

Estructura y composición florística de la reserva natural El Carajo, Tona, Santander

Wilmer Gerardo Guzmán Gelves

Trabajo de Grado para Optar al Título de Biólogo

Director

Felipe Castaño

Dr. en Biología Vegetal

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2025

### **Dedicatoria**

A mi mamá María, mi papá Gerardo, mis hermanos Jhon y Edison, y mi cuñada Sandra, por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación. Su motivación diaria y los valores que me inculcaron han sido fundamentales en este camino.

A mis amigos y compañeros, especialmente a Dana Rentería, Juan Granados, Juan Pereira, Sergio Mantilla, Hanny Matajira, Frank Niño y Felipe Duarte, por acompañarme en los buenos y malos momentos a lo largo de mi formación.

A mis amigos más cercanos, Fabián García, Iván Urbina, Alejandra Carrillo y Sara Tarazona, por ayudarme con su alegría y apoyo emocional en los momentos difíciles.

### **Agradecimientos**

A la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Biología y a sus docentes, quienes fueron fundamentales en mi formación. En especial, al profesor Felipe Castaño, por su invaluable guía y enseñanza.

Al Grupo de Estudios en Biodiversidad (GEBIO) y al equipo del Herbario UIS, Pedro Cáceres, Juliana Duarte y el profesor David Sanin por su acompañamiento y apoyo con el procesamiento y determinación taxonómica de las muestras.

A la Señora Gloria Consuelo Herrera y su equipo de trabajo en el campamento “El Carajo”, por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de realizar este estudio en su reserva. Su apoyo fue fundamental para el desarrollo de la fase de campo.

A mis compañeros Sergio Mantilla, Hanny Matajira y Frank Niño, por su vital ayuda durante la fase de campo.

A Angelo Plata y Daniel Díaz por su acompañamiento en la determinación taxonómica y motivación durante las fases finales de este proceso.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	11
1. Objetivos .....	14
1.1 Objetivo General .....	14
1.2 Objetivos Específicos .....	14
2. Competencias .....	14
3. Metodología .....	15
3.1 Área de estudio .....	15
3.2 Diseño del muestreo.....	16
3.3 Determinación taxonómica .....	16
3.4 Análisis de los datos .....	16
3.4.1 Composición y estructura florística .....	17
3.4.2 Diversidad florística.....	17
4. Resultados .....	17
4.1 Composición y estructura florística .....	18
4.2 Diversidad florística.....	23
5. Discusión .....	25
5.1 Composición florística.....	25
5.2. Estructura florística .....	26
5.3. Diversidad florística .....	27
6. Conclusiones.....	30
Referencias Bibliográficas .....	31

Apéndices..... 37

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Matriz de similitud Bray-Curtis .....	25
Tabla 2. Comparación con otros estudios (0.1 Ha muestreadas, DAP $\geq$ 2.5 cm) realizados en la franja subandina colombiana .....	28

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ubicación geográfica del campamento “El Carajo” y los 10 transectos realizados en el estudio.....	15
Figura 2. Familias con mayor número de especies.....	18
Figura 3. Géneros con mayor número de especies.....	19
Figura 4. Familias con mayor número de individuos.....	19
Figura 5. Géneros con mayor número de individuos.....	20
Figura 6. Especies con mayor número de individuos.....	21
Figura 7. Índice de valor de importancia para especies (IVI's).....	22
Figura 8. Índice de valor de importancia para familias (IVI'f).....	22
Figura 9. Números de Hill representados gráficamente.....	24
Figura 10. Curva de acumulación de especies.....	24

**Lista de Apéndices**

	<b>pág.</b>
Apéndice A. Especies vegetales encontradas en el fragmento de bosque andino de la reserva natural “El Carajo” .....	37

## Resumen

**Título:** Estructura y composición florística de la reserva natural el Carajo, Tona, Santander\*

**Autor:** Wilmer Gerardo Guzmán Gelves\*\*

**Palabras Clave:** Diversidad, Bosque andino, Riqueza, Composición, Estructura.

**Descripción:** Los bosques andinos, entre los 1000 m s. n. m. y el límite inferior del páramo, destacan por su biodiversidad, endemismo y servicios ecosistémicos. Sin embargo, enfrentan amenazas como el cambio climático y actividades humanas. La reserva natural “El Carajo”, ubicada en Tona, Santander, operando como empresa ecoturística desde 2015, se transformó de una finca agrícola y ganadera hacia un modelo de conservación ambiental. Aunque es un importante destino turístico, aún carece de información detallada sobre su flora. Con el fin de contribuir al conocimiento de los bosques andinos de Santander se realizó un análisis de composición, estructura y diversidad florística en la reserva natural “El Carajo”, empleando una metodología RAP; cubriendo un total de 0.1 hectáreas. Se censaron 340 individuos con un DAP  $\geq$  2.5 cm, pertenecientes a 37 familias, 61 géneros y 79 especies. La distribución del índice de valor de importancia ubica a *Coussapoa villosa* (Urticaceae) en primer lugar debido a su alta dominancia relativa. Además, las familias raras presentan una frecuencia elevada. Los números de Hill no mostraron diferencias significativas entre los 10 transectos, lo que sugiere una distribución homogénea de la vegetación en el fragmento de bosque. El índice de Shannon (3.73) refleja alta diversidad, aunque el de Simpson (0.95) elevada dominancia, mientras la curva de acumulación indica un muestreo insuficiente. La matriz de Bray-Curtis muestra alta disimilitud entre los transectos. Los resultados evidencian la recuperación sucesional del bosque, respaldada por una estructura florística que indica un estadio intermedio y una alta diversidad en comparación con otros bosques andinos de similar altitud, aunque ampliar el área de muestreo permitiría obtener una imagen más completa de la diversidad real del bosque estudiado.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: Felipe Castaño, Dr. en Biología vegetal.

### Abstract

**Title:** Structure and floristic composition of the El Carajo nature reserve, Tona, Santander \*

**Author(s):** Wilmer Gerardo Guzmán Gelves\*\*

**Key Words:** Diversity, Andean forest, Richness, Composition, Structure.

**Description:** Andean forests, ranging from 1,000 m a.s.l. to the lower limit of the páramo, are notable for their biodiversity, endemism, and ecosystem services. However, they face threats such as climate change and human activities. The "El Carajo" Nature Reserve, located in Tona, Santander, has operated as an ecotourism enterprise since 2015, transitioning from an agricultural and livestock farm to a conservation model. Although it is an important tourist destination, detailed information about its flora remains scarce. To contribute to the knowledge of Andean forests in Santander, we conducted an analysis of species composition, structure, and floristic diversity in the "El Carajo" Nature Reserve using the RAP methodology, covering a total of 0.1 hectares. We recorded 340 individuals with a DBH  $\geq 2.5$  cm, belonging to 37 families, 61 genera, and 79 species. The importance value index ranked *Coussapoa villosa* (Urticaceae) first due to its high relative dominance. Additionally, rare families exhibited high frequency. Hill numbers showed no significant differences among the 10 transects, suggesting a homogeneous vegetation distribution in the forest fragment. The Shannon index (3.73) indicates high diversity, while the Simpson index (0.95) reflects high dominance, and the species accumulation curve suggests insufficient sampling. The Bray-Curtis matrix shows high dissimilarity between transects. The results highlight the successional recovery of the forest, supported by a floristic structure indicative of an intermediate stage and high diversity compared to other Andean forests at similar altitudes. Expanding the sampling area would provide a more comprehensive picture of the forest's true diversity.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Sciences. School of Biology. Director: Felipe Castaño, Ph. D. in Plant Biology.

## Introducción

Los bosques andinos, ubicados entre los 1000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) y el límite inferior del páramo, son ecosistemas montañosos de gran valor ecológico caracterizados por sus altos niveles de endemismo y diversidad (Gentry, 1982; Quintero Vallejo et al., 2017). Asimismo, Se destacan por los servicios ecosistémicos que brindan, como el suministro de agua, el mantenimiento de suelos fértiles, la captura y almacenamiento de carbono, entre otros (Quintero Vallejo et al., 2017; Rodríguez et al., 2006). Estos representan el 24.9% de la totalidad de bosques colombianos (FAO, 2015). En los bosques subandinos de Colombia, la vegetación se compone principalmente de especies pertenecientes a familias como Lauraceae, Rubiaceae, Arecaceae y Melastomataceae (Campo, 2010; Galindo-T. et al., 2003). No obstante, la altura del dosel y la diversidad disminuyen gradualmente a medida que se asciende en altitud (Gentry, 1988; Sanín & Duque, 2006).

A pesar del valor ecológico, estos bosques han sufrido un incremento en su degradación debido a su alta sensibilidad frente a fenómenos como el cambio climático, los incendios forestales y actividades antrópicas (Armenteras et al., 2017; Quintero Vallejo et al., 2017). En este sentido, el monitoreo constante de la sucesión ecológica en los bosques andinos tras perturbaciones es clave para entender la resiliencia de estos ecosistemas y las coberturas asociadas a ellos. Esto permitiría analizar cómo se restablecen y estabilizan las especies modelando la estructura del bosque, identificando etapas de regeneración y factores que influyen en su restauración; este monitoreo es vital para desarrollar estrategias de manejo y conservación que favorezcan la recuperación y sostenibilidad de estos bosques (Cortés-Ballén et al., 2020).

Los análisis de estructura y composición florística permiten caracterizar e inventariar la vegetación (Gentry, 1982). Tienen gran importancia ya que permiten entender la dinámica de los ecosistemas y así mismo los aspectos ecológicos que permiten un correcto manejo del bosque (Hernández & Giménez, 2016; Mora et al., 2013). El conocimiento botánico obtenido a través de estos estudios denota su relevancia, y aunque son poco conocidos, se han realizado esfuerzos significativos para comprenderlos, desarrollarlos y difundirlos (Cano & Stevenson, 2009). En Santander, sin embargo, la conversión de extensas áreas de bosques en tierras agrícolas y pastizales para la ganadería han causado una notable fragmentación en la vegetación natural y degradación de sus funciones ambientales (Armenteras et al., 2003; Rodríguez-Alarcón et al., 2018).

De otro lado, la Sociedad Internacional de Ecoturismo (The International Ecotourism Society – TIES) define el ecoturismo como “turismo responsable en áreas naturales, que conserva el ambiente y mejora el bienestar **de la gente en la localidad**”; por ende, es una forma de turismo sostenible, que se rige por principios específicos y buenas prácticas diseñadas para minimizar su impacto ambiental y promover la conservación (Amos, 2007). La reserva natural "El Carajo" ha estado funcionando como una empresa ecoturística desde el **año 2015**, según los administradores y habitantes de la zona. Anteriormente, el área donde se ubica operaba como una finca dedicada a actividades agrícolas y ganaderas, las cuales involucraban la explotación de los recursos naturales de la zona. Esta transformación de uso de suelo también incluyó la práctica de tala selectiva de árboles en el fragmento de bosque que ahora alberga la reserva. Con el paso del tiempo, el lugar ha transitado hacia una gestión orientada hacia la conservación ambiental, promoviendo el ecoturismo como una alternativa sostenible que busca equilibrar el disfrute de la naturaleza con la preservación de los ecosistemas locales. Es así como en la actualidad representa un importante fragmento de bosque andino, ya que hace parte de una de las cuencas principales

para el acueducto de Bucaramanga (AMB). Aunque la reserva natural “El Carajo” constituye un reconocido sitio turístico en la región, carece de información detallada sobre su flora. Este caso, al igual que otros en la zona, refleja la necesidad urgente de continuar destinando recursos para la investigación y el conocimiento de los ecosistemas locales. Es por ello que este estudio tiene como objetivo contribuir al conocimiento de la estructura y composición florística de los bosques andinos de Santander.

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo general

Contribuir al conocimiento de la estructura y composición florística de los bosques andinos de Santander.

### 1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la estructura y composición florística.
- Analizar la diversidad florística mediante índices estadísticos.
- Comparar los resultados obtenidos con estudios similares en otros bosques andinos.

## 2. Competencias

- Implementa técnicas de muestreo, recopilación de datos y herborización para inventariar especies de plantas leñosas.
- Determina taxonómicamente mediante claves, comparación con otros especímenes y bases de datos en el Herbario UIS.
- Realiza análisis estadísticos para estudiar la estructura, composición y diversidad florística.
- Maneja y elabora bases de datos en *DarwinCore*.
- Elabora informes técnico-científicos.

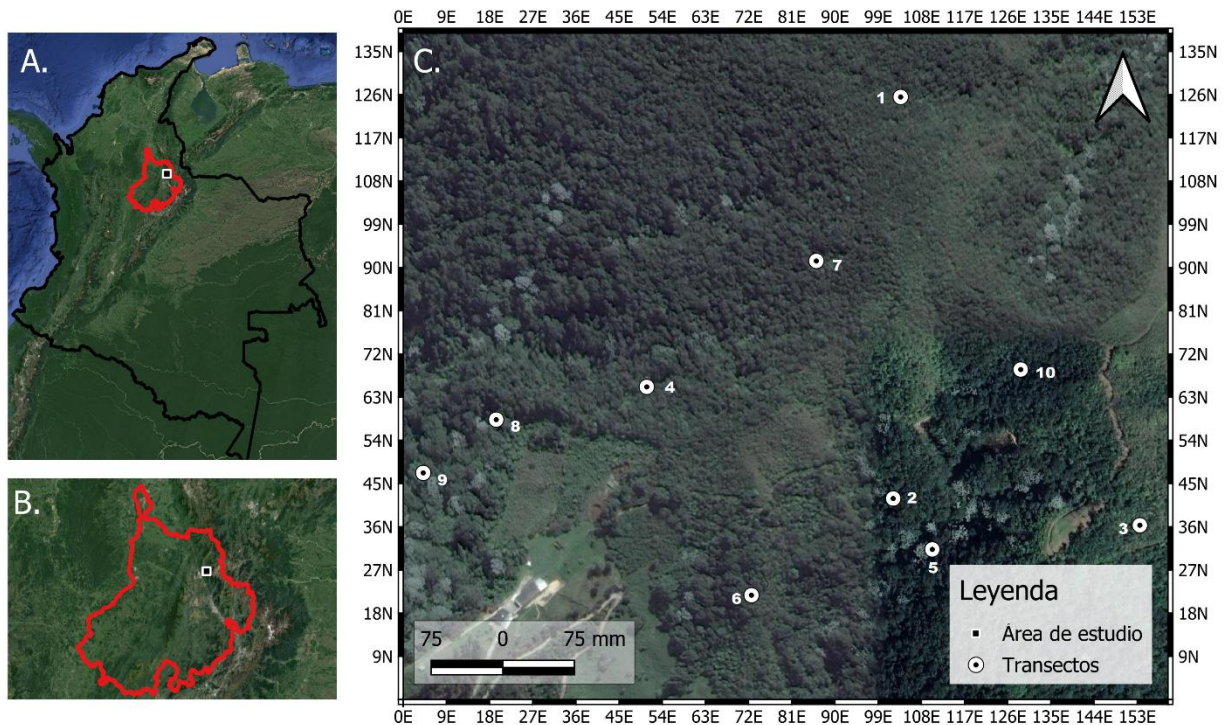
### 3. Metodología

#### 3.1 Área de estudio

El estudio se realizó en la reserva natural del campamento “El Carajo”, ubicado en el municipio de Tona, Santander; específicamente en el en el Kilómetro 21.7 vía Bucaramanga-Cúcuta (Figura 1). Este se ubica entre los 2000-2350 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación anual de 1323 mm y una temperatura promedio anual de 22-23 °C (Duarte Olarte et al., 2005; IDEAM, 2017). La reserva se extiende sobre aproximadamente 42 hectáreas de bosque, clasificado como bosque andino debido a sus características ecológicas y climáticas (Rangel-Ch et al., 1997).

#### Figura 1

Ubicación geográfica del campamento “El Carajo” y los **10 transectos** realizados en el estudio.



*Nota:* A. Ubicación del área de estudio en el mapa Colombia, B. Vista del área de estudio en el departamento de Santander y C. Ubicación de los 10 transectos en la reserva “El Carajo” (2000-2350 msnm).

### 3.2 Diseño del Muestreo

La fase de campo se realizó en el tercer trimestre del año 2024. Se emplearon unidades de muestreo tipo RAP, según la propuesta de Gentry (1982), ajustadas de acuerdo con Villarreal et al. (2004). Se establecieron 10 transectos de 2x50 m para un área total de muestreo de 0.1 hectáreas. Se empleó una combinación de muestreo sistemático y preferencial para cubrir la mayor parte del fragmento de bosque del campamento, asegurando la inclusión de zonas intervenidas y no intervenidas. Se censaron todos los individuos con un Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)  $\geq$  2.5 cm, registrando sus principales características morfológicas, como la altura total, la altura fustal, el diámetro de la copa y otros atributos relevantes de cada individuo. Los especímenes recolectados fueron procesados siguiendo técnicas estandarizadas de herborización (Villarreal et al., 2004) y depositados en la colección de referencia del Herbario UIS.

### 3.3 Determinación taxonómica

La determinación taxonómica se llevó a cabo por comparación con la colección de referencia del Herbario UIS de la Universidad Industrial de Santander, además del uso de catálogos de plantas vasculares y claves taxonómicas (Bernal et al., 2016; Medina et al., 2010; Mendoza & Ramírez, 2006; Pereira Prado, 2020). Asimismo, la determinación taxonómica fue apoyada por bases de datos como ColPlanta, GBIF, Herbario Nacional Colombiano (COL), Missouri Botanical Garden (MO). La información vinculada a los especímenes se registró en formato Darwin Core para el Sistema de Información sobre la Biodiversidad de Colombia.

### 3.4 Análisis de datos

Para una mejor organización y un fácil manejo, la información de los registros biológicos fue digitalizada en un archivo en formato Excel. Los análisis estadísticos correspondientes se llevaron a cabo mediante el lenguaje de programación R (R Core Team, 2020), usando paquetes como: BiodiversityR, dplyr, ggplot2, iNEXT, tidyverse, vegan.

#### 3.4.1 Composición y estructura florística

Se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) para especies (IVI's) y familias (IVI'f), considerando las variables de abundancia, frecuencia y dominancia relativa de cada morfoespecie, siguiendo la metodología propuesta por Matteucci & Colma (1982).

#### 3.4.2 Diversidad florística

Para evaluar la diversidad de especies en cada transecto, se aplicaron diversos índices. Para determinar la diversidad alfa, se calcularon los 3 órdenes de diversidad teniendo como base los números de Hill (Hill, 1973). Siendo  $q_0$  = la riqueza de especies,  $q_1$  = la exponencial de índice de Shannon y  $q_2$  = el inverso del índice de Simpson (Chao et al., 2014; Jost, 2006, 2007); además se utilizó el índice de Shannon-Wiener y el de Simpson (Moreno, 2001). La eficiencia del muestreo se evaluó mediante una curva de acumulación de especies. Para analizar la diversidad beta, se construyó una matriz de disimilitud de Bray-Curtis (Bray et al., 1957), calculando también los valores de similitud.

## 4. Resultados

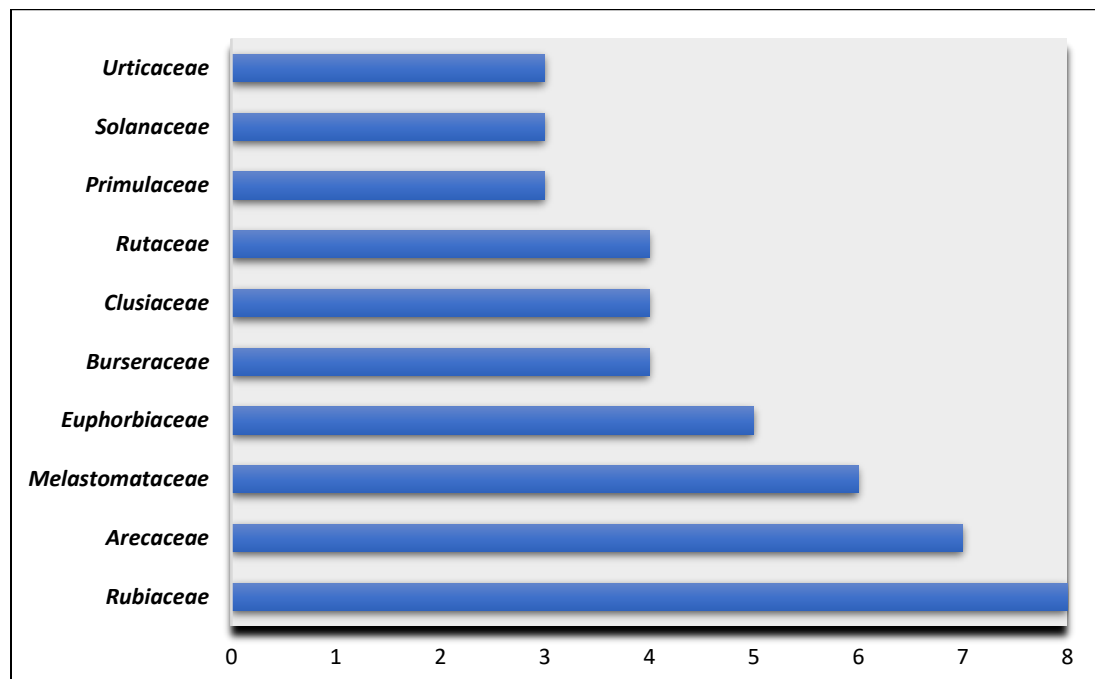
En total se registraron 340 individuos distribuidos en 37 familias, 61 géneros y 79 especies.

#### 4.1 Composición y estructura florística

Las familias con mayor diversidad de especies fueron: Rubiaceae (8 spp), Arecaceae (7), Melastomataceae (6), Euphorbiaceae (5), Burseraceae (4), Clusiaceae (4), Rutaceae (4) (Figura 2); mientras los géneros más diversos fueron *Alchornea* y *Clusia* con 4 especies cada uno; y *Miconia*, *Palicourea* y *Solanum* con 3 especies cada uno (Figura 3). El 32.43% (12) de las familias están representadas por más de un género, mientras que el 43.24% (16) cuentan con más de una especie. De igual manera, solo el 19.67% (12) de los géneros registraron más de una especie.

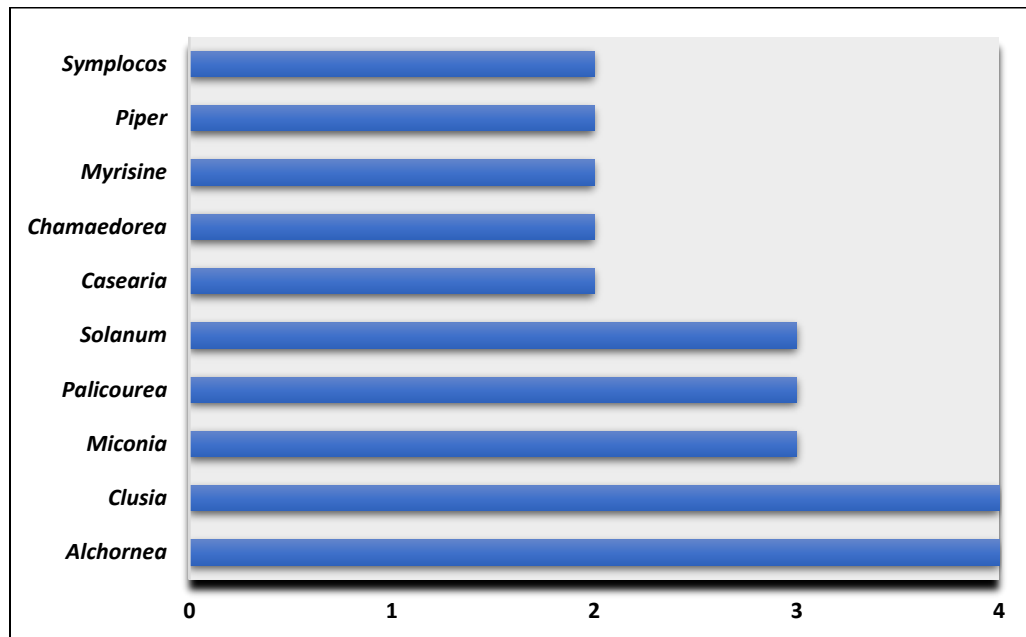
#### Figura 2

*Familias con mayor número de especies.*



**Figura 3**

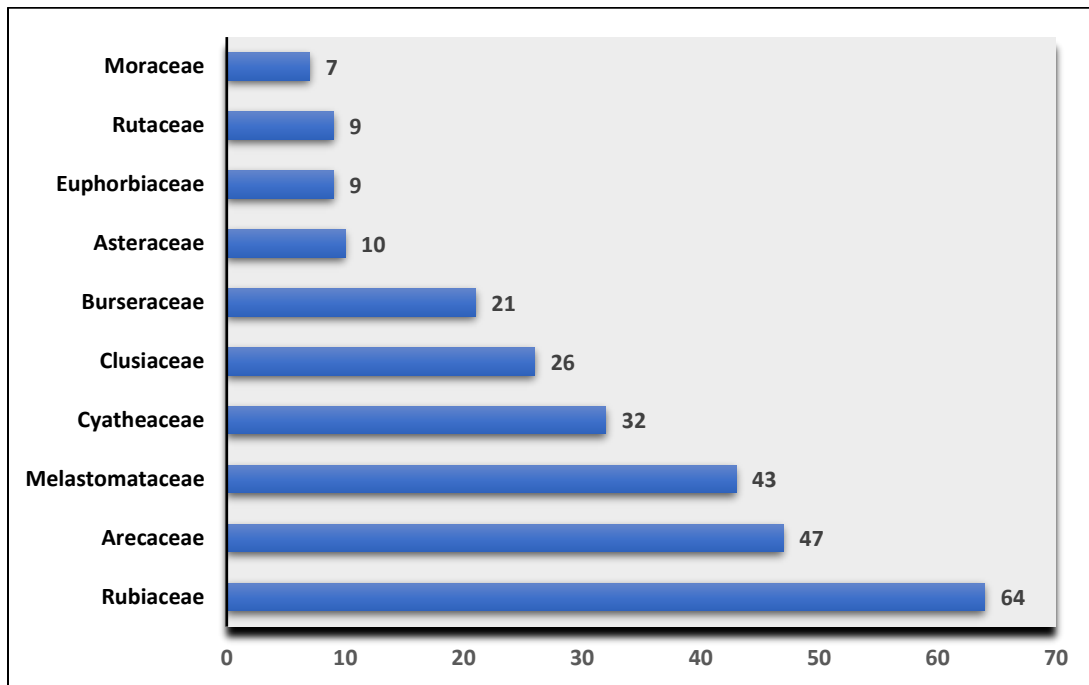
*Géneros con mayor número de especies.*



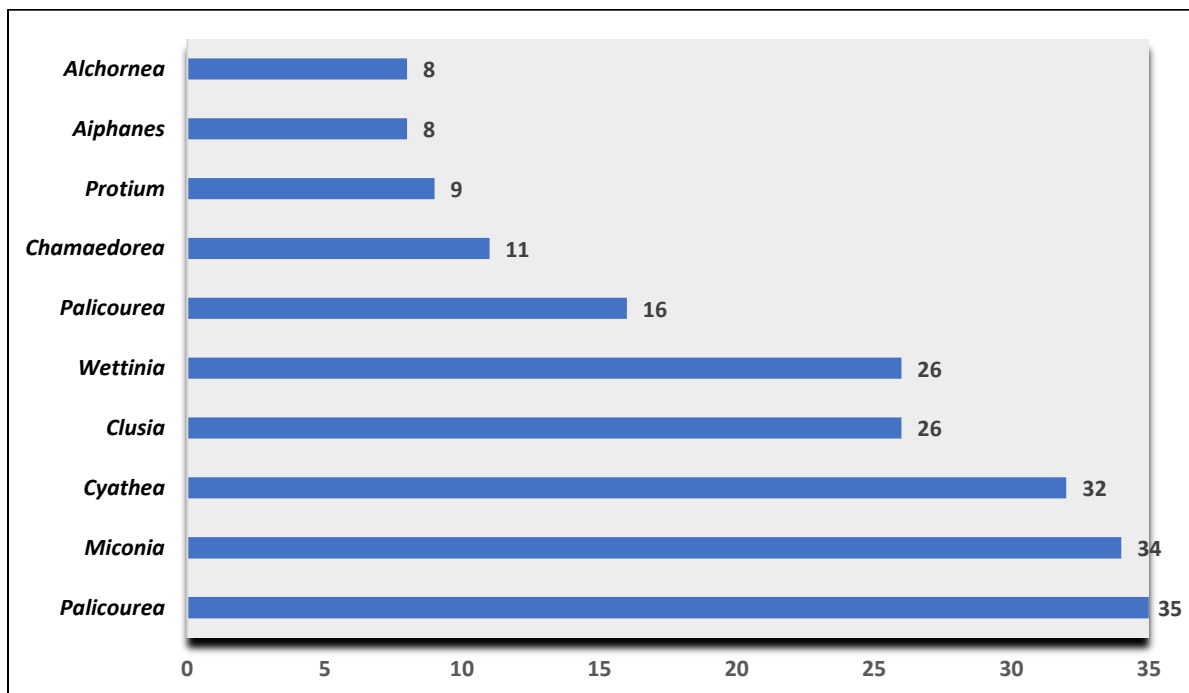
Las familias que presentaron una mayor abundancia fueron Rubiaceae (65 individuos), Arecaceae (47), Melastomataceae (43), Cyatheaceae (32) y Clusiaceae (26) (Figura 4). Por otro lado, los géneros más abundantes fueron: *Palicourea* (35 individuos), *Miconia* (34), *Cyathea* (32), *Clusia* (26) y *Wettinia* (26) (Figura 5). Las especies más abundantes fueron: *Palicourea* sp. 1 (35 individuos), *Cyathea squamipes* (32), *Miconia floribunda* (26), *Wettinia* sp. 1 (22), *Clusia schomburgkiana* (20) y *Critoniopsis glandulata* (10) (Figura 6).

**Figura 4**

*Familias con mayor número de individuos.*

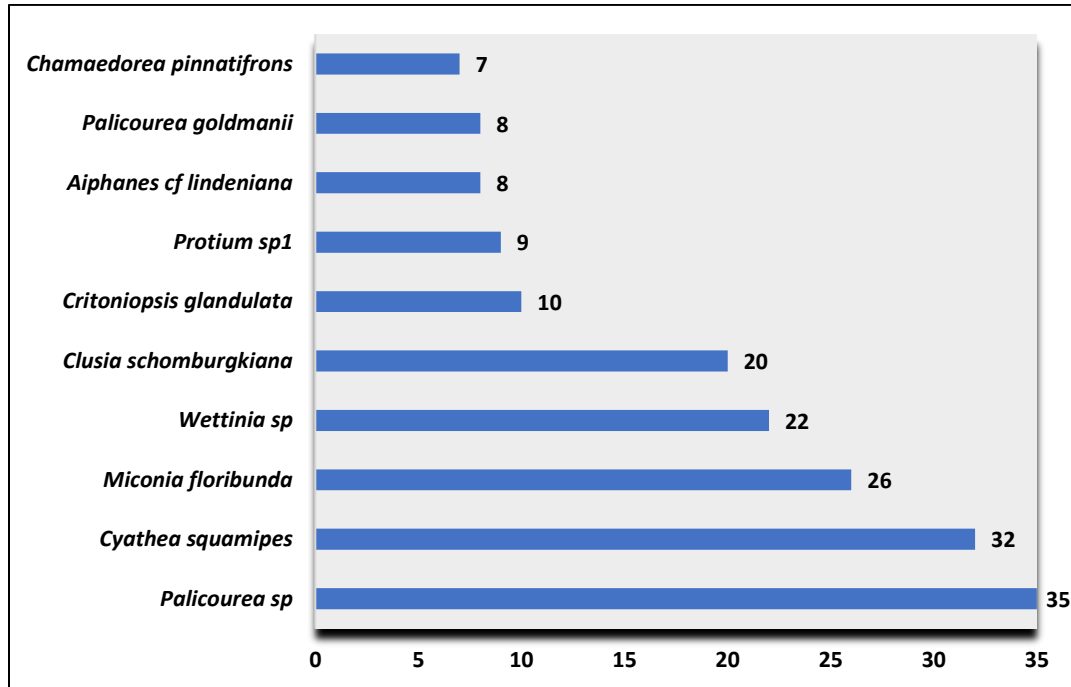
**Figura 5**

*Géneros con mayor número de individuos.*



**Figura 6**

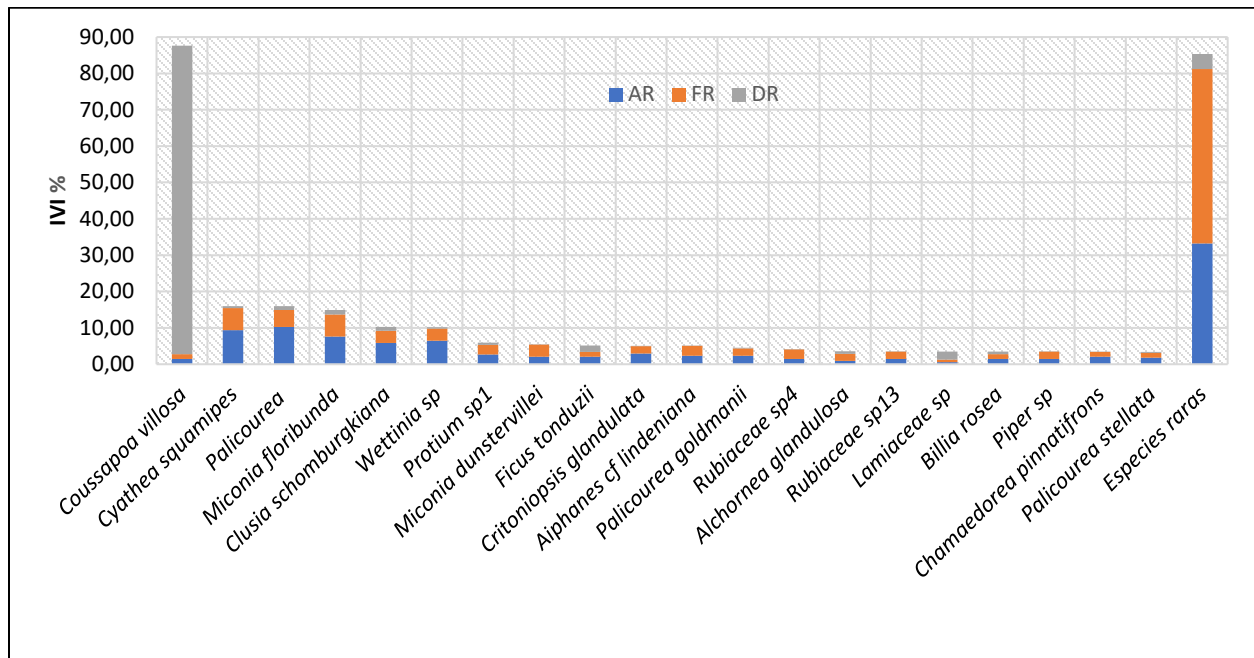
*Especies con mayor número de individuos.*



**4.1.1 Índice de valor de importancia por especie (IVI's).** Las 5 especies que presentaron un mayor IVI fueron: *Coussapoa villosa* (87.66%), *Cyathea squamipes* (15.95%), *Palicourea sp. 1* (15.94%), *Miconia floribunda* (14.89%) y *Clusia schomburgkiana* (10.25%) (Figura 7).

**Figura 7**

*Índice de valor de importancia para especies (IVI's)*

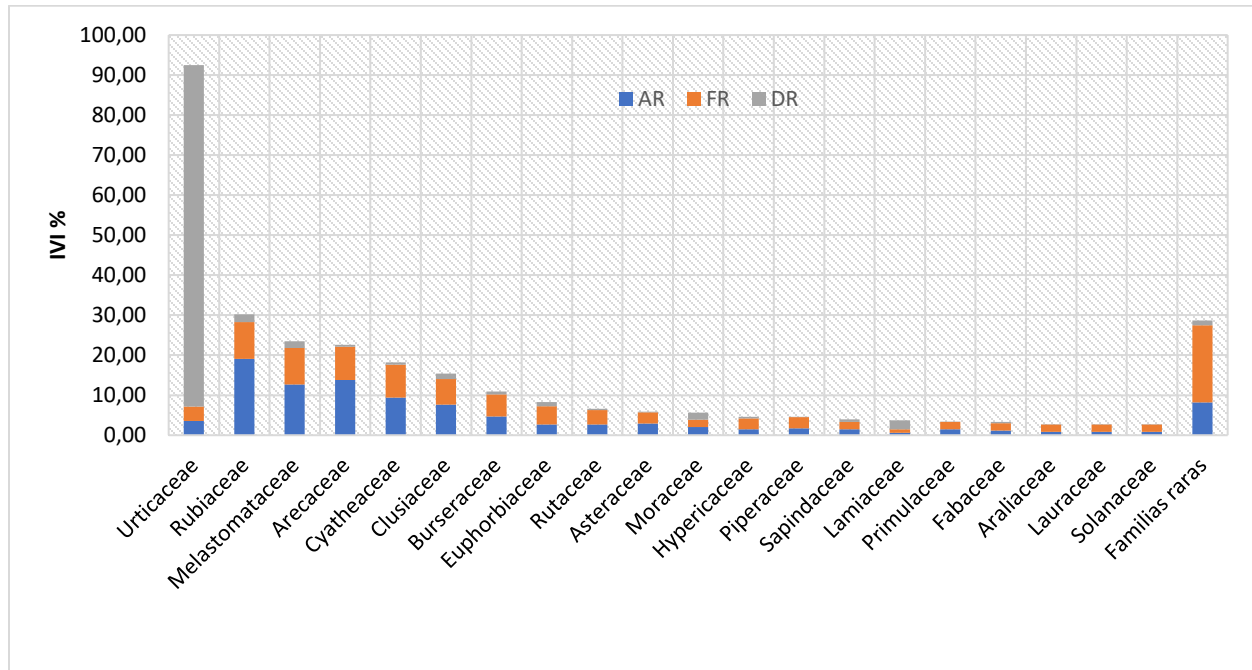


*Nota:* AR= Abundancia relativa; FR= Frecuencia relativa; DR= Dominancia relativa.

**4.1.2 Índice de valor de importancia por familia (IVI'*f*).** Las 5 familias que presentaron un mayor IVI fueron: Urticaceae (92.49%), Rubiaceae (30.17%), Melastomataceae (23.51%), Arecaceae (22.59%) y Cyatheaceae (18.20%) (Figura 8).

### Figura 8

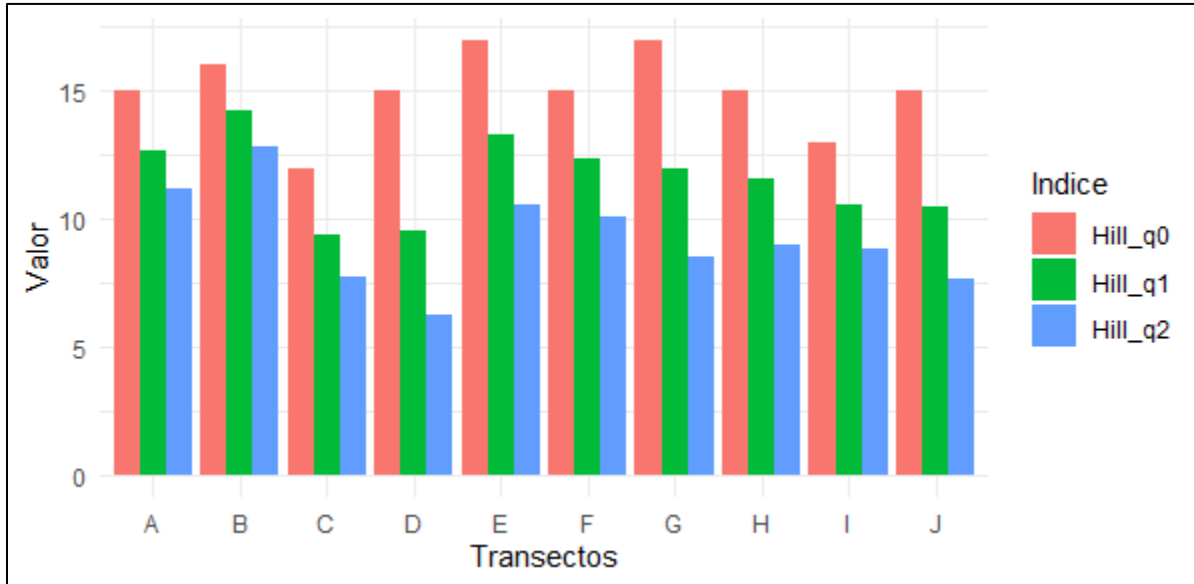
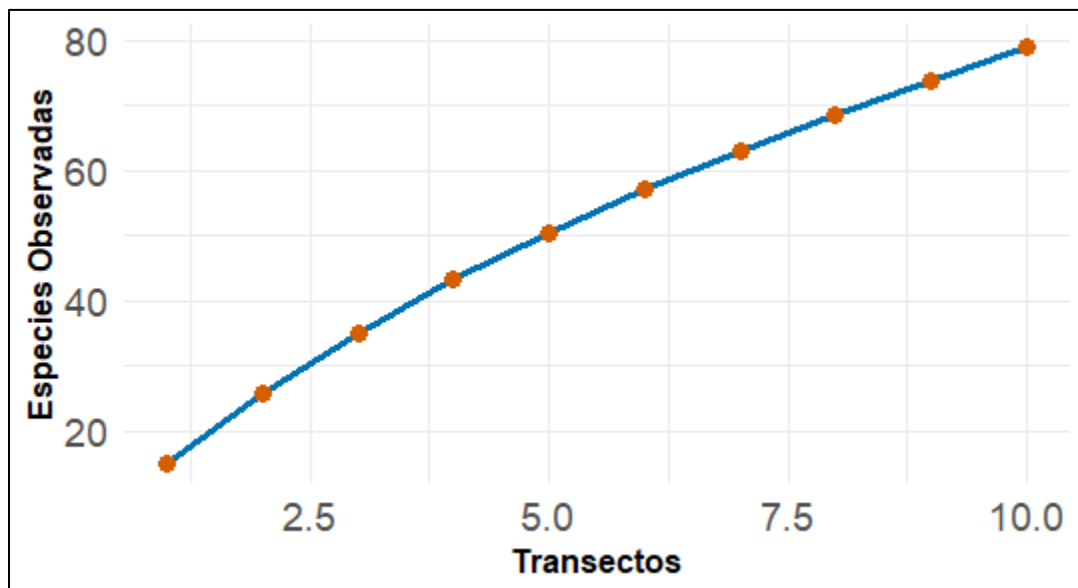
*Índice de valor de importancia para familias (IVI'*f*)*



*Nota:* AR= Abundancia relativa; FR = Frecuencia relativa; DR= Dominancia relativa.

#### 4.2 Diversidad florística

En cuanto a la diversidad alfa, los números de Hill revelan que el transecto 2 es el más heterogéneo y diverso, con una distribución equilibrada de especies, sin dominancia marcada. En contraste, los transectos 3 y 4 presentan una alta concentración de individuos en pocas especies, lo que se refleja en los valores más bajos de  $q_2$  (Figura 9) y una menor equidad en la comunidad. En términos generales, el valor de Shannon de 3.73 sugiere que la comunidad es diversa, mientras que el valor de Simpson de 0.95 indica que, dentro de esa diversidad, existe dominancia de ciertas especies, lo que contribuiría a disminuir la diversidad. La curva de acumulación de especies, que representa las 79 especies registradas durante el muestreo, muestra que no fue suficientemente representativo (figura 10).

**Figura 9***Números de Hill representados gráficamente***Figura 10***Curva de acumulación de especies*

En cuanto a la diversidad beta, la matriz de Bray-Curtis revela un alto nivel de disimilitud entre los transectos (Tabla 1). Destacan los transectos 3 y 9 por presentar la máxima disimilitud,

ya que no comparten ninguna especie. En contraste, los transectos 4 y 10 muestran una baja disimilitud, reflejando un alto porcentaje (53%) de especies compartidas.

**Tabla 1**

*Matriz de similitud Bray-Curtis*

Transecto	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0,61								
3	0,76	0,89							
4	0,69	0,78	0,89						
5	0,74	0,78	0,84	0,79					
6	0,85	0,76	0,86	0,72	0,84				
7	0,73	0,82	0,77	0,59	0,89	0,76			
8	0,88	0,80	0,91	0,75	0,84	0,76	0,74		
9	0,97	0,90	<b>1,00</b>	0,91	0,87	0,86	0,88	0,73	
10	0,74	0,77	0,85	<b>0,47</b>	0,86	0,68	0,54	0,71	0,86

## 5. Discusión

### 5.1 Composición florística

Los resultados obtenidos indican que la composición florística es característica de bosques subandinos, en concordancia con lo reportado por Gentry (1995), donde se destacan familias como Rubiaceae, Melastomataceae, Arecaceae, Euphorbiaceae y Lauraceae. Asimismo, los hallazgos son consistentes con estudios más recientes llevados a cabo en bosques andinos (Camargo Espitia et al., 2019; Cortés-Ballén et al., 2020; Dueñas C et al., 2007). Un aspecto remarcable de los resultados de este estudio sería la modesta presencia de la familia Lauraceae, debido quizás a su alta demanda histórica y actual como recurso maderable (Medina et al., 2010). Las Lauráceas se encuentran comúnmente en bosques que han alcanzado estados intermedios o avanzados de sucesión ecológica (Schuhli Kieras et al., 2021), lo que permitirá inferir que el bosque estudiado se encuentra en una regeneración natural activa.

En lo referente a los géneros, los resultados son congruentes con los reportados por Gentry (1995); con *Alchornea*, *Clusia*, *Miconia*, *Palicourea* y *Solanum* como los géneros más diversos en bosque andino, probablemente gracias a su gran plasticidad en estos ecosistemas, desempeñando un papel esencial al aportar especies pioneras que participan en la sucesión ecológica (Gomez-Pompa, 1971).

## 5.2 Estructura florística

El IVI de las especies y del mismo modo el de las familias estuvo influenciado por un individuo de gran tamaño perteneciente a la especie *Coussapoa villosa*, el cual registró el mayor valor de IVI'f (Figura 8), con un CAP mayor a 500 cm. Según Dueñas C et al. (2007), algunas especies, aunque con pocos individuos, poseen una alta dominancia relativa, lo que resalta la importancia ecológica en la cobertura del bosque. Esta presencia confirma que se trata de una sucesión ecológica intermedia, pues el género *Coussapoa* es bien conocido por estar constituido principalmente por especies pioneras (Salazar, 2019).

Adicionalmente, aunque los helechos arborescentes (familia Cyatheaceae) se posicionan en el quinto lugar del IVI'f, la especie *Cyathea squamipes* ocupó el segundo lugar en el IVI's. Dado que algunas especies de *Cyathea* son también consideradas pioneras, su importancia reflejaría el impacto de la intervención humana en el ecosistema estudiado, lo que presumiblemente es consecuencia de las alteraciones en la composición original de la vegetación. La remoción de especies de la sucesión avanzada de la vegetación crea condiciones favorables para que estas especies oportunistas se establezcan y dominen, destacándose por su capacidad de adaptarse y prosperar en ambientes perturbados, donde cumplen un papel clave en la estructura y dinámica del

ecosistema secundario (Campo, 2010). De otro lado, la familia Lauraceae se ubicó en el puesto 19 a nivel de IVI'f (Figura 8), de manera congruente con lo expuesto anteriormente, esta situación podría estar relacionada con el manejo previo del área de reserva, la cual estuvo dedicada a la explotación agropecuaria; siendo altamente probable que las especies maderables de esta familia hayan sido objeto de extracción selectiva de madera (Campo, 2010; Sanín & Duque, 2006).

La estructura ecológica del bosque, según los índices de valor de importancia (IVI), revela una dinámica compleja influenciada por la dominancia de pocas especies o familias, con implicaciones significativas para la interpretación de los resultados del muestreo. En este caso, la familia dominante fue Urticaceae (Figura 8), con un 92.49% de IVI, y la especie destacada con un 87% de IVI fue *Coussapoa villosa* (Figura 7). La presencia de un solo individuo con un área basal extraordinariamente alta, distorsiona la interpretación de la estructura del bosque coincidiendo con lo expuesto por Dueñas et al. (2007). Ahora bien, la presencia de *Cyathea squamipes* en el segundo puesto del IVI's, con un 15.95%, seguida de otras especies pioneras, guarda relación con lo reportado por Campo (2010); según lo cual este grupo tiene alta importancia ecológica; lo que además respalda la inferencia de que el bosque se encuentra en un estadio sucesional intermedio. Este patrón se ve respaldado por los valores similares de IVI'f en familias como Rubiaceae, Melastomataceae, Arecaceae y Cyatheaceae, así como el IVI'f de las familias raras, lo que indica una estructura florística en transición hacia una mayor madurez ecológica, como también señalaron Cortés-Ballén et al., (2020) & Dueñas C et al., (2007).

### 5.3 Diversidad florística

Las familias que presentaron una mayor diversidad en este estudio coinciden con los hallazgos de Gentry (1995). De igual manera, estudios más recientes realizados en los bosques andinos del país y el departamento de Santander, muestran que también son familias abundantes (Alvarado Reyes et al., 2024; Ariza Cortés et al., 2009; Camargo Espitia et al., 2019; Camargo Sierra, 2022). En comparación con otros estudios realizados en la franja subandina colombiana que utilizaron la misma metodología (Tabla 2), este estudio se ubica en el tercer lugar en términos de diversidad de especies, siendo superado por sitios con menores altitudes y/o precipitaciones. Factores como la altitud y la precipitación tienen un impacto significativo en la riqueza de especies, ya que la disminución en estos factores crea condiciones más favorables para una mayor cantidad de especies (Gentry, 1982, 1988). A mayor altitud, el número de especies tiende a disminuir, patrón reportado históricamente por múltiples observaciones, lo que guarda relación con la escasez de recursos que limitan la diversidad, favoreciendo solo a las especies adaptadas a estos ambientes (Ávila-Sánchez et al., 2018; Gentry, 1988). La baja precipitación en el área podría reducir la diversidad vegetal debido a la limitada disponibilidad de agua; Sin embargo, es necesario considerar otros factores que también influyen en la diversidad (Kessler et al., 2004).

## Tabla 2

*Comparación con otros estudios (0.1 Ha muestreadas, DAP  $\geq$  2.5 cm) realizados en la franja subandina colombiana.*

Localidad	Altitud (msnm)	Precipitación	No. Familias	No. Especies	No. Individuos	Autor (es)
El Guadual, Coromoro	2700-3000	1216	31	55	240	Galindo et al. (2003)
San José de Suaita, Santander	1800	3500	49	99	414	Camargo Sierra, (2022)

Chontales Bajo, Encino, Santander	2800	1926	28	57	745	Galindo et al. (2003)
Chontales Alto, Encino, Santander	3000	1926	24	49	632	Galindo et al. (2003)
Cararé Alto, Boyacá	2150	1363	34	61	201	Alvarado Reyes et al. (2024)
La Sierra, Santuario Guanentá, Santander	2500	1926	40	85	411	Galindo et al, (2003)
	2000-					
<b>Este estudio</b>	2350	1323	37	79	340	<b>Este estudio</b>

En términos generales, los números de Hill no mostraron diferencias significativas en la vegetación entre los 10 transectos, lo que sugiere una heterogeneidad en el fragmento de bosque. Sin embargo, los transectos 3 y 4 presentaron una menor equidad en la comunidad, lo cual podría estar relacionado con su proximidad a las zonas de tránsito de los visitantes y a las áreas de extracción de maderas livianas, utilizadas para trabajos locales en el campamento. La diversidad calculada mediante el índice de Shannon-Wiener, con un valor de 3.73, sugiere una alta diversidad en el fragmento de bosque analizado. Este resultado es comparable al estudio realizado por Camargo Sierra (2022), donde se obtuvo un índice de Shannon de 3.75, mostrando una alta similitud con este trabajo. Además, estos valores están en concordancia con otros estudios realizados en la franja subandina de Colombia, lo que refuerza la idea de que, a pesar de su estadio sucesional intermedio, el fragmento analizado alberga una diversidad representativa de la región. Por el contrario, el valor relativamente alto (0.95) del índice de dominancia de Simpson, sugiere una baja diversidad alfa debido a la posible dominancia de algunas especies; esta combinación, aunque pueda parecer contradictoria, es común en muchos ecosistemas y podría indicar un proceso de sucesión ecológica intermedio o la presencia de especies altamente competitivas (Campo, 2010).

La curva de acumulación de especies (Figura 10) no alcanzó una asíntota, lo que sugiere que el muestreo realizado fue insuficiente para representar adecuadamente la diversidad alfa del fragmento de bosque estudiado. Este resultado indica que se requiere un muestreo más exhaustivo, con el fin de obtener una imagen más completa de la diversidad alfa de especies vegetales, lo que a su vez conduciría a comprender con mayor precisión este tipo de ecosistema. Los altos valores de disimilitud, observados en la matriz de Bray-Curtis (Tabla 1), indican una alta diversidad beta y una elevada heterogeneidad del bosque. La baja disimilitud entre los transectos 4-10 y 7-10 podría explicarse por la cercanía entre ellos, lo que favorece una mayor similitud en las especies presentes.

## **6. Conclusiones**

La estructura y composición florística refleja el estadio sucesional intermedio que atraviesa el área de estudio.

La diversidad en el área muestreada fue relativamente alta con respecto a otros bosques andinos en altitudes similares.

Es necesario ampliar el área de muestreo para obtener una representación más completa de la diversidad.

Con base en los resultados y considerando el propósito de la reserva, es evidente la recuperación ecológica que está experimentando este fragmento de bosque y la importancia de conservarlo.

**Referencias Bibliográficas**

- Alvarado Reyes, A. J., Rosero Lasprilla, L., & Jara Muñoz, O. A. (2024). Estructura y composición florística de un bosque subandino en Togüí (Boyacá, Colombia). *Biota Colombiana*, 25, 1-16. <https://doi.org/10.21068/2539200X.1202>
- Amos, B. (2007). Una guía simple para la certificación del turismo sostenible y el ecoturismo. *Center for Ecotourism and Sustainable Development*, 1, 1–32. <https://doi.org/10.18235/0009400>
- Ariza Cortés, W., Toro Murillo, J. L., & Loes Medina, A. (2009). Floristic and structural analysis of premontane humid forests in Amalfi (Antioquia, Colombia). *Colombia Forestal*, 12, 81–102.
- Armenteras, D., Espelta, J. M., Rodríguez, N., & Retana, J. (2017). Deforestation dynamics and drivers in different forest types in Latin America: Three decades of studies (1980–2010). *Global Environmental Change*, 46, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.002>
- Armenteras, D., Gast, F., & Villareal, H. (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological Conservation*, 113, 245–256. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00359-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00359-2)
- Ávila-Sánchez, P., Sánchez-González, A., Catalán-Heverástico, C., Almazán-Núñez y J. Jiménez-Hernández, R. C., & Jiménez-Hernández, J. (2018). Patrones de riqueza y diversidad de especies vegetales en un gradiente altitudinal en Guerrero, México. *Polibotánica*, 101–113. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.8>
- Bernal, R., Gradstein, M., Celis, Gradstein, S., Celis, M., Colombia, D., Gradstein, S., Pacheco, M., & Orozco, C. (2016). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Universidad Nacional

de Colombia.

- Bray, J. R., Curtis, J. T., & Roger, J. (1957). An ordination of the plant forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27, 325–349.
- Camargo Espitia, N. A., Gil-Leguizamón, P. A., & Morales-Puentes, M. E. (2019). Vegetación de un bosque subandino en Bolívar, Santander-Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 67, 989–998. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.32169>
- Camargo Sierra, C. A. (2022). Estructura y composición florística de un bosque subandino en San José de Suaita, Santander. In *Trabajo de grado de Biología. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia*. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/11969>
- Campo, J. M. (2010). Estructura, riqueza y composición de plantas arborescentes en un bosque de niebla entresacado del Tolima (Colombia). *Acta Biologica Colombiana*, 15, 247–262.
- Cano, Á., & Stevenson, P. R. (2009). Diversidad y composición florística de tres tipos de bosque en la estación Biológica Caparú, Vaupés. *Colombia Forestal*, 12, 63–80.
- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84, 45–67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- ColPlantA (2025). "Useful Plants of Colombia. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <https://colplanta.org/> Retrieved 04 April 2025."
- Cortés-Ballén, L., Camacho-Ballesteros, S., & Matoma-Cardona, M. (2020). Study of the composition and structure of the Andean forest in Potrero Grande, Chipaque (Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgacion Científica*, 23, 1–10.

<https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1483>

Duarte Olarte, M. A., Abimelec Suarez, N., Oliveros Prada, S. E., Lucena Rueda, S., & Baron, A. (2005). *Microcuenca río Tona* (Issue 5, pp. 1–166). Plan de ordenamiento y manejo ambiental.

Dueñas, A., Betancur, J., & Galindo, R. (2007). Estructura y composición florística de un bosque húmedo tropical del Parque Nacional Natural Catatumbo Barí, Colombia. *Revista Colombia Forestal*, 10, 6–15.

FAO (2015). Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA) 2015. Referencia documental. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, Roma.

Galindo-T., R., Betancur, J., & Cadena-M., J. J. (2003). Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del Santuario de Flora y Fauna Guanetá-Alto río Fonce, Cordillera Oriental colombiana. *Caldasia*, 25, 313–335.

GBIF. (2025). *Global Biodiversity Information Facility*. <https://www.gbif.org>.

Gentry, A. H. (1982). Patterns of neotropical plant species diversity. *Missouri Botanical Garden*, 5, 1–84.

Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75, 1–34. <https://doi.org/10.2307/2399464>

Gentry, A. H. (1995). Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests. In S. P. Churchill, H. Balslev, E. Forero, & J. L. Luteyn (Eds.), *Biodiversity and conservation of neotropical montane forests* (pp. 103–126). New York Botanical Garden.

Gomez-Pompa, A. (1971). Posible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical. *Biotropica*, 3, 125. <https://doi.org/10.2307/2989816>

- Hernández, P., & Giménez, A. M. (2016). Diversidad, composición florística y estructura en el Chaco Serrano, Argentina. *Madera y Bosques*, 22, 37–48. <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2231455>
- Hill, M. O. (1973). Diversity and Evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54(2), 427–432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- IDEAM (2017). Atlas Climatológico de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Bogotá, D.C. Colombia, 266.
- Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia (2004 y continuamente actualizado). Colecciones en Línea. Publicado en Internet <http://www.biovirtual.unal.edu.co> [accesado el 13-05-2024].
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Jost, L. (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88, 2427–2439. <https://doi.org/10.1890/06-1736.1>
- Kessler, M., Grytnes, J., & Halloy, S. (2004). Gradientes de diversidad vegetal: patrones y procesos locales. In S. K. Herzog, R. Martínez, P. M. Jørgensen, & H. Tiessen (Eds.), *Cambio Climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales* (pp. 235–254). Inter-American Institute of Global Change Research (IAI), São José dos Campos, Brazil, and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Paris, France.
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. In *Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico*.
- Medina, R., Reina, M., Herrera, E., Ávila, F. A., Chaparro, O., & Cortés B, R. (2010). Catálogo

- preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la Cuchilla el Fara (Santander-Colombia). *Colombia Forestal*, 13, 55–85.  
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2010.1.a03>
- Mendoza, H., & Ramírez, B. (2006). *Guía ilustrada de géneros de Melastomataceae y Memecylaceae de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Missouri Botanical Garden. (2025). *Tropicos.org*. <https://www.tropicos.org>.
- Mora, C., Rodríguez, E., Pérez, J., González, M., Yerena, J., & Cuellar, L. (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 12, 29–34.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. In *M&T-Manuales y Tesis SEA* (Vol. 1). Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA).
- Pereira Prado, M. M. (2020). *Catálogo florístico: manual de árboles y arbustos representativos de la U.D.C.A 58*. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.
- Quintero Vallejo, E., Benavides, A. M., Moreno, N., & González-Caro, S. (2017). *Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia*. (1 ed). Fundación Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe Programa Bosques Andinos (COSUDE).
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. <https://www.r-project.org/>
- Rangel-Ch, J. O., Lowy-C, P. D., & Aguilar-P, M. (1997). Distribución de los tipos de vegetación en las regiones. *Colombia Diversidad Biotica II, February 2020*, 383–402.
- Rodríguez-Alarcón, S., Rodríguez-Eraso, N., Pineda-Rincón, I., & López-Camacho, R. (2018). Effects of fragmentation on functional diversity associated with aboveground biomass in a

high Andean forest in Colombia. *Landscape Ecology*, 33, 1851–1864.  
<https://doi.org/10.1007/s10980-018-0719-8>

Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M., & Romero, M. (2006). *Ecosistemas de los Andes colombianos* (C. M. Villa G & M. M. Gaitán U (eds.)). Inventario Nacional de la Biodiversidad; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Salazar, A. (2019). Diversidad florística y estructura en tres áreas del bosque protector pedro franco dávila , recinto Jauneche , cantón Palenque , año 2019. In *Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal de la Universidad técnica estatal de Quevedo, Facultad de ciencias ambientales*.  
<http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3761/1/T-UTEQ-0091.pdf>.

Sanín, D., & Duque, C. A. (2006). Estructura y composición florística de dos transectos localizados en la reserva forestal protectora Río Blanco (Manizales, Caldas, Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 10, 45–75.

Schuhli Kieras, W., Amaral Machado, do A., Libanio Pelissari, A., Costa Cysneiros, V., & Alves da Silva, S. (2021). Influence of the Lauraceae family on the dynamics of a mixed ombrophilous forest remnant. *Floresta*, 51, 127–136. <https://doi.org/10.5380/rf.v51>

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* (C. M. Viila G (ed.)). Programa Inventarios de Biodiversidad; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

## Apéndices

## Apéndice A

Especies vegetales encontradas en el fragmento de bosque andino en la reserva natural “El Carajo”.

Especie	Familia	Abundancia por transecto									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Aiphanes cf lindeniana</i> (H.Wendl.) H.Wendl.	Arecaceae		2		1		1				4
<i>Alchornea cf latifolia</i> Sw.	Euphorbiaceae				1						
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	Euphorbiaceae	1	1					1			
<i>Alchornea</i> sp. 1	Euphorbiaceae										1
<i>Alchornea</i> sp. 2	Euphorbiaceae										3
Annonaceae sp.	Annonaceae								1		
<i>Billia rosea</i> (Planch. & Linden) C.Ulloa & P.M.Jørg.	Sapindaceae		4							1	
<i>Blakea</i> sp	Melastomataceae			4							
<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	Urticaceae				2						1
Burseraceae sp. 1	Burseraceae							3			2
Burseraceae sp. 2	Burseraceae	2									
<i>Casearia</i> sp.1	Salicaceae								1		
<i>Casearia</i> sp. 1	Salicaceae					1					
<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J.St.-Hil.) Hoerold	Ericaceae			4							
<i>Cecropia</i> sp.	Urticaceae					3					
<i>Chamaedorea linearis</i> (Ruiz & Pav.) Mart.	Arecaceae					3			1		
<i>Chamaedorea pinnatifrons</i> (Jacq.) Oerst.	Arecaceae								1	6	
<i>Clusia ellipticifolia</i> Cuatrec.	Clusiaceae			2			1	1			
<i>Clusia schomburgkiana</i> (Planch. & Triana) Benth. ex Engl.	Clusiaceae	5		9	1			4			1
<i>Clusia</i> sp. 1	Clusiaceae					1					
<i>Clusia</i> sp. 1	Clusiaceae	1									
<i>Cordia</i> sp. 1	Boraginaceae							1			
<i>Coussapoa villosa</i> Poepp. & Endl.	Urticaceae									4	1
<i>Critoniopsis glandulata</i> (Cuatrec.) H.Rob.	Asteraceae		1	7				2			
<i>Cyathea squamipes</i> Klotzsch	Cyatheaceae	1	3		2	1	6	4	7	4	4
<i>Cybianthus</i> sp. 1	Primulaceae							1			



Especie	Familia	Abundancia por transecto												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Sapotaceae sp. 1	Sapotaceae		2											
<i>Saurauia omichlophila</i> R.E.Schult.	Actinidaceae		1											
<i>Sloanea</i> sp. 1	Elaeocarpaceae				1	1								
<i>Solanum</i> sp. 1	Solanaceae					1								
<i>Solanum</i> sp. 2	Solanaceae						1							
<i>Solanum</i> sp. 4	Solanaceae												1	
<i>Symplocos</i> sp. 1	Symplocaceae									1				
<i>Symplocos</i> sp. 2	Symplocaceae													1
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	Urticaceae												1	
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Hypericaceae				1			1						1
<i>Vismia</i> cf. <i>baccifera</i>	Hypericaceae							2						
<i>Wettinia</i> sp. 1	Arecaceae	3	1											
<i>Wettinia</i> sp. 2	Arecaceae	4			11			1	1					5
<i>Zanthoxylum melanostictum</i> Schltld. & Cham.	Rutaceae				2				3					
		36	30	40	35	33	29	38	30	29	40			
<b>79 morfoespecies</b>	<b>37 familias</b>	<b>340 individuos</b>												

