación promedio (1%, -6.3%). Presencia de bosques achaparrados, matorrales altos y bajos, formaciones abiertas con pastizales-pajonales, frailejones-rosetales, prados-turberas y un cuerpo de agua en el camino formando un charco de aproximadamente 40 cm de profundidad. El transecto se extiende a lo largo de la cresta de la montaña, pero al llegar al final, el terreno se convierte en una pequeña planicie.
	P4f		1°56'0.11"N 76°35'42.16"O	

BAA1	B1i		1°56'14.74"N 76°35'9.60"O	Entre 3225 a 3206 msnm. Inclinación promedio (3.3%, -8.1%). Presencia de bosques achaparrados, matorrales altos y bajos, chuscales, arbustos entre 2 a 5 metros de altura y arboles de más de 7 m. La vegetación exhibe características más afines al bosque, aunque muestra un grado de transición entre este y el páramo. El transecto está a lo largo de la ladera de la montaña, situado solo en un costado de esta elevación.
	B1f		1°56'15.04"N 76°35'1.49"O	
BAA2	B2i		1°56'18.53"N 76°34'54.15"O	Entre 3183 a 3138 msnm. Inclinación promedio (17.5%, -17.5%). Bosque con presencia de árboles de más de 10 m, arbustos entre 2 a 5 m de altura, chuscales y pastos. Se caracteriza por presentar varios hábitats, entre áreas con arbustos, áreas con claros rodeados de árboles y 2 cuerpos de agua en el camino que formaban charcos de aproximadamente 20 a 30 cm de profundidad. El transecto está a lo largo de la ladera de la montaña, situado solo en un costado de esta elevación.
	B2f		1°56'21.41"N 76°34'46.55"O	
BAA3	B3i		1°56'23.75"N 76°34'38.71"O	Entre 3101 a 3052 msnm. Inclinación promedio (2.5%, -17.5%). El bosque está compuesto principalmente por arbustos de entre 2 a 5 m y árboles mayores a 10 m. El camino es angosto y esta bordeado por una abundante presencia de pastos, junto con algunos chuscales. El transecto está a lo largo de la ladera

	B3f		1°56'23.55"N 76°34'30.62"O	de la montaña, situado solo en un costado de esta elevación, donde predominan las pendientes pronunciadas.
BAA4	B4i		1°56'24.80"N 76°34'22.58"O	Entre 3006 a 2954 msnm. Inclinación promedio (4.7%, -20.7%). El bosque presenta arboles mayores a 7 m y arbustos entre los 2 a 5 m de altura. Es el transecto más cercano al cauce del Río Magdalena, al final de este hay abundante presencia de chuscales. Se encuentra a lo largo de la ladera de la montaña, situado solo en un costado de esta elevación.
	B4f		1°56'30.68"N 76°34'16.74"O	

7.3. Registro e identificación de las especies

Cada transecto se recorrió por un periodo de 20 minutos realizando detecciones visuales (binoculares Bushnell (8x42) y auditivas almacenando el registro en medio magnético (Smartphone Samsung Galaxy A52 con un micrófono de condensador cardioide para teléfono móvil tipo mini shotgun marca Neewer CM14). Únicamente se realizó la identificación de especies diurnas y crepusculares (periodo matutino). Este protocolo permitió la búsqueda intensiva de especies complejas de reconocer por sus cantos y llamadas, o especies inconspicuas (Villarreal *et al.*, 2004; Ralph *et al.*, 1996).

Las aves observadas fueron fotografiadas, siempre que fue viable con una cámara digital Canon Powershot SX710 HS y fueron identificadas con la ayuda de guías o aplicaciones de campo (Ayerbe, 2019; CornellLabofOrnithology, 2014). Los registros auditivos se identificaron con la ayuda de las grabaciones de cantos proporcionados por la página web Xeno-Canto (2020). Adicionalmente, durante la investigación se revisó información secundaria de artículos científicos, libros, trabajos de grado, Colección Ornitológica del Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca y páginas web como WikiAves Icesi (<https://wikiaves.icesi.edu.co/>) y Birds of the World (Billerman *et al.*, 2022). Como parte de los compromisos y acuerdos de trabajo, la información obtenida en este estudio se entregó a la dirección del PNN Puracé quienes se encargarán de cargar los registros en el SiB Colombia.

7.4. Análisis de los datos

7.4.1. Composición

Se elaboró una base de datos con todos los registros obtenidos, donde se consignaron los datos de fecha, hora, coordenadas, localidad, ecosistema, nombre científico del ave observada, número de individuos registrados y transecto o lugar (Villarreal *et al.*, 2004). Posterior al trabajo de campo se completó la información taxonómica de las aves. A partir de estos datos se realizó una descripción de la composición de la comunidad de aves por categoría taxonómica (orden, familia, especie) por ecosistema, organizada en orden filogenético y usando la nomenclatura propuesta por el Comité de Clasificación de Aves para Sudamérica (SACC, 2023).

Para obtener información sobre la composición de aves en ambos ecosistemas se abordaron dos aproximaciones, en la primera se tuvieron en cuenta los registros incidentales o no sistemáticos realizados en las salidas preliminares y los

recolectados fuera de los transectos, sumados a los registros hechos dentro de estos últimos. En la segunda aproximación solo se usaron los registros obtenidos dentro de los transectos ubicados en cada uno de los ecosistemas, debido a que el esfuerzo de muestreo en estos fue el mismo, por tanto, esto permitió realizar algunas comparaciones de la composición (familias y ordenes), estimar y comparar la diversidad verdadera y construir un clúster de similitud (Métrica de Jaccard). Algunos resultados como las proporciones de órdenes y familias se muestran mediante diagramas de barras (Rodríguez *et al.*, 2006), elaborados en el programa Excel (Microsoft, 2020).

7.4.2. Estimación de la representatividad y diversidad de aves en el páramo y bosque altoandino

Después de organizar la base de datos con todos los registros obtenidos, se realizó un conteo de las especies y sus frecuencias en cada uno de los transectos, en relación con el número de días muestreados y en cada uno de los ecosistemas estudiados. Esto se hizo con el fin de medir la representatividad de la riqueza en los sitios mencionados. Posterior a esto, se realizó una curva de rarefacción y extrapolación a partir de la cobertura de la muestra, es decir, el porcentaje de la comunidad total que está representada con las muestras obtenidas (Chao *et al.*, 2014).

La diversidad de aves en cada uno de los ecosistemas fue estimada mediante el uso de los índices de diversidad verdadera, también conocidos como números de Hill ($q=0,1,2$) (Chao *et al.*, 2014; Chao *et al.*, 2016). Esta estimación se llevó a cabo usando datos de frecuencias, que se refiere a la proporción o número de veces que una especie es observada o registrada en las unidades de muestreo dentro del área de estudio. Por otra parte, para determinar la dominancia a partir de datos de frecuencias, estas se convierten en proporciones de abundancia y finalmente a

estos valores se les aplica el inverso del índice de Simpson (orden q^2), de ahí que, las especies dominantes son las que se encontraban con mayor abundancia en algunas de las unidades de muestreo. En consecuencia, se examinaron la riqueza específica, la frecuencia y dominancia de las especies en los sitios de estudio mediante la construcción de curvas con el paquete iNEXT online de R Studio (Chao *et al.*, 2016).

7.4.3. Diferencias de diversidad entre los ecosistemas

Una vez obtenidos los datos sobre diversidad verdadera se comparó la riqueza específica, la frecuencia y dominancia de las especies entre los sitios de estudio. Además, se empleó el índice de Jaccard mediante el software PAST (Hammer *et al.*, 2001) para cuantificar la similitud entre las comunidades. Este índice se basa en la proporción de especies que son compartidas entre las comunidades en comparación con el número total de especies presentes en estas (Moreno, 2001).

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre julio del 2021 y noviembre del 2022 se realizaron 8 salidas de campo, dos preliminares y seis se realizaron muestreando los transectos ubicados en cada uno de los ecosistemas estudiados. Sin embargo, en la salida 5, por problemas climáticos solo se pudo realizar un día de muestreo en el bosque altoandino, por lo tanto, este día se sumó a los dos días de muestreo realizados en la salida 7 en este mismo ecosistema, con el objetivo de no alterar el esfuerzo de muestreo, obteniendo 15 días de muestreo en cada ecosistema (Anexo 1).

8.1. Composición

A partir de los registros obtenidos **no sistemáticamente** se registró 106 especies, distribuidas en 28 familias y 12 órdenes, 37 especies de aves pertenecientes a 9 órdenes y 18 familias en el páramo, y 88 especies de aves pertenecientes a 9 órdenes y 24 familias en el bosque altoandino (Tabla 3).

Además, se identificaron 9 especies que se encuentran en alguna categoría de amenaza, tales como *Anas georgica* (Vulnerable a nivel nacional), *Oxyura jamaicensis* (En Peligro a nivel nacional) y *Podiceps occipitalis* (En Peligro Crítico a nivel nacional) avistadas en la Laguna de la Magdalena (Renjifo *et al.*, 2014; IUCN, 2024; Resolución 0126 de 2024). *Andigena hypoglauca* (Vulnerable a nivel nacional y Casi Amenazada a nivel global) fue observada en el transecto BAA4, *Leptosittaca branickii* (Vulnerable a nivel nacional) en los transectos PAR1, PAR2, PAR4, BAA2, BAA3 y BAA4, *Grallaria rufocinerea* (Vulnerable a nivel nacional) en los transectos BAA3 y BAA4, *Doliornis remseni* (En Peligro a nivel nacional y Casi Amenazada a nivel global) en el BAA4, *Sericossypha albocristata* (Vulnerable a nivel global) en BAA2 y *Tephrophilus wetmorei* (Vulnerable a nivel nacional y global) en PAR2 (Renjifo *et al.*, 2014; IUCN, 2024; Resolución 0126 de 2024).

También, se registraron especies migratorias boreales en la zona, como *Calidris bairdii* en el Valle de frailejones contiguo a la Laguna de la Magdalena, *Calidris minutilla* en el transecto PAR4 e *Ictinia mississippiensis* en el transecto BAA4. Incluso, se identificó una especie migratoria proveniente de Centroamérica, *Ictinia plumbea* en el transecto PAR1, considerada transeúnte en el PNN Puracé (Ayerbe, 2018).

La presencia de especies migratorias en el parque tiene importantes implicaciones para su gestión y conservación. Es necesario gestionar y conservar una variedad de hábitats adecuados y asegurar la conectividad entre ellos. La planificación debe considerar los ciclos migratorios, realizando acciones en los momentos adecuados.

Además, es fundamental el monitoreo continuo y la investigación para entender las necesidades de estas especies. Las especies migratorias podrían generar conflictos, como la competencia por recursos, pero posiblemente ofrecen beneficios, como el control de plagas, regeneración de ecosistemas y la polinización (Zaccagnini *et al.*, 2011). La gestión adaptativa para estas especies es una estrategia clave para abordar estos desafíos.

Tabla 3. Listado taxonómico de las especies muestreadas en el estudio.

Orden	Familia	Especie	Bosque Altoandino	Páramo
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas georgica</i>		X
		<i>Anas andium</i>		X
		<i>Oxyura jamaicensis</i>		X
Galliformes	Cracidae	<i>Penelope montagnii</i>	X	
Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podiceps occipitalis</i>		X
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas fasciata</i>	X	X
Apodiformes	Apodidae	Apodidae sp.	X	
		Apodidae sp1.	X	
	Trochilidae	<i>Phaethornis syrmatorphorus</i>	X	
		<i>Helianthus exortis</i>	X	
		<i>Adelomyia melanogenys</i>	X	
		<i>Ramphomicron microrhynchum</i>	X	X
		<i>Chalcostigma herrani</i>	X	X
		<i>Metallura tyrianthina</i>	X	
		<i>Metallura williami</i>		X
		<i>Eriocnemis vestita</i>	X	
		<i>Eriocnemis derbyi</i>		X
		<i>Eriocnemis mosquera</i>	X	X
		<i>Coeligena torquata</i>	X	
		<i>Coeligena lutetiae</i>	X	X
		<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	X	
		<i>Pterophanes cyanopterus</i>		X
Trochilidae sp.		X		
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris bairdii</i>	X	
		<i>Calidris minutilla</i>		X
		<i>Gallinago jamesoni</i>		X
		<i>Gallinago nobilis</i>	X	X
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>		X
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Ictinia mississippiensis</i>	X	

		<i>Ictinia plumbea</i>		X
Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium jadinii</i>	X	
Piciformes	Ramphastidae	<i>Andigena hypoglauca</i>	X	
	Picidae	<i>Campephilus pollens</i>	X	
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Bolborhynchus lineola</i>	X	
		<i>Amazona mercenarius</i>		X
		<i>Leptosittaca branickii</i>	X	X
Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria squamigera</i>	X	
		<i>Grallaria ruficapilla</i>	X	
		<i>Grallaria nuchalis</i>	X	
		<i>Grallaria rufocinerea</i>	X	
		<i>Grallaria quitensis</i>	X	X
		<i>Grallaricula nana</i>	X	
	Rhinocryptidae	<i>Scytalopus opacus</i>	X	X
		<i>Scytalopus latrans</i>	X	
		<i>Scytalopus spillmanni</i>	X	
	Furnariidae	<i>Xiphocolaptes</i> <i>promeropirhynchus</i>	X	
		<i>Xenops rutilans</i>	X	
		<i>Pseudocolaptes</i> <i>boissonneautii</i>	X	
		<i>Cinclodes albidiventris</i>	X	X
		<i>Thripadectes holostictus</i>	X	
		<i>Margarornis squamiger</i>	X	
		<i>Hellmayrea gularis</i>	X	
		<i>Asthenes fuliginosa</i>	X	X
		<i>Synallaxis unirufa</i>	X	
		Cotingidae	<i>Pipreola riefferii</i>	X
	<i>Pipreola arcuata</i>		X	
	<i>Doliornis remseni</i>		X	
	<i>Ampelion rubrocristatus</i>		X	
	Tyrannidae	<i>Pseudotriccus ruficeps</i>	X	
		<i>Pyrrhomyias cinnamomeus</i>	X	
		<i>Tyranniscus nigrocapillus</i>	X	X
		<i>Uromyias agilis</i>	X	
		<i>Silvicultrix frontalis</i>	X	
		<i>Ochthoeca</i> <i>cinnamomeiventris</i>	X	
		<i>Ochthoeca fumicolor</i>	X	X
		<i>Myiotheretes fumigatus</i>	X	
	Corvidae	<i>Cyanolyca armillata</i>	X	
	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	X	X
		<i>Orochelidon flavipes</i>	X	

Troglodytidae	<i>Troglodytes solstitialis</i>	X	
	<i>Cistothorus platensis</i>		X
	<i>Cinnycerthia unirufa</i>	X	
Cinclidae	<i>Cinclus leucocephalus</i>	X	
Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	X	X
Fringillidae	<i>Spinus spinescens</i>		X
Passerellidae	<i>Arremon assimilis</i>	X	
	<i>Arremon brunneinucha</i>	X	
	<i>Atlapetes leucopis</i>	X	
	<i>Atlapetes schistaceus</i>	X	
	<i>Atlapetes pallidinucha</i>	X	X
	<i>Atlapetes latinuchus</i>	X	
Icteridae	<i>Cacicus chrysonotus</i>	X	
Parulidae	<i>Myiothlypis nigrocristata</i>	X	
	<i>Myioborus ornatus</i>	X	
Thraupidae	<i>Sericossypha albocristata</i>	X	
	<i>Catamblyrhynchus diadema</i>	X	
	<i>Conirostrum sitticolor</i>	X	
	<i>Conirostrum albifrons</i>	X	
	<i>Geospizopsis unicolor</i>		X
	<i>Diglossa lafresnayii</i>	X	X
	<i>Diglossa albilatera</i>	X	
	<i>Diglossa cyanea</i>	X	
	<i>Pseudospingus verticalis</i>	X	
	<i>Cnemoscopus rubrirostris</i>	X	
	<i>Kleinothraupis atropileus</i>	X	
	<i>Thlypopsis superciliaris</i>	X	
	<i>Urothraupis stolzmanni</i>	X	
	<i>Iridosornis rufivertex</i>	X	X
	<i>Dubusia taeniata</i>	X	
	<i>Anisognathus lacrymosus</i>	X	
	<i>Anisognathus igniventris</i>	X	X
	<i>Buthraupis montana</i>	X	
	<i>Tephrophilus wetmorei</i>		X
	<i>Tangara vassorii</i>	X	
Diglossa sp.		X	
Diglossa sp1.	X		

Con la segunda aproximación se registró un total de **90 especies** presentes únicamente dentro de los transectos muestreados para ambos ecosistemas. El páramo registró un total de 29 especies de aves pertenecientes a 18 familias y 9

órdenes, y para el bosque altoandino, se registró un total de 79 especies de aves pertenecientes a 23 familias y 9 órdenes. Tanto para el páramo como para el bosque altoandino se identificó que los órdenes Apodiformes y Passeriformes y las familias Trochilidae, Thraupidae fueron las más representativas, aunque se distribuyeron en diferentes proporciones para cada ecosistema. Además, en el bosque altoandino, se destacaron otras familias como Tyrannidae, Furnariidae, Grallariidae y Passerellidae (Figuras 2 y 3).

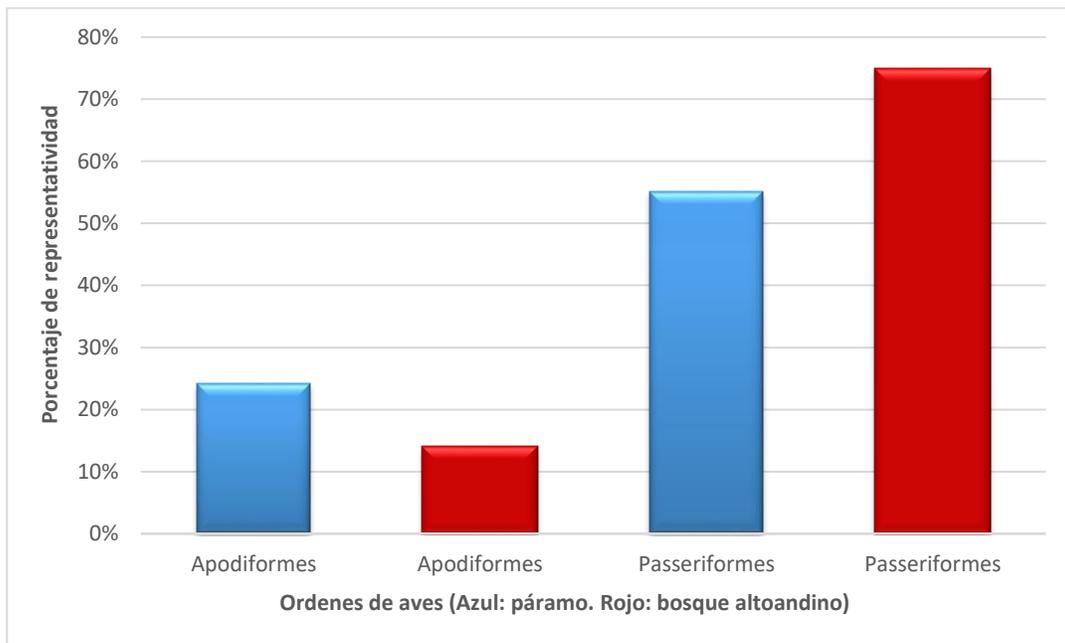


Figura 2. Comparación de la proporción de ordenes más comunes entre el páramo y bosque altoandino.

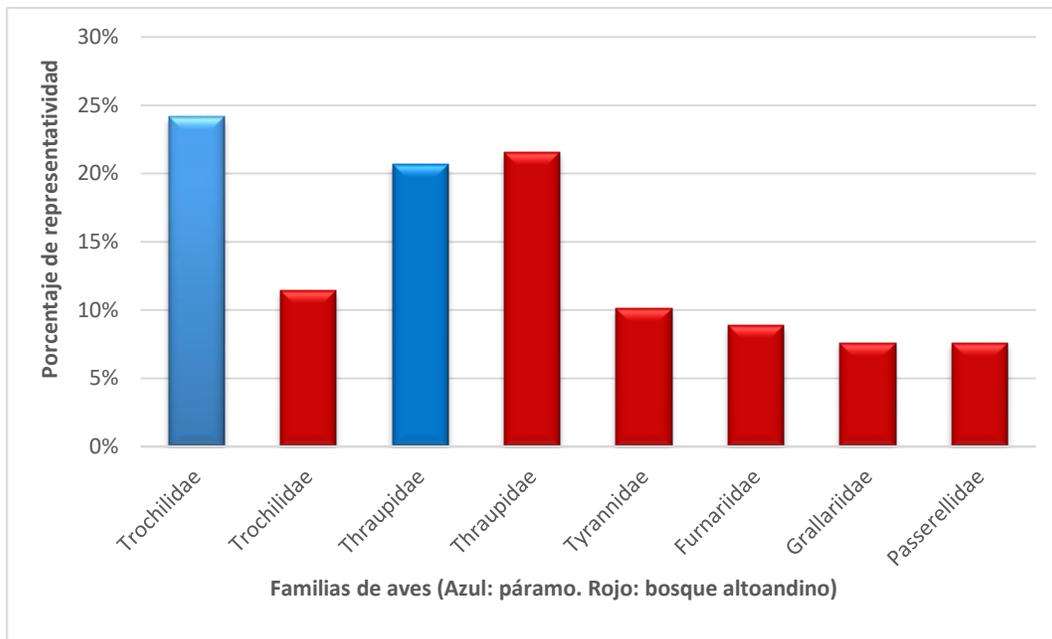


Figura 3. Comparación de la proporción de familias más comunes entre el páramo y bosque altoandino.

La predominancia de las familias y ordenes relacionados en ambos ecosistemas podría deberse a la disponibilidad de recursos que ofrecen dichos ambientes para satisfacer las necesidades de estos grupos de aves.

El páramo se caracterizó por una mayor representación de especies de colibríes, atribuible a su capacidad para adaptarse a este tipo de ambientes (Otero *et al.*, 2001). Estas aves se desplazaban fácilmente entre los matorrales y arbustos propios del ecosistema, donde se presume su consumo de néctar, una característica que comparten con la especie de la familia Thraupidae *Diglossalafresnayii* (Hilty y Brown, 2001), observado en gran cantidad en la zona. No obstante, Manrique (2022) encontró en el páramo de Matarredonda que los colibríes tenían una baja interacción con los recursos florares, los cuales eran principalmente polinizados por insectos. Cabe resaltar que estos últimos también forman parte de la dieta de todos los colibríes (Remsen *et al.*, 1983), recurso que también es aprovechado por los Thraupidae presentes en el área. La mayoría de los Thraupidae también incluyen en su dieta frutos mientras forrajejan en parejas o pequeñas

bandadas mixtas sobre los arbustos o matorrales (Winkler *et al.*, 2020), como se observó con *T. wetmorei* y *A. igniventris*, exceptuando a *G. unicolor*, que se movía en parejas en el suelo o cerca de él.

En el bosque altoandino, las familias Trochilidae, Tyrannidae, Thraupidae, Furnariidae, Grallariidae y Passerellidae son las más representativas, y tienen en común el consumo de artrópodos, lo que sugiere la disponibilidad de este recurso en mayor proporción respecto a otros en el ecosistema. Los artrópodos pueden encontrarse en una gran variedad de microhábitats, por ejemplo, los Grallariidae suelen consumirlos sobre el suelo o a la altura del sotobosque (Winkler *et al.*, 2020). Estos invertebrados, como dípteros y lepidópteros pueden consumir polen, mientras que otros, como los arácnidos, pueden actuar como depredadores de insectos. Adicional a esto, muchos tienen la capacidad de desplazarse largas distancias en busca de diversos nichos terrestres (Acero, 2001). Además, su abundancia se ve más favorecida en los bosques debido a las características físicas y estructurales de estos, que proporcionan un hábitat óptimo y una mayor disponibilidad de alimento en comparación con otros tipos de ecosistemas (Camero y Chamorro, 2021). Por el contrario, el páramo al presentar una menor heterogeneidad de la vegetación disminuye la probabilidad tanto de recursos como de microhábitats disponibles para los artrópodos (Morales-Castaño y Amat-García, 2012) y, posiblemente, para las aves insectívoras que dependen de ellos.

A excepción de *Sericossypha albocristata*, *Conirostrum albifrons*, *Pseudospingus verticalis* y *Tangara vassorii*, la mayoría de los Thraupidae formaban bandadas mixtas donde eran la mayoría de las especies presentes. Esta tendencia posiblemente se debe a que son generalistas en sus hábitos alimenticios y pueden consumir diversos recursos mientras forrajea desde el subdosel hasta el dosel (Winkler *et al.*, 2020). Las especies del género *Atlapetes*, pertenecientes a la familia Passerellidae, seguían las bandadas mixtas desde el sotobosque hasta el dosel, donde también podrían encontrar frutos (Winkler *et al.*, 2020). Estas bandadas también incluían en menor proporción algunas especies estrictas o parcialmente

insectívoras como *Myiothlypis nigrocristata*, *Myioborus ornatus* de la familia Parulidae, *Cinnycerthia unirufa* de la familia Troglodytidae, *Pseudocolaptes boissonneautii*, *Margarornis squamiger* y *Xenops rutilans* de la familia Furnariidae. Algunas especies de Tyrannidae se observaban forrajeando mientras seguían o permanecían cerca a bandadas mixtas como *Uromyias agilis*, *Pyrrhomyias cinnamomeus* y *Tyranniscus nigrocapillus*, los dos últimos posiblemente también se alimentaban de pequeños frutos en esos lugares (Winkler *et al.*, 2020).

En comparación con los resultados del estudio realizado en la zona norte del PNN Puracé, Bolaños-Fernández (1995), también encontró que en el bosque altoandino las familias Thraupidae, Trochilidae, Tyrannidae y Furnariidae fueron las más representativas. Sin embargo, sus resultados difieren para el páramo, donde halló que las familias más representadas fueron Fringillidae y Furnariidae. Los resultados de Montezuma (2010) en el páramo y bosque en el sector Alto Magdalena, concuerdan con los hallados en este estudio, donde las familias más representativas fueron Trochilidae y Thraupidae. Vidal (2012), en asociaciones de bosque altoandino y páramo en el norte del parque, identificó que las familias con más especies fueron Thraupidae, Trochilidae, Tyrannidae y Passerellidae, lo que coincide con lo hallado. Asimismo, Lizcano (2013) en relictos de bosque altoandino en la zona de amortiguación del parque en el sector sur, también identificó que las familias más representativas fueron Trochilidae, Thraupidae y Passerellidae.

Esto implica la necesidad de continuar con este tipo de estudios a lo largo del tiempo. Los resultados de Montezuma (2010) en el sector Alto Magdalena muestran que las estrategias de conservación han sido efectivas, manteniendo la misma composición de familias y especies de aves desde hace más de 10 años . De manera similar, los resultados de Lizcano (2013) en el área de amortiguación cercana al sector Alto Magdalena corroboran esta efectividad.

Finalmente, otros estudios realizados en lugares similares en distintas partes de Colombia (Stiles y Roselli, 1998; Suarez-Sanabria y Cadena, 2014; Medina *et al.*,

2015 y Córdoba-Córdoba, 2016) han arrojado resultados consistentes de los órdenes y familias encontrados aquí.

8.2. Estimación de la representatividad y diversidad de aves en el páramo y bosque altoandino

8.2.1. Representatividad del muestreo

En el ecosistema de páramo se registró un total de 29 especies de aves observando el 96.5% de las especies esperadas según el análisis de rarefacción, aunque de haber duplicado el muestreo, se presume un valor cercano a las 32 especies las cuales corresponden al 99.5% en la extrapolación. Un valor muy similar se obtuvo en el bosque altoandino, donde se observaron el 94.5% de las especies esperadas según el análisis de rarefacción, alcanzando a registrar 79 de estas, sin embargo, con la estimación de la extrapolación, el número de especies que se esperaría ver al duplicar el muestreo es mucho más grande que en el páramo, llegando a las 93 especies, las cuales corresponden al 97.9% (Figura 4). Se registró un total de 90 especies entre las aves del páramo y bosque altoandino dentro de los transectos muestreados.

En consecuencia, en el páramo se registró el 1.4% de las aves de Colombia, el 2.7% de las especies para el departamento del Cauca, el 3.8% para el Huila, y el 6% de las aves estimadas para PNN Puracé. Por otro lado, en el bosque altoandino se observó el 4% de las aves de Colombia, para el departamento del Cauca y Huila se registraron el 5.6% y el 10.5% respectivamente, y finalmente, se registró el 16.5% de las especies estimadas para el PNN Puracé (Vélez *et al.* 2021).

El número de especies registradas puede parecer bajo respecto a las 477 que se presumen dentro del área protegida (Vélez *et al.* 2021), pero es importante considerar que esta investigación se realizó en una pequeña área al sur del parque,

limitada a las horas de la mañana y durante seis meses del año. Sin duda, se podrían registrar muchas más especies si se amplía el área de muestreo, se extiende el horario de observación, se emplean otras metodologías y se cuenta con una mayor confluencia de investigadores que muestreen simultáneamente. Sin embargo, para el sitio específico donde se realizó esta investigación, el resultado es representativo del esfuerzo de muestreo llevado a cabo. El PNN posee una gran heterogeneidad en cuanto a unidades de paisaje, ecosistemas y coberturas vegetales (Amaya et al., 2004). Abarcar todos estos elementos es muy complejo, por lo tanto, muchas especies que se encuentran en hábitats distintos a los muestreados en este trabajo no están registradas aquí, como, por ejemplo, especies que habitan en áreas más planas, áreas abiertas, humedales y especies poco sensibles a las perturbaciones antrópicas.

En ambos casos, estos resultados sugieren que se realizó un muestreo exhaustivo y representativo de la diversidad total presente en cada ecosistema (Villareal *et al.*, 2006). El número de especies aún por registrar en el páramo es mínimo, con menos de 3 especies pendientes para completar el inventario en este ecosistema. Por otro lado, en el bosque altoandino, aún queda un número significativo de especies por registrar, llegando a un total de 14.

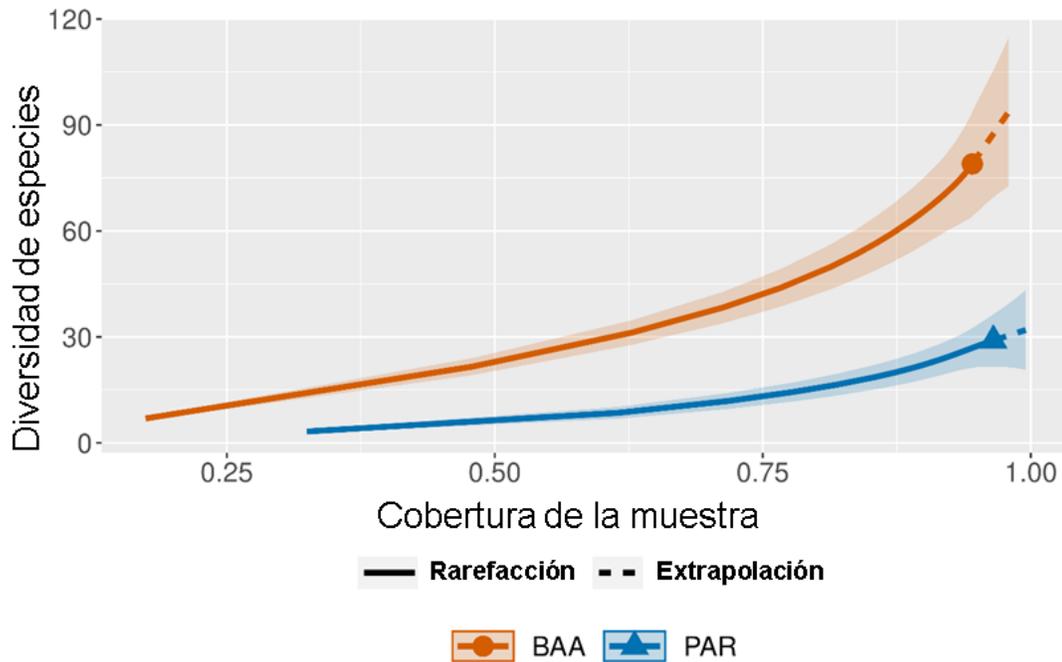


Figura 4. Curvas de rarefacción y extrapolación en el bosque altoandino y páramo (Chao *et al.*, 2014; Chao *et al.*, 2016).

Por otra parte, al revisar cada uno de los transectos, se observa que en el bosque altoandino la variación en el número de especies observadas es mayor, con valores que van de 33 a 57 especies. En contraste, en el páramo la variación es menor, con un rango de 11 a 22 especies, lo que sugiere que el bosque altoandino podría albergar una gama más amplia de especies de aves en comparación con el páramo. La cobertura muestral también exhibe variación, los valores son altos en general o están muy poco por debajo del 85% (Villareal *et al.*, 2006), indicando un buen esfuerzo de muestreo, excepto para el BAA3, posiblemente debido a la limitada disponibilidad de hábitat para las aves allí (Tabla 4).

Tabla 4. Información básica sobre el muestreo en los transectos de bosque altoandino y páramo.

	BAA1	BAA2	BAA3	BAA4	PAR1	PAR2	PAR3	PAR4
T	15	15	15	15	15	15	15	15
U	111	134	60	110	43	69	32	50
S.obs	37	57	33	38	16	22	11	16
SC	0.8923	0.8021	0.7200	0.9035	0.8002	0.9594	0.8522	0.8481

Nota. T = número de unidades de muestreo observadas en la muestra de referencia (tamaño de muestra para datos de incidencia). U = incidencia total en la muestra de referencia, cantidad total de veces que cualquier especie ha sido registrada en las unidades de muestreo. S.obs = número de especies observadas. SC = estimador de la cobertura muestral. (Chao *et al.*, 2014; Chao *et al.*, 2016).

Estos ecosistemas presentan una riqueza específica similar a la informada para las comunidades de aves que habitan en la alta montaña del sur oriente y occidente de la cordillera central de los Andes. Bolaños-Fernández (1995), reportó 97 especies para ambos ecosistemas, con 72 especies en el bosque altoandino y 31 especies en el páramo. Vidal (2012) observó un total de 98 especies en sus dos áreas de estudio, que incluían tanto ecosistema de páramo como el de bosque altoandino, incluyendo zonas intervenidas. Los resultados de Montezuma (2010) también concuerdan con lo hallado, registró 61 especies de aves en el bosque y 32 para el páramo. De la misma manera, Lizcano (2013), reportó 69 especies en los relictos de bosque altoandino en el área de influencia. No obstante, estos valores deben tomarse como una estimación de referencia de la riqueza, ya que cada uno de los estudios anteriores utilizó diferentes criterios de muestreo y delimitaciones del ecosistema. Por lo tanto, no pueden ser completamente comparables.

8.2.2. Diversidad verdadera de aves en el páramo y bosque altoandino

El análisis de diversidad verdadera de los transectos de bosque altoandino y páramo revela la agrupación de varias asintotas. Los transectos PAR1, PAR2, PAR3 Y PAR4 no muestran diferencias significativas en cuanto a riqueza. Sin embargo, PAR2 se distingue notablemente de ellos para los órdenes $q = 1$ y $q = 2$, indicando una diferencia en términos de especies frecuentes y dominantes. De manera similar, se aprecia una agrupación en los transectos BAA1, BAA3 Y BAA4, donde no se detectaron diferencias significativas para cada uno de los órdenes q , sin embargo, son considerablemente diferentes en todos los órdenes q en comparación con los transectos de páramo. Finalmente, el transecto BAA2 destaca como el más distintivo, superando a los demás en términos de riqueza, frecuencia y dominancia de las especies (Figura 5, Tabla 5).

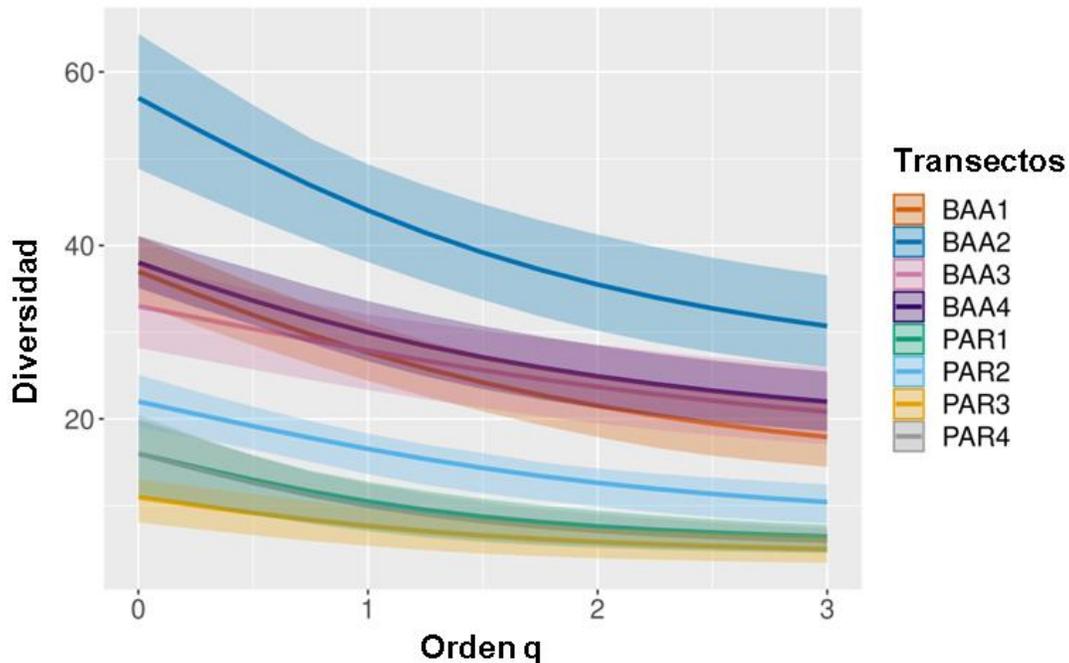


Figura 5. Perfiles de diversidad verdadera en transectos de bosque altoandino (BAA) y páramo (PAR), (Chao *et al.*, 2014; Chao *et al.*, 2016).

Tabla 5. Número efectivo de especies para los órdenes de diversidad q en los transectos de bosque altoandino (BAA) y páramo (PAR).

Transecto/Orden q	$q0$	$q1$	$q2$
BAA1	37	27	21
BAA2	57	44	35
BAA3	33	27	23
BAA4	38	29	24
PAR1	16	10	7
PAR2	22	16	12
PAR3	11	7	5
PAR4	16	9	7

Como se ha destacado previamente, en relación con el orden $q = 0$, la riqueza de aves en los transectos de bosque altoandino supera la observada en los transectos de páramo. En cuanto al orden $q = 1$, a pesar de que se observaron valores elevados de especies frecuentes en cada uno de los transectos, este apartado se centra exclusivamente en describir aquellas más significativas. Las especies más frecuentes en los transectos del bosque altoandino, considerando el número de días muestreados son:

- BAA1, con un total de 27 especies. Entre ellas, *Anisognathus igniventris* se observó en 8 de las muestras, *Diglossa lafresnayi* en 11 muestras, *Iridosornis rufivertex* en 8 muestras, *Metallura tyrianthina* en 11 muestras y *Turdus fuscater* en 6 muestras.
- BAA2, con 44 especies. Destacan *Anisognathus igniventris* en 7 muestras, *Cinnycerthia unirufa* en 7 muestras, *Grallaria nuchalis* en 6 muestras, *Metallura tyrianthina* en 6 muestras, *Myioborus ornatus* en 6 muestras, *Ochthoeca cinnamomeiventris* en 7 muestras y *Turdus fuscater* en 6 muestras.
- BAA3, con 27 especies. Algunas de ellas son *Cinnycerthia unirufa* en 4 muestras, *Leptosittaca branickii* en 4 muestras, *Metallura tyrianthina* en 5 muestras, *Myioborus ornatus* en 4 muestras y *Ochthoeca cinnamomeiventris* en 4 muestras.

- BAA4, con 29 especies. Entre las destacadas se encuentran *Anisognathus lacrymosus* en 6 muestras, *Diglossa cyanea* en 6 muestras, *Iridosornis rufivertex* en 6 muestras, *Metallura tyrianthina* en 6 muestras, *Myioborus ornatus* en 8 muestras, *Ochthoeca cinnamomeiventris* en 8 muestras y *Turdus fuscater* en 7 muestras.

Asimismo, las especies más frecuentes en los transectos del páramo, considerando el número de días muestreados son:

- PAR1, con un total de 10 especies. Destacan *Asthenes fuliginosa* en 7 muestras, *Diglossa lafresnayii* en 10 muestras y *Grallaria quitensis* en 8 muestras.
- PAR2, con 16 especies. Algunas de ellas son *Asthenes fuliginosa* en 8 muestras, *Diglossa lafresnayii* en 12 muestras, *Scytalopus opacus* en 6 muestras y *Turdus fuscater* en 7 muestras.
- PAR3, con 7 especies. Entre estas *Asthenes fuliginosa* en 8 muestras y *Diglossa lafresnayii* en 9 muestras.
- PAR4, con 9 especies. Se destacan *Asthenes fuliginosa* en 8 muestras, *Cistothorus platensis* en 9 muestras y *Diglossa lafresnayii* en 13 muestras.

Con relación al orden $q = 2$, a pesar de la observación de valores elevados de especies dominantes en cada uno de los transectos, este segmento se dedica únicamente en describir las más significativas. En los transectos del bosque altoandino se destacan las siguientes especies dominantes: BAA1, con un total de 21 especies, entre las más notables *Anisognathus igniventris*, *Iridosornis rufivertex*, y *Metallura tyrianthina*. BAA2 presenta 35 especies, incluyendo *Coeligona torquata*, *Kleinothraupis atropileus*, *Metallura tyrianthina*, *Orochelidon murina* y *Sericossypha albocristata*. BAA3 cuenta con 23 especies, destacando *Atlapetes schistaceus*, *Cinnycerthia unirufa*, *Cyanolyca armillata*, *Leptosittaca branickii* y *Metallura tyrianthina*. En el caso de BAA4, se registran 24 especies, con presencias notables como *Kleinothraupis atropileus*, *Leptosittaca branickii*, *Metallura tyrianthina*, *Ochthoeca cinnamomeiventris* y *Orochelidon flavipes*.

De la misma manera, las especies más dominantes en los transectos del páramo son: PAR1, con 7 especies. Entre estas *Asthenes fuliginosa*, *Diglossa lafresnayii*, *Ictinia plumbea* y *Spinus spinescens*. PAR2 con 12 especies. Algunas de las más notables incluyeron *Amazona mercenarius*, *Diglossa lafresnayii*, *Leptosittaca branickii* y *Spinus spinescens*. PAR3 con 5 especies. La especie más destacada fue *Diglossa lafresnayii*. PAR4 con 7 especies. Entre las más significativas se encuentran *Amazona mercenarius*, *Diglossa lafresnayii* y *Spinus spinescens*.

En el bosque altoandino, se observa una diversidad de especies que ocupan una amplia gama de nichos ecológicos y aprovechan diferentes recursos del ecosistema. En términos de hábitat, estas especies pueden desplazarse y forrajear desde el suelo hasta el dosel, lo que indica una adaptación versátil a las distintas alturas y estructuras de la vegetación (McArthur, 1969). Además, en cuanto a la dieta, encontramos una variedad de estrategias alimenticias, incluyendo especies nectarívoras, insectívoras, frugívoras y granívoras. Este espectro alimenticio diversificado refleja la disponibilidad de una gran variedad de recursos en el bosque altoandino, lo que permite la coexistencia de diferentes especies y contribuye a la riqueza biológica de este ecosistema.

Por ejemplo: *M. tyrianthina* fue la especie más frecuente en el bosque altoandino, reportada en todos los transectos entre los 3225 a 2954 msnm. Esta especie se observó principalmente en áreas de ecotono, donde el camino preestablecido generaba un efecto de borde, principalmente con la vegetación arbustiva. Se le observaba revoloteando en el dosel de arbustos o árboles que no superaban los 10 m de altura (Heindl *et al.*, 2023). En algunas ocasiones, se observaron muchos individuos juntos desplazándose en vuelos por encima de la vegetación y vocalizando constantemente, lo que sugiere por qué también fue la especie más dominante en este ecosistema. *T. fuscater* también fue frecuente entre los 3225 a 2954 msnm solitario o en parejas, excepto en el transecto BAA3. Se observó en claros en el bosque altoandino y en el borde de la vegetación arbustiva o arbórea,

moviéndose desde el suelo hasta la altura del dosel, donde posiblemente se alimentaba de frutos (Escobar-Riomalo *et al.*, 2020).

O. cinnamomeiventris generalmente se observó en parejas entre los 3183 a 2954 msnm desde el transecto BAA2 al BAA4. Vocalizaba constantemente mientras se movía a la altura del subdosel, desde donde hacía vuelos repentinos hacia el exterior de la vegetación, posiblemente para capturar insectos (Farnsworth *et al.*, 2022). De la misma manera, *M. ornatus*, también fue frecuente en los transectos BAA2 a BAA4. Se le observó forrajeando desde el subdosel hasta el dosel, en varias ocasiones en bandadas mixtas, seguramente siendo la especie núcleo de estas (Curson *et al.*, 2022).

En contraste, el páramo está marcado por la presencia de especies frecuentes que exhiben una preferencia por los recursos de hábitat propios de este ecosistema, como la vegetación achaparrada, arbustos y matorrales (Córdoba-Córdoba, 2016). Estas especies tienden a especializarse en una dieta principalmente nectarívora e insectívora (Suarez-Sanabria y Cadena, 2014), adaptándose así a las condiciones específicas del páramo. Esta diferencia en la disponibilidad de recursos y nichos ecológicos puede influir en la composición y estructura de la comunidad de aves en este hábitat.

Por ejemplo: la especie más frecuente y a su vez dominante fue *D. lafresnayii*, siendo la más abundante en todos los transectos entre los 3595 a 3225 msnm, donde aprovechaba la vegetación achaparrada, arbustos y matorrales para forrajear rápidamente (Hilty y Bonan *et al.*, 2020). Además, se observó que también se beneficiaba de este mismo tipo de vegetación en el transecto BAA1, el cual compartía muchas similitudes en fisionomía de la vegetación con los del páramo, por lo tanto, ahí también tuvo registros frecuentes. Asimismo, *A. fuliginosa* fue avistada en todos los transectos del páramo. Su presencia puede deberse a la disponibilidad de hábitats adecuados para esta especie, la cual se desplazaba entre

el suelo y la vegetación achaparrada y matorrales típicos de este ecosistema en donde a lo mejor consumía generalmente artrópodos (Remsen, 2020).

Con este contexto, se sugiere que la diversidad de especies de aves estará influenciada por la complejidad de la estructura de la vegetación (Karr y Roth, 1971). Esta complejidad puede ofrecer una variedad de recursos, tanto en términos de hábitat como de dieta, y está determinada por componentes climáticos y edáficos que están atados al nivel de altitud tales como precipitación y temperatura, así como tipo y humedad del suelo. (McCain, 2005). Por lo tanto, es probable que la diversidad de aves en el bosque altoandino sea mayor debido a la disponibilidad de una gama más amplia de nichos ecológicos y recursos.

Finalmente, Bolaños-Fernández (1995) analizó la dominancia utilizando el inverso del índice de Simpson, encontrando 26 especies en el bosque altoandino y aproximadamente 8 en el páramo. En este último dominan especies como *A. fuliginosa*, lo que concuerda con lo hallado en el transecto PAR1, sin embargo, también reportó especies como *C. platensis* y *V. resplendens*, resultados que difieren de los encontrados en este estudio. En cuanto a especies frecuentes también identificó a *M. ornatus* como una de estas. Aunque también utilizó la equidad basada en el inverso de Shannon Weaver, no se proyectó en términos de número efectivo de especies, lo que complica la comparación directa. La falta de estudios previos en la misma área geográfica o con metodologías similares dificulta la comparación directa de los resultados con investigaciones anteriores.

8.3. Diferencias de diversidad entre los ecosistemas

8.3.1. Comparando la diversidad verdadera entre los ecosistemas

En relación con la diversidad verdadera en el orden $q = 0$, los valores indican una variación entre 33 y 57 para el bosque altoandino. BAA2 emerge como el transecto

más rico en especies dentro de este ecosistema, que, de hecho, exhibe una mayor riqueza (79 especies) en comparación con el otro ecosistema estudiado (29 especies). En contraste, los valores oscilan entre 11 y 22 para el páramo, resaltando a PAR2 como el transecto más rico en número de especies registradas.

Según Jost (s.f.), la simple comparación de la riqueza entre varios sitios no es suficiente para determinar la verdadera diversidad de estos. Aunque los sitios pueden compartir un número igual de especies, es el número de especies que son frecuentes en estos lugares lo que determina las interacciones y, por lo tanto, la diversidad verdadera de un lugar específico Jost (s.f.). Por esta razón, el orden $q = 1$, se presenta como el más adecuado para medir la diversidad, ya que no es sensible a las especies raras y comunes, se basa exclusivamente en las frecuencias de estas. Así pues, en términos generales, el bosque altoandino exhibe la presencia de 50 especies frecuentes, mientras que el páramo muestra 15, indicando una diversidad aproximadamente 3.3 veces mayor en el bosque altoandino. De manera más específica, el transecto BAA2 del bosque altoandino es 1.6 veces más diverso que los demás en ese mismo ecosistema. Asimismo, el transecto PAR2 es aproximadamente 1.8 veces más diverso en comparación con los otros en el páramo.

En cuanto a la dominancia, considerando la afirmación de Jost (2006): cuando la mayoría de las especies en una comunidad son dominantes, se equilibran las interacciones, reduciendo la dominancia de unas pocas especies y promoviendo una distribución más equitativa en la comunidad. Se observa que el bosque altoandino presenta un total de 36 especies dominantes (45%) de un total de 79 en general, mientras que el páramo presenta 9 (31%) de 29 especies. En relación con los transectos del bosque altoandino, se observa que, en el BAA3, el 69.9% de las especies son dominantes, seguido por BAA4 con 63.1% de especies dominantes, BAA2 con 61.4%, y finalmente BAA1 con un 56.7% de especies dominantes. En cuanto al páramo, en el transecto PAR2, el 54.5% de las especies son dominantes,

seguido de PAR3 con un 45.4%, y tanto PAR1 como PAR4 tienen un 43.7% de especies dominantes, respectivamente.

Al comparar la diversidad de aves entre los ecosistemas de bosque altoandino y páramo, se observaron diferencias significativas en términos de riqueza específica, especies frecuentes y dominantes. En el bosque altoandino, se registró una mayor diversidad. Esto sugiere una mayor heterogeneidad de hábitats y una mayor disponibilidad de recursos alimenticios en el bosque altoandino en comparación con el páramo. Por otro lado, en el páramo se identificó una menor diversidad. Este resultado podría atribuirse a las condiciones ambientales más extremas y a la diferencia de hábitats complejos en el páramo en comparación con el bosque altoandino. La presencia de especies especializadas y adaptadas a las condiciones específicas del páramo, como los colibríes (*Heliangelus exortis*, *Ramphomicron microrhynchum*, *Chalcostigma herrani*, *Metallura williami*, *Eriocnemis vestita*, *Eriocnemis derbyi*, *Eriocnemis mosquera*, *Coeligena lutetiae* y *Pterophanes cyanopterus*), (Otero et al., 2001), también contribuye a la diversidad de la avifauna en este ecosistema.

El PNN Puracé, con más de 45 años de historia, ha protegido ecosistemas de alta montaña que conservan características cercanas a su estado original. Se espera que la avifauna presente en estos ambientes sea nativa de la zona. Los datos recopilados en este informe sirven como puntos de referencia sobre la presencia y distribución de esas especies. Esto subraya la importancia de que las acciones de conservación consideren la composición específica de especies en cada ecosistema. Además, implica que las estrategias de manejo deben diseñarse basándose en esta información específica para cada sitio. El monitoreo continuo permitirá verificar si estas características se mantienen a lo largo del tiempo.

Estos resultados concuerdan con los encontrados en el norte del PNN Puracé (Bolaños-Fernández, 1995), donde la diversidad y la dominancia de especies del bosque altoandino también fue mayor que en el páramo, pero difieren de ese autor

respecto a la equidad, pues en esta investigación si hubo diferencias significativas. Esto puede deberse a que los valores que él utilizo para determinar la equidad entre los ecosistemas no se expresan en unidades comparables o, más específicamente, en términos de número efectivo de especies (Josh, s.f.). Como se mencionó anteriormente, son pocos los estudios con los cuales se pueda contrastar esta información.

8.3.2. Análisis de similitud entre ecosistemas

El análisis de similitud revelo una mayor afinidad entre los transectos dentro de un mismo ecosistema o los que se encontraban cercanos geográficamente. Este patrón sugiere una estructura de comunidad más cohesionada dentro de cada hábitat, donde las especies tienden a agruparse en áreas específicas según las condiciones ambientales locales.

En el páramo, los transectos PAR3 y PAR4 presentan una similitud del 58.3%, mientras que los transectos PAR1 y PAR2 presentan una similitud del 58.8%. En ambos casos, estos transectos comparten un poco más de la mitad de las especies presentes en cada uno de ellos, lo que sugiere una distribución relativamente homogénea de las especies dentro del páramo. En el bosque altoandino, se observa una mayor similitud del 46.8% entre los transectos BAA1 y BAA2, mientras que el transecto BAA4 se acerca ligeramente al BAA2 con un 43.9%. Sin embargo, ninguno de los valores supera la mitad de las especies compartidas entre estos transectos, igual que el BAA3, que presenta valores por debajo de 36% con los demás, lo que indica una distribución más heterogénea de las especies dentro del bosque altoandino (Figura 6).

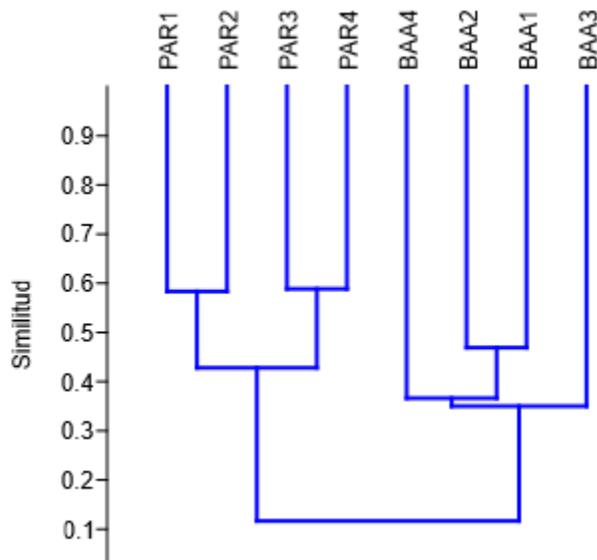


Figura 6. Dendrograma de similitud con base en el índice cualitativo de Jaccard para los transectos de páramo y bosque altoandino. Nota: coeficiente de correlación = 0.9486

La baja similitud entre el páramo y el bosque altoandino en cuanto a la presencia de especies compartidas refleja las diferencias significativas en la composición de especies entre estos dos ecosistemas, a pesar de que estos se encuentran conectados y no presentan presiones ambientales intensas o de tipo antrópico. Esta disparidad puede atribuirse a las distintas condiciones ambientales y estructuras de hábitat presentes en cada uno (McArthur, 1969; Karr y Roth, 1971). Por ejemplo, el páramo está caracterizado por vegetación achaparrada y condiciones climáticas más extremas (Rangel-Ch, 2000), mientras que el bosque altoandino presenta una vegetación más densa y diversa, con un clima menos riguroso (Rangel-Ch *et al.*, 1997).

La similitud entre el bosque altoandino y el páramo en cuanto a la presencia de algunas especies de aves fue baja, con tan solo 18 especies compartidas entre estos. Entre los transectos de páramo y bosque altoandino que mostraron una mayor superposición de especies fueron PAR1 (23.2%) y PAR2 (25.5%) con el transecto BAA1, donde muchas de las especies compartidas entre estos

ecosistemas llegan únicamente a este primer transecto del bosque altoandino. Esta observación puede indicar una cierta conectividad entre estos dos ecosistemas y la posibilidad de que algunas especies puedan dispersarse entre ellos, posiblemente aprovechando áreas de transición o hábitats similares presentes en ambos.

Algunas de las 18 especies compartidas entre el páramo y el bosque altoandino, como *Diglossalafresnayii*, *Ramphomicron microrhynchum* y *Patagioenas fasciata*, se mueven desde el páramo hasta el primer transecto del BAA, seguramente aprovechando las áreas de transición. De manera similar, *Asthenes fuliginosa*, *Chalcostigma herrani*, *Coeligena lutetiae*, *Gallinago nobilis*, *Ochthoeca fumicolor* y *Orochelidon murina* se pueden desplazar hasta el segundo transecto de BAA. Especies como *Anisognathus igniventris*, *Atlapetes pallidinucha*, *Eriocnemis mosquera*, *Grallaria quitensis*, *Iridosornis rufivertex*, *Scytalopus opacus* y *Tyranniscus nigrocapillus* se observaron en diferentes transectos tanto del PAR como del BAA, *Turdus fuscater* fue la especie más común, presente en todos los transectos de ambos ecosistemas. Todas estas especies comparten dos características: ocupan estratos bajos de vegetación, como arbustos o matorrales, y aunque su dieta varía, todas incluyen insectos en mayor o menor medida (Hilty y Brown, 2001). *Leptosittaca branickii* fue avistada usando perchas en el dosel y volando por encima de la vegetación en ambos ecosistemas.

Además, se registraron 61 especies observadas únicamente en el bosque altoandino. De estas, aquellas que se avistaron solo una vez en uno de los transectos incluyen a *Andigena hypoglauca*, *Ampelion rubrocristatus*, *Campephilus pollens*, *Pipreola riefferii*, son especies observadas solas o en pareja. Apodidae sp1. (vencejo sin identificar), *Sericossypha albocristata* se avistaron únicamente en grupos de su misma especie. *Conirostrum albifrons*, *Cacicus chrysonotus*, *Atlapetes latinuchus* y *Pyrrhomyias cinnamomeus*, se mueven principalmente solitarios, en parejas o grupos de su misma especie y muy ocasionalmente se unen o siguen bandadas mixtas. *Grallaria ruficapilla*, *Grallaria squamigera*, *Grallaricula nana* y *Thripadectes holostictus*, son especies bastante inconspicuas, generalmente

detectables por sus vocalizaciones. Estas características (Hilty y Brown, 2001) pueden haber afectado su detectabilidad, lo que podría explicar su menor frecuencia de avistamiento, por lo cual fueron menos comunes. *Thlypopsis superciliaris*, *Urothraupis stolzmanni* y *Xenops rutilans* son más comunes en bandadas mixtas, sin embargo, no se tiene certeza de su poca presencia.

En la misma línea, se identificaron 11 especies exclusivas para el páramo, entre las que se incluyen, *Eriocnemis derbyi*, *Pterophanes cyanopterus*, *Cistothorus platensis*, *Geospizopsis unicolor*, *Spinus spinescens* y *Tephrophilus wetmorei*. Estas especies suelen habitar en bosques enanos y pastizales arbustivos con áreas abiertas (Hilty y Brown, 2001), y en el caso de *Calidris minutilla* turberas cubiertas de musgo y pasto cerca o por encima de la línea de árboles cerca del agua y áreas fangosas (Nebel y Cooper, 2020), lo que hace que el páramo sea un hábitat óptimo para ellas, dado que proporciona las condiciones específicas que requieren para sobrevivir. Solo dos de estas especies (*P. cyanopterus*, *C. platensis*) concuerdan por las propuestas como exclusivas de páramo en el estudio realizado por Córdoba-Córdoba (2016).

La presencia de especies exclusivas tanto para el páramo como para el bosque altoandino destaca la importancia de la conservación de estos hábitats únicos y su biodiversidad asociada. Las especies exclusivas pueden estar adaptadas a condiciones específicas de hábitat y podrían ser indicadores importantes del estado de salud y la integridad de estos ecosistemas.

Bolaños-Fernández (1995), en el norte del PNN Puracé, también observó diferencias significativas entre estos dos ecosistemas basadas en el índice de Sorensen, con una similitud muy baja de (0.02), al igual que en este estudio, donde también se encontró una similitud muy baja.

9. CONCLUSIONES

Se encontró que la composición de especies varía significativamente entre estos ecosistemas, con una mayor diversidad en el bosque altoandino, mayormente representada por las familias Thraupidae, Trochilidae, Tyrannidae, Furnariidae y Passerellidae, mientras que en el páramo la composición fue principalmente de las familias Trochilidae y Thraupidae.

La diversidad de aves en el bosque altoandino resultó significativamente mayor en comparación con el páramo, indicando una mayor heterogeneidad de hábitats y una mayor disponibilidad de recursos alimenticios en el bosque altoandino. Esto sugiere que el bosque altoandino alberga una variedad más amplia de nichos ecológicos, lo que contribuye a su riqueza biológica y a su importancia como refugio para la avifauna.

Aunque el páramo exhibió una diversidad de aves relativamente menor en comparación con el bosque altoandino, su importancia como hábitat para especies especializadas y adaptadas a las condiciones específicas del páramo no debe subestimarse. Las especies presentes en el páramo tienden a especializarse en una dieta nectarívora e insectívora.

La baja similitud en la composición de especies entre el bosque altoandino y el páramo sugiere diferencias significativas en las comunidades de aves entre estos dos ecosistemas. Estas disparidades pueden atribuirse a las distintas condiciones ambientales y estructuras de hábitat presentes en cada uno, destacando la importancia de conservar la diversidad única de cada uno de estos ecosistemas montañosos.

A pesar de la baja similitud en la composición de especies, se identificaron algunos transectos que muestran una mayor superposición de especies entre el páramo y el bosque altoandino, lo que sugiere cierta conectividad entre estos hábitats. Estos

hallazgos resaltan la importancia de considerar la conectividad entre hábitats para la conservación efectiva de la avifauna en paisajes montañosos.

10.RECOMENDACIONES

Para mejorar la calidad de los resultados en futuros estudios o monitoreos de la avifauna, es crucial intensificar el esfuerzo de muestreo. Esto implica aumentar tanto el número de observadores como el tiempo dedicado al muestreo, así como ampliar el área cubierta. Además, sería beneficioso complementar los métodos utilizados con el empleo de redes de niebla y realizar análisis basados en la información de las abundancias de estas especies en el área de estudio.

Sería beneficioso llevar a cabo estudios adicionales para comprender mejor las interacciones entre las especies de aves en los ecosistemas de bosque altoandino y páramo. Investigaciones centradas en la competencia por recursos alimenticios y el uso del hábitat podrían proporcionar una visión más completa de la estructura de la comunidad de aves y sus implicaciones para la conservación.

Dada la importancia de los ecosistemas de bosque altoandino y páramo para la biodiversidad, se recomienda establecer programas de monitoreo a largo plazo para seguir de cerca las tendencias en la diversidad de aves. Estos programas podrían incluir la repetición periódica de los muestreos y el seguimiento de indicadores clave de la salud de la comunidad de aves.

Con base en los resultados del estudio, se pueden diseñar y aplicar medidas de conservación específicas para proteger las especies de aves y sus hábitats en los ecosistemas de bosque altoandino y páramo. Estas estrategias podrían incluir la restauración de hábitats degradados, la sensibilización pública sobre la importancia de conservar estos entornos únicos y la implementación de programas de ciencia ciudadana.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Amaya, M. T., Mosquera, A.L., Papamija, P., Gaitan, J.C., Ordoñez, J.J., Astaiza, M. y Mosquera, E. (2004). Plan de manejo Parque Nacional Natural Puracé. <https://www.parquesnacionales.gov.co/wp-content/uploads/2020/10/plan-de-manejo-pnn-purace.pdf>
- Acero, P. (2001). *Diversidad, estructura y composición de las comunidades de insectos voladores de bosque alto andino capturados en dos parcelas de bosque continuo y dos de fragmentos boscosos*. [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55841/INSECTOS.pdf?sequence=1>
- Arbeláez-Cortés, E. (2013). *Knowledge of Colombian biodiversity: Published and indexed. Biodiversity and Conservation*. 22(12), 2875–2906. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0560-y>
- Ayerbe, F. (2018). *Guía Ilustrada de la avifauna colombiana*. .PUNTOAPARTE BOOKVERTISING
- Ayerbe, F., López, J., Gonzáles, M., Estela, F., Ramírez, M., Sandoval, J., & Gómez, L. (2008). *Aves del departamento del Cauca - Colombia*. Biota Colombiana, 9(0124–5376), 77–132.
- Billerman, S. M., Keeney, B. K., Rodewald, P. G., y Schulenberg, T. S. (2022). *Aves del mundo*. Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE. UU. Recuperado de <https://birdsoftheworld.org/bow/home>
- Bolaños-Fernández, J. (1995). *Comparación de la avifauna en las franjas paramuna y altoandina del sector norte del Parque Nacional Natural Puracé, Cauca, Colombia*. Trabajo de grado Ecología. Fundación Universitaria de Popayán. Popayán. Cauca
- Bonilla-Valencia, J., Roncancio, N. y Pisso, G.A. (2019). *Portafolio de proyectos de investigación del Parque Nacional Natural Puracé*. Documento adjunto al Plan de manejo 2019-2023 del PNN Puracé. Dirección Territorial Andes Occidentales. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Popayán, Cauca. 62 p.
- Cabrera, M. y W. Ramirez (Eds). (2014). *Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogota, D.C. Colombia. 296 pp.
- Camero, E. y Chamorro, C. (2021). *Artropofauna asociada a suelos de bosques altoandinos del Macizo Colombiano*. Entomotropica. Volumen 36: 16-26.
- Carabias, J., Meave, J., Valverde, T. y Cano, Z. (2005). *Ecología y medio ambiente*. Pearson Educación. Mexico. 240 pp.

- Chao, A., Chiu, C. H. and Jost, L. (2010). *Phylogenetic diversity measures based on Hill numbers*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 365(1558), 3599–3609.
- Chao, A., Gotelli, Nueva Jersey, Hsieh, TC, Sander, EL, Ma, KH, Colwell, RK y Ellison, AM (2014) *Rarefacción y extrapolación con números de Hill: un marco para el muestreo y la estimación en estudios de diversidad de especies*. Monografías Ecológicas, 84, 45-67.
- Chao, A., Ma, K. H., y Hsieh, T.C. (2016). *iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity*. http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/.
- Córdoba-Córdoba, S. (2016). *Aves en páramos de Colombia: características ecológicas de acuerdo a grupos de dieta y peso corporal*. Biota Colombiana. Volumen 17 Suplemento 2 – Páramos. Pag. 77-101. DOI: 10.21068/C2016v17s02a05
- CornellLabofOrnithology. (2014). *Merlin 3.0.3 (800 – 2022.0)*. [Aplicación móvil]. Google Play. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.labs.merlinbirdid.app&hl=es_419&gl=US&pli=1
- Cuatrecasas, J. (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 10(40), 221-268.
- Curson, J., del Hoyo, J., Bonan, A., Collar, N., Kirwan, G. M., y Boesman, P. F. D. (2022). *Golden-fronted Redstart (Myioborus ornatus)*, versión 1.1. En B. K. Keeney (Ed.), *Aves del mundo*. Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.gofred1.01.1>
- Echeverry-Galvis, M.A., O. Acevedo-Charry, J.E. Avendaño, C. Gómez, F.G. Stiles, F.A. Estela & A.M. Cuervo. 2022. *Lista oficial de las aves de Colombia 2022: Adiciones, cambios taxonómicos y actualizaciones de estado*. Ornitología Colombiana 22: 25-51
- Escobar-Riomalo, M. P., Gongora, E., y Arsitizabal Leost, S. (2020). *Great Thrush (Turdus fuscater)*, versión 1.0. En T. S. Schulenberg (Ed.), *Aves del mundo*. Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.grethr1.01>
- Farnsworth, A., Greeney, H. F., y Boesman, P. F. D. (2022). *Chestnut-bellied Chat-Tyrant (Ochthoeca cinnamomeiventris)*, versión 1.0. En N. D. Sly & S. M. Billerman (Eds.), *Birds of the World*. Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.slbcht2.01>
- Finegan, B., Céspedes, M. y Sesnie, S.E. (2007). *El monitoreo ecológico como componente integral del manejo de Áreas Protegidas y Corredores Biológicos en los trópicos: conceptos y práctica*. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. San José, Costa Rica. 64 pp.

- Gee, J. H. R. and Giller, P. S. (1987). *Organization of communities past and present*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 576 pp
- Gutiérrez-Zamora, E. A., S. V. Rojas-Nossa, y F. G. Stiles. (2004). *Dinámica Anual de la Interacción Colibrí-Flor en Ecosistemas Altoandinos*. *Ornitología Neotropical* 15:1-10.
- Halffter, G. y Escurra, E. 1992. *¿Qué es la biodiversidad?*. La diversidad biológica de Iberoamérica I. 1ra Edición. Pág. 11-29.
- Hammer, Ø., Harper, D., y Ryan, P. (2001). Past: *Paleontological statistics software package for education and data analysis*. *Palaeontologia Electronica*.
- Heindl, M., PFD Boesman y GM Kirwan (2023). *Tyrian Metaltail (Metallura tyrianthina)*, versión 1.1. En *Aves del mundo* (BK Keeney, editor). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.tyrmet1.01.1>
- Hernández-Camacho, J., & Rodríguez-M., J. (1979). *Dos nuevos taxa del género Grallaria (Aves: Formicariidae) del alto valle del Magdalena (Colombia)*. *Caldasia*, 12(60), 573-580.
- Hilty, S. y A. Bonan (2020). *Glossy Flowerpiercer (Diglossa lafresnayii)*, versión 1.0. En *Aves del Mundo* (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, DA Christie y E. de Juana, Editores). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.gloflo1.01>
- Hilty S.L. Brown W.L. 2001. *Guía de las aves de Colombia (traducción H. Alvarez-Lopez)*. Princeton University Press/ American Bird Conservancy – Imprelibros S.A.- Cali. 1030pp.
- IUCN. (2024). *The IUCN Red List of Threatened Species (Version 2024-1)*. <https://www.iucnredlist.org>
- Jost, L. (2006). *Entropy and diversity*. *Oikos*, 113(2), 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Jost, L. (s.f.). *Comparing the diversities of two communities*. <http://www.loujost.com/Statistics%20and%20Physics/Diversity%20and%20Similarity/How%20to%20compare%20the%20diversities%20of%20two%20communities.htm>
- Karr, J. R., & Roth, R. R. (1971). *Vegetation Structure and Avian Diversity in Several New World Areas*. *The American Naturalist*, 105(945), 423–435. <http://www.jstor.org/stable/2459511>
- Kattán, G. H., and Alvarez-L., H. (1995). *Preservation and management of biodiversity in fragmented landscapes in the Colombian Andes*. 3-18 Pags In: 1. Schelhas & R. Greenberg (eds.). *Forest patches in tropical landscapes*. Island Press, Washington D. C.
- Kessler, M., S. Herzog, J. Fjeldsa, y K. Bach. (2001). *Species richness and*

endemism of plant and bird communities along two gradients of elevation, humidity and land use in the Bolivian Andes. Diversity and Distribution 7:61-77.

- Lizcano, R. (2013). *Composición de la comunidad de aves en dos relictos de bosque alto andino presentes en las veredas Loyola y Guacas, Municipio de San Sebastián, Cauca-Colombia*. [Trabajo de grado no publicado]. Universidad del Cauca.
- Manrique Garzón, L. (2022). *Red de polinización para los páramos andinos: un caso de estudio en el páramo de Matarredonda*. Universidad de los Andes. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/64477>
- McArthur, R. (1969). *Patterns of communities in the tropics*. Biological Journal of the Linnean Society. Volumen 1, N° 1-2, 19-30. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1969.tb01809.x>
- McCain, C. M. (2005). *Elevational gradients in diversity of small mammals*. Ecology, 86 (2), 366-372.
- McMullan, M. (2018). *Aves de los andes colombianos*. MacMullan Birding & Publishers, Cali, Colombia.
- Medina, W., Macana-García, D. C., y Sánchez, F. (2015). *Aves y mamíferos de bosque altoandino-páramo en el páramo de Rabanal [Boyacá-Colombia]*. (Birds and Mammals of High Mountain Ecosystems in the Rabanal Paramo [Boyacá-Colombia]). *Ciencia en Desarrollo*, 6(2), 185–198. <https://doi.org/10.19053/01217488.3789>
- Microsoft. (2020). *Microsoft Excel 2016 16.0* [Software]. Microsoft Office. <https://office.microsoft.com/excel>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). *Quinto Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica*. Bogotá, D.C., Colombia.
- Morales-Castaño, I., & Amat-García, G. (2012). *Diversidad de la artropofauna terrestre del páramo la Parada del Viento, cordillera oriental, Cundinamarca – Colombia*. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.), (51), 211–216.
- Morales-Collazos, M. (2010). *Evaluación del estado actual de los cóndores andinos (Vultur gryphus) liberados en el Resguardo Puracé, Cauca, Colombia*. [Trabajo de grado no publicado] Universidad del Cauca.
- Morales, M., Otero J., Van der Hammen, T., Torres, A., Cadena, C., Pedraza, C., Rodríguez, N., Franco, C., Betancourth, J.C., Olaya, E., Posada, E. y Cárdenas, L. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p.
- Morán, M., Campos, J. y Louman, B. (2006). *Uso de Principios, Criterios e Indicadores para monitorear y evaluar las acciones y efecto de políticas en el manejo de los recursos naturales*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 70 p. (Serie

- Técnica. Informe Técnico N° 347).
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad (Vol. 1)*. M&T–Manuales y Tesis SEA.
- Moreno, L. A., Rueda, C. y Andrade, G. I. (Eds.). (2018). *Biodiversidad 2017*. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 84p.
- Montezuma, M. (2010). *Aproximación al conocimiento de la estructura del ecosistema Laguna de la Magdalena (PNN Puracé) e identificación de posibles factores relevantes sobre sus componentes e interrelaciones*. [Trabajo de grado no publicado]. Universidad del Cauca.
- Nebel, S. y JM Cooper (2020). *Least Sandpiper*(*Calidris minutilla*), versión 1.0. En *Aves del mundo* (AF Poole, editor). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.leasan.01>
- Negret A. J., C. Acevedo. (1990). *Reportes Recientes de Leptosittaca branickij, Aves Colombianas Amenazadas de Extinción*. Novedades Colombianas, Nueva Época 2: 70-71
- Negret A. J. (2001). *Aves en Colombia Amenazadas de Extinción*. Editorial Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 299p
- Ocampo-G, D. V., Pisso-Florez, G. A., Muñoz-Nates, C. S., Angulo-Ortiz, D., Matabanchoy-C, K., Ibagón, N., & Gómez, L. G. (2022). *Observaciones sobre apareamiento y anidación del Zambullidor plateado (Podiceps occipitalis juninensis) en el Parque Nacional Natural Puracé – Colombia*. *Ornitología Colombiana*, (22), 70–75. <https://doi.org/10.59517/oc.e552>
- Ocampo-G, D.V. (2023). *Composición de la comunidad de aves acuáticas en las lagunas la Magdalena y Cusiyaco del Parque Nacional Natural Puracé, Colombia*. [Trabajo de grado]. Universidad del Cauca.
- Ojasti, J., y Dallmeier, F. (2000). *Manejo de fauna silvestre neotropical*. SI/MAB Series #5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program.
- ONF Andina y Cormagdalena. (2017). Documento de registro del Parque Nacional Natural Regional Corredor Biológico Guácharos-Puracé. *CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 142 DE 2017*. (142).
- Otero, E., Mosquera, L., Silva, G., Guzmán, J. (2001). *Páramos de Colombia*. Banco de Occidente. <https://www.imeditores.com/banocc/paramos/presentacion.htm>
- Pisso-Florez, G., Pasaje, M., Meneses, O., Ruiz, J., Ocampo, D.V., Ibagón, N., Feriz, D., Dorado, I., Hurtado, C., Nates, C. y Gómez, L. (2022). *Aves de montañas y lagunas. Parque Nacional Natural Puracé*. Editorial Fundación Universitaria de Popayán.
- Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., Desante, D. F., y Milá, B. (1996).

GTR 159: *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR- *Pacific Southwest Research Station*. 46.

Rangel-Ch., J.O.; Lowry-C, P.; Aguilar-P., M. (1997). *Distribución de los tipos de vegetación en las regiones naturales de Colombia. Aproximación inicial. Diversidad Biótica II*. Tipos de Vegetación en Colombia. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM)-Ministerio del Medio Ambiente, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico-CINDEC. U.N, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Bogotá). p.403-436.

Rangel-Ch, J. O. (ed.). (2000). *Colombia Diversidad Biótica III. La Región de Vida Paramuna*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C.

Rangel-Ch, J. O. (2015). *La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 39(151):176-200.

Remsen, Jr., JV (2020). *White-chinned Thistletail (Asthenes fuliginosa), versión 1.0*. En *Aves del Mundo* (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, DA Christie y E. de Juana, Editores). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.whcthi1.01>

Remsen, J. V., Jr., Areta, J. I., Bonaccorso, E., Claramunt, S., Jaramillo, A., Lane, D. F., Pacheco, J. F., Robbins, M. B., Stiles, F. G., y Zimmer, K. J. (2022). *A classification of the bird species of South America*. American Ornithological Society. Version 04-10-2022. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>

Remsen, J. V., y Parker, T. A. (1983). *Contribution of River-Created Habitats to Bird Species Richness in Amazonia*. *Biotropica*, 15(3), 223–231. <https://doi.org/10.2307/2387833>

Renjifo, L. M., Gómez, M. F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villarreal, A. M., Kattan, G. H., Amaya-Espinel, J. D., y BurbanoGirón, J., (2014). *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: bosques húmedos de los Andes y la costa Pacífica*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia.

Resolución 0126 de 2024 [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Por la cual se establece el listado oficial de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera, se actualiza el comité Coordinador de Categorización de las Especies Silvestres Amenazadas en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones. 06 de febrero de 2024.

Rodríguez, A. y Crespo, R. (2006). *Estadística descriptiva. Representación de datos descriptivos*. <https://www.revistaseden.org/files/6-cap%206.pdf>

Sarmiento, C., Cadena, C., Sarmiento, M., Zapata, J. y León, O. (2013). *Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: Actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000*. Instituto de

- Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 46 p.
- Sarmiento, C., y León, O. (eds.). (2015). *Transición bosque-páramo. Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 156 págs.
- Sarmiento, C., Osejo, A., Ungar, P., & Zapata, J. (2017). *Páramos habitados: desafíos para la gobernanza ambiental de la alta montaña en Colombia*. Biodiversidad En La Práctica, 2(1), 122–145. <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/480/0>
- Sarmiento, G. (1986). *Ecologically Crucial Features of Climate in High Tropical Mountains*. Pages 11-45 in High Altitude Tropical Biogeography (F. Vuilleumier, and M. e. Monasterio, Eds.). Oxford University Press, New York.
- Shannon, C. E. (1948). *A mathematical theory of communication*. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Simpson, E. H. (1949). *Measurement of diversity*. *Nature*, 163(4148), 688–688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. (2022). *Biodiversidad en cifras*. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. <https://sibcolombia.net/biodiversidad-en-cifras-2019/>
- SMART. (2024). *Recopile, mida y evalúe datos para mejorar la eficacia de sus esfuerzos de conservación de la fauna salvaje*. <https://smartconservationtools.org/es-es/>
- Smith, T. M., y Smith, R. L. (6.a edición). (2007). *Ecología*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Solbrig, O.T. 1991. *Biodiversity, A review of the scientific issues and a proposal for a collaborative program of research*. MAB Digest 9, UNESCO.
- Stiles, F. G. y Roselli, L. (1998). *Inventario de las aves de un bosque altoandino: comparación de dos métodos*. *Caldasia*. 20(1):29-43
- Sturm, H y Rangel-Ch, J. (1985). *Ecología de los páramos andinos : una visión preliminar integrada*. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Museo de Historia Natural.
- Suarez-Sanabria, N., Cadena, C. (2014). *Diversidad y estructura de la avifauna del Valle de Lagunillas, Parque Nacional Natural El Cocuy, Colombia*. *Ornitología Colombiana* 14. 48-61
- Sullivan, B.L., C.L. Wood, M.J. Iliff, R.E. Bonney, D. Fink, and S. Kelling. (2009). *eBird: a citizen-based bird observation network in the biological sciences*. *Biological Conservation* 142: 2282-2292.

- Terborgh, J. (1971). *Distribution on environmental gradients: theory and a preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Perú*. *Ecology* 52:23-40.
- Ungar, P. (Ed.). (2015). *Hojas de ruta: Guías para el estudio socioecológico de la alta montaña en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Vargas, O. J. y Gómez, P. (2008). *Rasgos De Historia De Vida De Especies Pioneras En La Reserva Natural Ibanasca (Ibagué, Tolima, Colombia)*. En: Barrera, J.I., Aguilar, M y D.C. Rondón. (2008). *Experiencias de Restauración Ecológica en Colombia “entre la sucesión y los disturbios”*. Escuela de Restauración Ecológica (ERE) y Universidad Javeriana. 89 p.
- Vargas, O. y Pedraza, P. (2004). *Parque Nacional Natural Chingaza*. Universidad Nacional de Colombia. Gente Nueva Editorial, 2004
- Velasco, K. G. (2018). *Determinación de las interacciones entre las aves frugívoras y las plantas ornitócoras del bosque altoandino en el sector sur del Parque Nacional Natural Puracé, Cauca*. [Trabajo de grado]. Universidad del Cauca.
- Vélez, D., Tamayo, E., Ayerbe, F., Torres, J., Rey, J., Castro, C., Ramírez, B., y Ochoa, J. (2021). *Distribution of birds in Colombia*. <https://bdj.pensoft.net/article/59202/>
- Vidal-Maldonado, C. C. (2012). *Relación de procesos de fragmentación ecosistémica con la diversidad de comunidades frugívoras e insectívoras en dos sectores altoandinos de la cordillera central en el departamento del Cauca*. [Trabajo de grado no publicado]. Universidad del Cauca.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa Inventarios de Biodiversidad; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*, 236.
- Winkler, D. W., Billerman, S. M., y Lovette, I. J. (2020). *Antpittas (Grallariidae), versión 1.0*. En *Birds of the World* (SM Billerman, BK Keeney, PG Rodewald y TS Schulenberg, editores). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.gralla2.01>
- Winkler, D. W., Billerman, S. M., y Lovette, I. J. (2020). *Tanagers and Allies (Thraupidae), versión 1.0*. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, and T. S. Schulenberg, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.thraup2.01>
- Winkler, D. W., Billerman, S. M., y Lovette, I. J. (2020). *New World Sparrows (Passerellidae), versión 1.0*. En *Birds of the World* (SM Billerman, BK Keeney, PG Rodewald y TS Schulenberg, editores). Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.passer3.01>

- Winkler, D. W., Billerman, S. M., y Lovette, I. J. (2020). *Tyrant Flycatchers (Tyrannidae)*, versión 1.0. En S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, & T. S. Schulenberg (Eds.), *Birds of the World*. Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE. UU. <https://doi.org/10.2173/bow.tyrann2.01>
- Xeno-canto. (2020). *Xeno-canto: Sharing bird sounds from around the world*. <https://www.xeno-canto.org/>
- Zaccagnini, M. E., Thompson, J. J., Bernardos, J., Calamari, N., Goijman, A., y Canavelli, S. (2011). *Riqueza, Ocupación y Roles Funcionales Potenciales de las Aves en Relación a los Usos de la Tierra y la Productividad de los Agroecosistemas: un ejemplo en la Ecorregión Pampeana*. [Archivo PDF]. https://ced.agro.uba.ar/ubatic/sites/default/files/files/libro_serv_ecosist/pdf/Capitulo_08.pdf

12. ANEXOS

Anexo 1. Registro de salidas de campo.

Numero de salida	Fecha (dd/mm/aa)	Tipo de salida	Dia de muestreo	Ecosistema
1	05/07/2021	Preliminar	No aplica	Páramo
	06/07/2021	Preliminar	No aplica	Páramo
	07/07/2021	Preliminar	No aplica	Bosque altoandino
	09/07/2021	Preliminar	No aplica	Bosque altoandino
2	21/08/2021	Preliminar	No aplica	Páramo
	22/08/2021	Preliminar	No aplica	Páramo y bosque altoandino
	23/08/2021	Preliminar	No aplica	Bosque altoandino
	25/08/2021	Preliminar	No aplica	Páramo y bosque altoandino
	27/08/2021	Preliminar	No aplica	Páramo
3	16/03/2022	Transectos	1P	Páramo
	17/03/2022	Transectos	1B	Bosque altoandino
	18/03/2022	Transectos	2B	Bosque altoandino
	19/03/2022	Transectos	2P	Páramo
	20/03/2022	Transectos	3B	Bosque altoandino
	21/03/2022	Transectos	3P	Páramo
4	11/06/2022	Transectos	4P	Páramo
	12/06/2022	Transectos	4B	Bosque altoandino
	13/06/2022	Transectos	5B	Bosque altoandino
	14/06/2022	Transectos	6B	Bosque altoandino
	15/06/2022	Transectos	5P	Páramo
	16/06/2022	Transectos	6P	Páramo
5	20/07/2022	Transectos	7B	Bosque altoandino
6	06/09/2022	Transectos	8B	Bosque altoandino
	07/09/2022	Transectos	9B	Bosque altoandino
	08/09/2022	Transectos	10B	Bosque altoandino
	09/09/2022	Transectos	7P	Páramo
	10/09/2022	Transectos	8P	Páramo
	11/09/2022	Transectos	9P	Páramo
7	15/10/2022	Transectos	11B	Bosque altoandino
	17/10/2022	Transectos	12B	Bosque altoandino
	18/10/2022	Transectos	10P	Páramo
	19/10/2022	Transectos	11P	Páramo
	20/10/2022	Transectos	12P	Páramo
8	19/11/2022	Transectos	13B	Bosque altoandino
	20/11/2022	Transectos	13P	Páramo
	21/11/2022	Transectos	14B	Bosque altoandino
	22/11/2022	Transectos	14P	Páramo

	23/11/2022	Transectos	15B	Bosque altoandino
	24/11/2022	Transectos	15P	Páramo

Nota. Los días de muestreo para cada ecosistema fueron denominados con un número, la inicial P (Páramo) y B (Bosque altoandino) respectivamente.