

Artículo

Estructura y composición florística de un bosque subandino en Togüí (Boyacá, Colombia)

Structure and floristic composition of a sub-Andean forest in Togüí (Boyacá, Colombia)

Anderson Javier Alvarado-Reyes  ^{ab}, Liliana Rosero-Lasprilla ^a, Orlando Adolfo Jara-Muñoz ^c

^a Grupo de Investigación Biología para la Conservación, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

^b Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Brasil

^c Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia

Recibido: agosto 23, 2023

Aceptado: enero 18, 2024

Publicado en línea: marzo 11, 2024

<https://doi.org/10.21068/2539200X.1202>



Resumen

Se caracterizó la estructura y composición florística de un bosque subandino en Togüí (Boyacá, Colombia). Se muestrearon 10 transectos de 50 x 2 m (0,1 ha), registrando individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mínimo de 1 cm. El análisis se centró en la composición florística, la importancia ecológica de las familias y las especies, así como en la estructura vertical y horizontal del bosque. Se registró un total de 287 individuos, 68 especies y 34 familias de plantas. Estas cifras indican una menor riqueza de especies e individuos en comparación con otros bosques subandinos. Las familias Clusiaceae, Lauraceae y Rubiaceae resultaron ser las de mayor importancia ecológica. El patrón de distribución diametral siguió una forma de J invertida, y el dosel del bosque alcanzó una altura de 23 metros. Se resalta la importancia ecológica de *Alfaroa williamsii* Ant. Molina (Juglandaceae), una especie raramente documentada en el país.

Palabras clave: *Alfaroa williamsii*, flora andina, flora de Colombia, registros biológicos.

Abstract

This research characterizes the structure and floristic composition of a sub-Andean forest in Togüí (Boyacá, Colombia). Ten transects of 50 x 2 m (0.1 ha) were sampled, recording individuals with a minimum diameter at breast height (DBH) of 1 cm. The analysis focused on the floristic composition, the ecological importance of families and species, and the vertical and horizontal structure of the forest. A total of 287 individuals, 68 species and 34 plant families were recorded. These numbers indicate lower species and individual richness when compared to other sub-Andean forests. The families Clusiaceae, Lauraceae and Rubiaceae were found to be the most ecologically important. The diametric distribution pattern followed an inverted J-shape, and the forest canopy reached a height of 23 meters. The study highlights the ecological importance of *Alfaroa williamsii* Ant. Molina (Juglandaceae), a species rarely documented in the country.

Keywords: *Alfaroa williamsii*, Andean flora, Colombian flora, biological records.

Introducción

Los Andes tropicales se consideran una prioridad de conservación a nivel mundial por concentrar una elevada diversidad biológica y a la vez agrupar núcleos de explotación de recursos naturales (Myers et al., 2000; Vargas & Velasco, 2008; Antonelli & Sanmartín, 2011). En Colombia se ha perdido más del 74 % de la cobertura de los bosques andinos (Instituto Humboldt, 2002; Rudas et al., 2007), siendo la franja de bosque subandino (1000-2400 m s. n. m.) una de las más fragmentadas por presentar condiciones favorables para la agricultura y la ganadería (Cuatrecasas, 1989; Rudas et al., 2007).

Los remanentes del bosque subandino prestan servicios de polinización, recreación, prevención de derrumbes y protección de fuentes hídricas (Anderson et al., 2017). Así mismo, estos remanentes albergan elementos florísticos que proporcionan evidencia sobre las dinámicas biogeográficas de la flora neotropical (Van Der Hammen & Cleef, 1983). La estructura de la vegetación de los bosques subandinos en Colombia es dominada por elementos arbustivos y arbóreos cuya altura y diversidad específica se reduce conforme aumenta la elevación (Cuatrecasas, 1989; Sanín & Duque, 2006). En esta franja de vegetación, familias como Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae han reportado la mayor riqueza de especies (Galindo et al., 2003; Ariza et al., 2009; Campo, 2010; Trujillo & Henao, 2018).

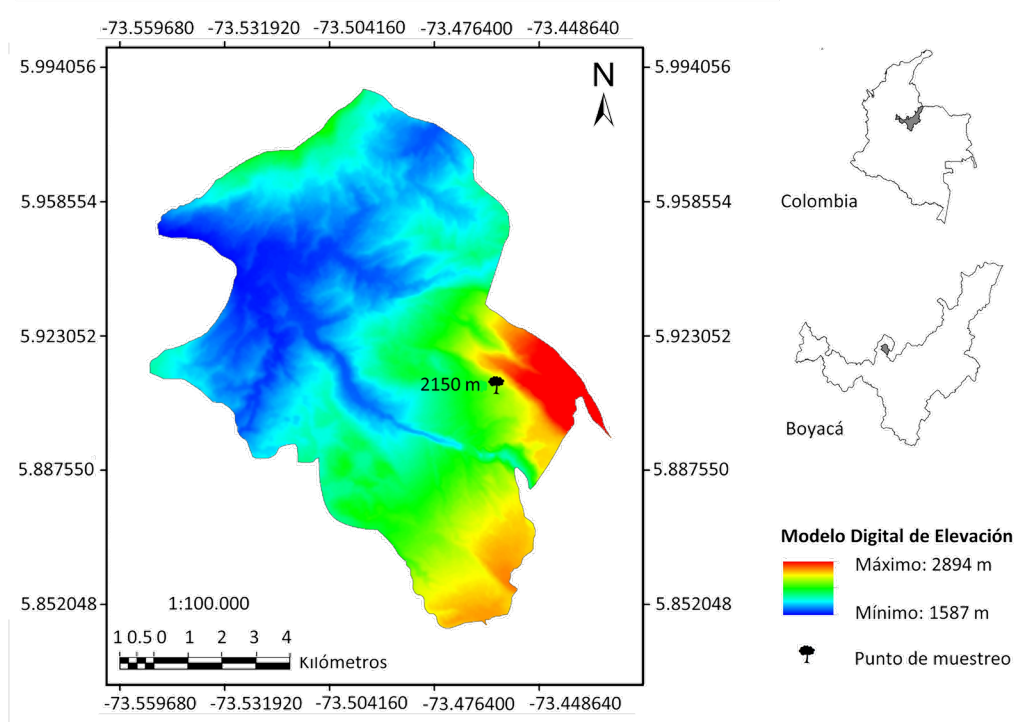
Sin embargo, las actividades antrópicas están desempeñando un papel significativo en la transformación y degradación del bosque subandino. Esto ocasiona la pérdida de conectividad entre fragmentos y la alteración en la composición de especies (Armenteras & Rodríguez, 2014; Mayer, 2019).

Pese a que la mayor área remanente de bosque subandino en Colombia se ubica en la cordillera Oriental (Armenteras et al., 2003; Morales & Armenteras, 2013), se conocen pocos estudios dedicados a conocer su diversidad florística y estructural en esa región. Con el ánimo de contribuir al conocimiento florístico de los bosques de la cordillera Oriental colombiana, se caracterizó el área de un bosque subandino ubicado en el municipio de Togüí, Boyacá, y se comparó con la diversidad y estructura de otros bosques subandinos estudiados.

Materiales y métodos

Área de estudio

Los muestreos se realizaron a 2150 m s. n. m. en la vertiente occidental de la cordillera Oriental colombiana, en el departamento de Boyacá, municipio de Togüí, en el sector alto de la vereda Carare (5°54'40,3" N 73°27,5'6,2" W) (Figura 1). Este bosque presenta un régimen de precipitación

Figura 1. Ubicación de la zona de muestreo en Togüí y modelo digital de elevación.

bimodal, una temperatura media anual de 15,5 °C, y una precipitación anual de 1363 mm (Fick & Hijmans, 2017). El bosque estudiado se encuentra contiguo a zonas de pastoreo de ganado vacuno y en zonas cercanas se presentan conflictos socioambientales debido a la minería de sílice.

Muestreo

El muestreo se llevó a cabo entre octubre de 2019 y febrero de 2020. Se aplicó la metodología de “inventario rápido” propuesta por Gentry (1982), muestreando un área de 0,1 ha, dividida en diez transectos de 50 × 2 m (100 m²) cada uno. Los transectos se levantaron aleatoriamente separados entre sí por 5 m, buscando zonas sin evidencia de intervención humana. Se censaron los individuos que tuviesen un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 1 cm. A cada individuo se le registró la altura y el DAP. En el caso de plantas que ramificasen por debajo de la altura del pecho, se midió independientemente cada ramificación y se dividió en el número total de tallos. Los ejemplares

testigos fueron depositados en el Herbario Nacional Colombiano (COL).

Tratamiento de la información

La identificación de las muestras se llevó a cabo en el herbario COL, se consultó literatura especializada y se revisaron imágenes digitales de distintos recursos en línea como la base de datos [JSTOR Global Plants](#) para la consulta de especímenes tipo, así como los recursos [Rapid Reference Project](#) del Field Museum de Chicago y el [herbario virtual UDBC](#) de la Universidad Distrital. La ortografía de los nombres se ajustó de acuerdo con el [International Plant Names Index](#), las sinonimias y validez de los nombres fue consultada en [Tropicos](#) y los nombres de las familias siguen el sistema [APG IV \(2016\)](#).

El área basal (AB) de cada individuo se calculó transformando los valores de DAP con la fórmula:

$$AB = \pi \left(\frac{DAP}{2} \right)^2$$

La importancia ecológica se obtuvo con el índice de valor de importancia de cada especie (IVI) que se calculó según la siguiente ecuación:

$$IVI = DeR + FR + DoR$$

DeR = (número de individuos que pertenecen a la especie / número total de individuos) x 100; FR = (número de transectos donde se presenta la especie / número total de transectos) x 100; DoR = (sumatoria del AB para la especie / sumatoria del AB para todos los individuos) x 100.

De igual forma, la importancia ecológica de cada familia (IVF) se obtuvo como la sumatoria de la densidad, dominancia y frecuencia relativa de cada familia (Rangel & Velázquez, 1997). La distribución de las variables ecológicas altura y DAP se analizó construyendo intervalos (h) de clase mediante la regla de Scott (1979):

$$h = 3,5 sn - 13$$

s = desviación estándar; n = número de datos.

Resultados

Diversidad y composición florística

Se registraron 287 individuos, con una riqueza de 68 especies pertenecientes a 34 familias (Anexo 1). Al incluir individuos ≥ 1 cm de DAP —no solo los de $\geq 2,5$ cm de DAP, como se realiza en la metodología original de Gentry (1982)—, la riqueza aumentó en 11 especies y 86 individuos. Las angiospermas representaron el 96 % de la riqueza total con 50 especies de eudicotiledóneas, 17 magnólicas y dos monocotiledóneas; las gimnospermas estuvieron representadas por *Podocarpus oleifolius* D. Don ex Lamb.; y los monilofitos por una *Cyathea squamipes* H. Karst.

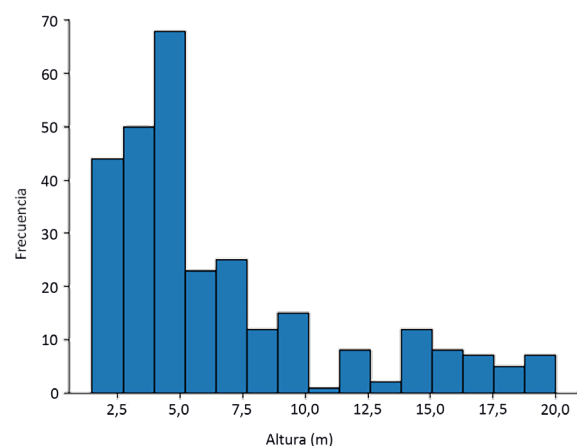
Estructura

Pueden reconocerse dos estratos en el bosque: uno inferior, donde se concentra cerca del 80 % de los individuos, con una mayor frecuencia de individuos entre 2 y 5 m de altura, compuesto principalmente por especies de las familias Arecaceae, Lauraceae, Clusiaceae y Rubiaceae; y uno superior, donde los individuos se distribuyen desde 14 m hasta casi 20 m de altura, la mayor frecuencia ronda los 15 m y

abundan especies como *Alfaroa williamsii* (Juglandaceae), *Billia rosea* (Planch. & Linden) C. Ulloa & M.Jørg (Sapindaceae), *Clusia multiflora* Kunth. (Clusiaceae), *Clethra fagifolia* Kunth. (Clethraceae), *Quercus humboldtii* Bonpl. (Fagaceae), *Andesanthus lepidotus* (Humb. & Bonpl.) P.J.F.Guim. & Michelang. (Melastomataceae) y *Viburnum tinoides* L. f. (Adoxaceae) (Figura 2). La distribución altimétrica de las especies en este levantamiento muestra que algunas están restringidas a ciertas altitudes (Figura 3). Además, no se registraron lianas.

Las mayores abundancias se registraron en las familias Clusiaceae (37 individuos), Lauraceae (32) y Rubiaceae (30). El 44 % de las especies encontradas presentó un solo individuo. Las especies más frecuentes fueron *C. multiflora* y *Ladenbergia macrocarpa* (Vahl) Klotzsch, presentes en 7 de los 10 transectos. El área basal total fue de 4,4 m², donde *C. multiflora* representó el 18,7 %, seguida de *Q. humboldtii* y *B. rosea* con el 12,4 % y 8,8 %, respectivamente. El 76 % de la abundancia (217 individuos) se distribuyó en el intervalo de 1 a 10,3 cm y no se registraron individuos entre los intervalos de 72 a 92,5 cm (Figura 5). Algunas especies en este levantamiento están restringidas a ciertos valores de DAP (Figura 4).

Figura 2. Histograma de alturas para individuos con DAP > 1 cm en 0,1 ha de bosque subandino del municipio de Togüí.



Notas. Número de rangos calculado según la fórmula de Sturges.

Figura 3. Distribuciones altimétricas por especies con individuos de DAP ≥ 1 cm en 0,1 ha en un bosque subandino del municipio de Togüí.

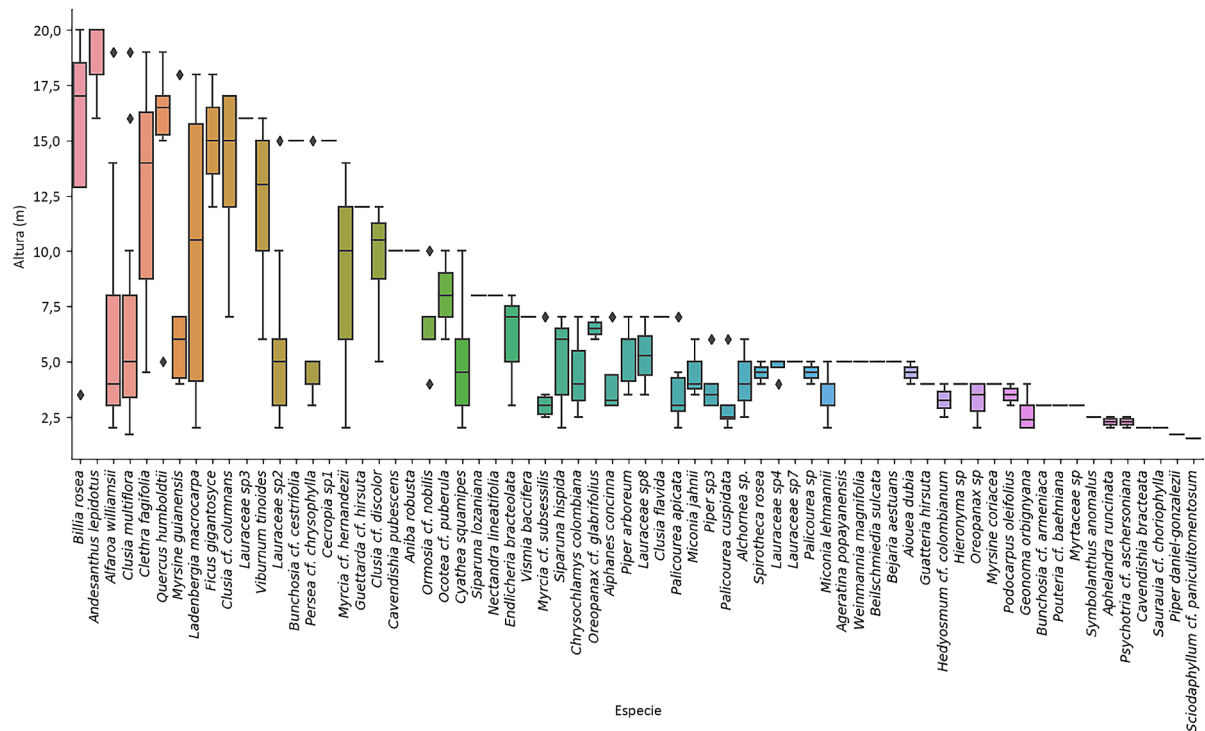


Figura 4. Distribución diamétrica de los individuos de cada especie con DAP $\geq 1,0$ cm en 0,1 ha en un bosque subandino del municipio de Togüí.

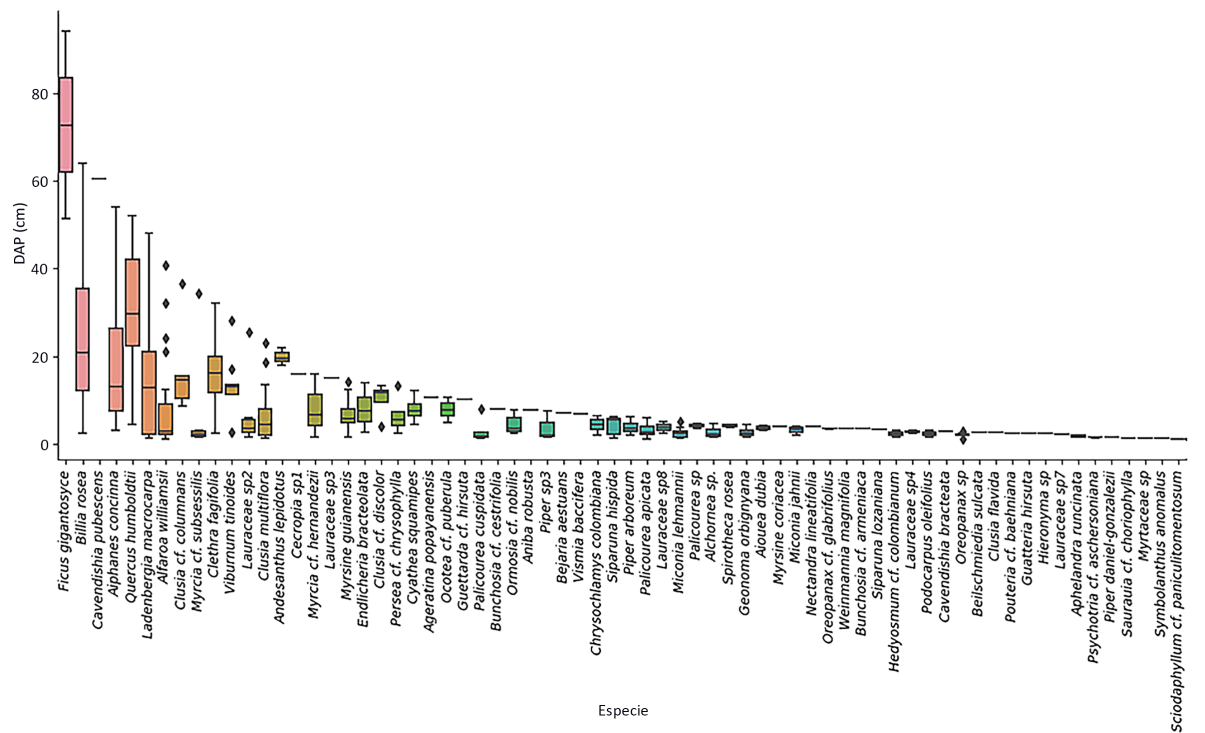


Figura 5. Distribución diamétrica de individuos con DAP ≥ 1 cm por intervalos de frecuencia en 0,1 ha en un bosque subandino del municipio de Togüí.

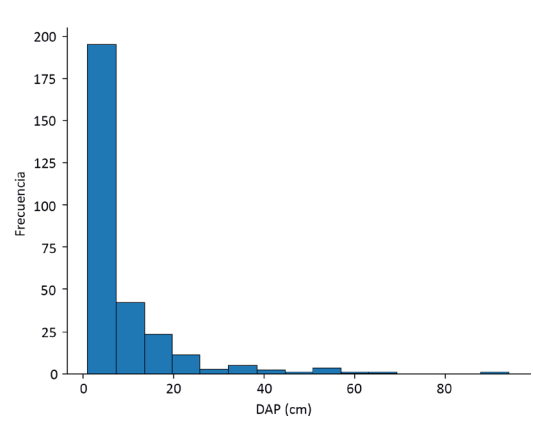


Figura 6. Quince especies con mayor porcentaje del índice de valor de importancia (IVI) en 0,1 ha de bosque subandino en el municipio de Togüí.

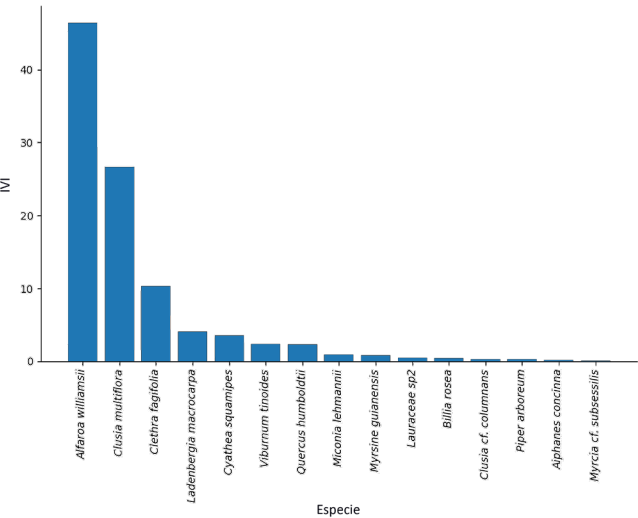
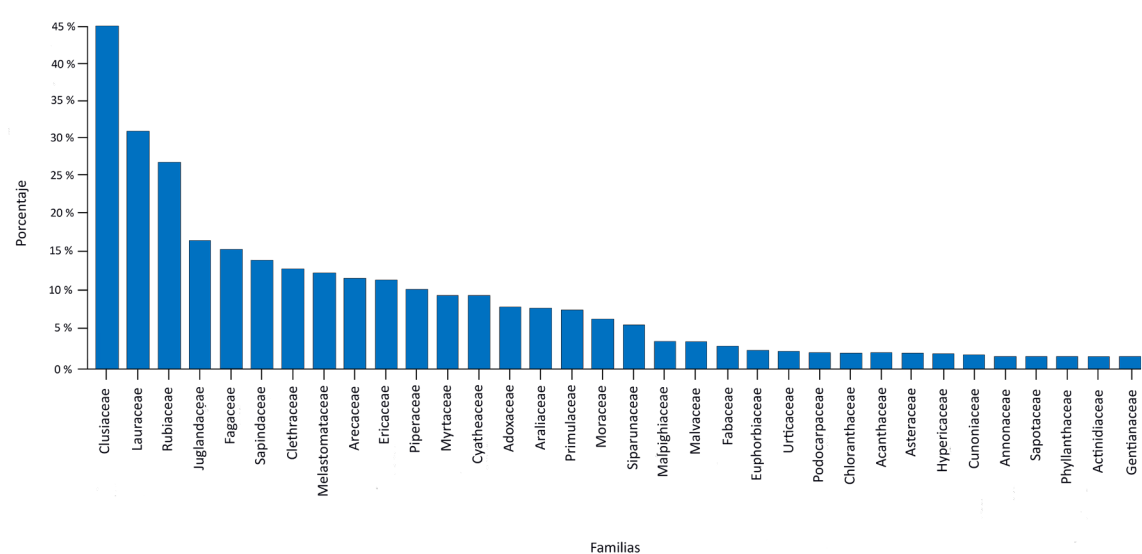


Figura 7. Índice de valor de importancia para las familias (IVF) en 0,1 ha de bosque subandino en el municipio de Togüí.



Índice de valor de importancia (IVI)

Los mayores valores de DAP los obtuvieron *Cavendishia pubescens* (Kunth) Hemsl. (60,5 cm), *B. rosea* (64 cm) y un individuo de *Ficus gigantocyce* Dugand, el cual ocupó el último intervalo con 95 cm de DAP. El 50 % de las especies representó el 82,5 % de la abundancia total. Dentro de las especies con mayor IVI se encuentran *A. williamsii*, *C. multiflora* y *C. fagifolia* (Figura 6).

Índice de valor de importancia de familias (IVF)

Las familias con mayor representatividad ecológica de acuerdo con el IVF son Clusiaceae, Lauraceae y Rubiaceae (Figura 7). Algunas familias como Juglandaceae y Fagaceae, que registraron solo una especie, ocuparon porcentajes altos del índice debido a su elevada abundancia y área basal, respectivamente. Los valores más bajos del índice los tuvieron familias con una especie y un individuo.

Discusión

Composición florística

Un incremento en la riqueza y la abundancia al ajustar la metodología de [Gentry \(1982\)](#), que solo considera individuos con un DAP $\geq 2,5$ cm, fue esperable. Esto se ha constatado en otros levantamientos florísticos con individuos de DAP inferior a 2,5 cm en distintos tipos de bosque ([Franco et al., 1997](#); [Galindo et al., 2003](#); [Mendoza, 1999](#)).

El número de especies con individuos de DAP $\geq 2,5$ cm en 0,1 ha en el bosque estudiado fue menor a la esperada (61 vs. 82 especies) según la tendencia para bosques a elevaciones de 2150 m ([Gentry, 1995](#)), en comparación con levantamientos en altitudes similares ([Tabla 1](#)).

Atributos como menor riqueza y abundancia de la esperada respecto a otras comunidades vegetales en condiciones ambientales similares han sido señalados

como característicos de los bosques secundarios ([Chokkalingam & De Jong, 2001](#); [DeWalt et al., 2003](#)). Por su parte, factores como la baja precipitación y la historia de uso de los bosques pueden ser causantes de la baja riqueza ([Campo, 2010](#)).

Los géneros y familias encontradas en el área de estudio corresponden con lo reportado para otros bosques subandinos ([Cuatrecasas, 1989](#)), donde familias como Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae son las de mayor riqueza en bosques andinos entre los 1500 y 2500 m de altitud ([Gentry, 1995](#); [Trujillo & Henao, 2018](#)), a excepción de Melastomataceae, que tuvo una baja representación, siendo reemplazada por Clusiaceae ([Tabla 2](#)). Así mismo, los géneros más abundantes en parcelas permanentes en la cordillera Oriental (*Alchornea*, *Alfaroa*, *Billia*, *Clusia*, *Cyathea*, *Ladenbergia*, *Miconia* y *Quercus*) están presentes en este estudio ([Álvarez et al., 2007](#)).

Tabla 1. Riqueza y abundancia florística de bosques andinos ubicados entre 1500 y 2500 m de altitud para individuos con DAP $\geq 2,5$ cm en un área de 0,1 ha.

Localidad	Elevación (m s. n. m.)	Riqueza de especies	Abundancia	Fuente
Incahuara (BOL)	1540	147	523	Gentry, 1995
Antandó (COL)	1560	160	388	Gentry, 1995
Maquipucuna (ECU)	1600	123	438	Gentry, 1995
Reserva el Cajete (COL)	1700	28	385	López et al., 2015
Chirinos (COL)	1750	97	389	Gentry, 1995
La Planada (COL)	1800	121	433	Gentry, 1995
Venceremos (PER)	1850	159	514	Gentry, 1995
Farallones de Cali (COL)	1950	134	302	Gentry, 1995
El Cedral (COL)	2140	120	531	Gentry, 1995
Carare Alto (COL)	2150	61	201	El presente estudio
Cutervo (PER)	2230	96	469	Gentry, 1995
La Soledad (COL)	2250	77	382	Duque & Sierra, 2022
Finca Mehrenberg (COL)	2290	107	364	Gentry, 1995
Reserva Carpanta (COL)	2370	75	354	Gentry, 1995

Notas. BOL = Bolivia, COL = Colombia, ECU = Ecuador, PER = Perú.

Tabla 2. Familias más importantes por riqueza de especies en estudios florísticos con individuos $\geq 2,5$ cm de DAP según [Gentry \(1995\)](#).

Localidad	Elevación (m s. n. m.)	LAU	MEL	RUB	MOR	AST	CLU	FAB	ARE	EUPH	MYR
La Planada (COL)	1800	5	10	8	10	2	5	7	6	4	5
Farallones de Cali (COL)	1950	12	10	10	7	1	7	4	3	9	1
Finca Zingara (COL)	1990	10	11	14	4	1	4	4	1	5	6
El Cedral (COL)	2140	12	10	5	4	8	4	2	5	2	2
Togüí (COL)	2150	12	3	5	1	1	6	1	2	1	2
Finca Mehrengerg (COL)	2290	11	10	8	7	7	4	2	3	2	2
Cutervo (PER)	2230	16	8	8	1	4	2	1	3	3	2
Carpanta (COL)	2370	8	5	8	0	7	1	1	0	3	4

Notas. LAU = Lauraceae, MEL = Melastomataceae, RUB = Rubiaceae; MOR = Moraceae, AST = Asteraceae, CLU = Clusiaceae, FAB = Fabaceae, ARE = Arecaceae, EUPH = Euphorbiaceae, MYR = Myrtaceae; COL = Colombia, PER = Perú.

Tabla 3. Precipitaciones anuales en algunos bosques subandinos de Colombia, por cordillera y altitud.

Localidad	Departamento	Altitud (m s. n. m.)	Cordillera	Precipitación anual (mm)	Fuente
Popayán	Cauca	1700	Occidental	1935	López et al., 2015
Bolívar	Santander	1750	Oriental	2500	Camargo et al., 2019
Villeta	Cundinamarca	1830	Oriental	1800	Rodríguez et al., 2014
San Bernardo	Cundinamarca	2000	Oriental	1528	Rodríguez et al., 2018
Encino	Santander	2100	Oriental	3000	Ávila et al., 2010
Pereira	Risaralda	2140	Central	2743	Gentry, 1995
Carare Alto	Boyacá	2150	Oriental	1363	El presente estudio
Ibagué	Tolima	2340	Central	1636	Campo, 2010
La Sierra	Santander	2500	Oriental	1926	Galindo et al., 2003

La precipitación en el área de estudio podría explicar un menor número de especies, teniendo en cuenta que altas precipitaciones están relacionadas positivamente con aumentos con la riqueza ([Harrison et al., 2020](#); [Sekar et al., 2023](#)). Comparando la precipitación de otros bosques andinos de altitudes similares, en el área de estudio esta fue un 17 % inferior a la reportada en un bosque de la cordillera Central y hasta un 55 % más baja a la reportada para

un bosque de la cordillera Oriental ([Tabla 3](#)). Según los relatos de los habitantes, la caza es una práctica frecuente en los bosques de la vereda Carare Alto de Togüí. Sin embargo, las familias dominantes del bosque requieren servicios de dispersión para completar su ciclo de vida ([Fleming, 1979](#)). Por esta razón, se descarta a la defaunación como un agente importante de la comparativamente baja riqueza de especies. Además, en los ecosistemas afectados por

la pérdida de fauna hay prevalencia de especies anemócoras, una situación que no fue observada en este estudio (Harrison et al., 2013). Por el contrario, la presencia de *Pouteria* cf. *baehniiana* Monach. (Sapotaceae) indicaría la actividad de frugívoros grandes, importantes para mantener las dinámicas de metapoblaciones al transportar semillas a mayores distancias (Jordano et al., 2007).

Un número de especies comparativamente bajo también podría deberse a la fragmentación, un fenómeno que en Colombia se acentúa en la cordillera Oriental (Armenteras et al., 2003). La fragmentación produce la extinción local de especies al reducir directa e indirectamente los tamaños de las poblaciones, dificultar el movimiento de los individuos entre las subpoblaciones y reducir la eficacia biológica de las especies presentes en los fragmentos (García, 2011).

Al analizar la categoría de amenaza de las especies identificadas, *S. lozaniana* se reporta como Vulnerable (VU) (<https://www.iucnredlist.org/>) y *Aniba robusta* Mez., en Preocupación Menor (LC) (<https://www.iucnredlist.org/>).

Estructura

La estratificación vertical mostró que el 26 % de los individuos superó siete metros de altura. La máxima altura del dosel es similar a la registrada en otros bosques subandinos, que además coinciden en reportar que *Q. humboldtii* no supera 20 m altura (Sanín & Duque, 2006; Ávila et al., 2010; Camargo et al., 2019). La distribución diamétrica de los individuos tiene forma de J invertida, donde el mayor número de individuos se concentra en los primeros intervalos, lo cual ha sido ampliamente documentado para diferentes formaciones vegetales como bosques secos (Herazo, 2017), húmedos (Dueñas et al., 2007), bosques subandinos (Rodríguez et al., 2014) y bosques andinos y altoandinos (Bohórquez et al., 2012). En términos de la dinámica del bosque, una mayor abundancia en los primeros intervalos de altura y de clase diamétrica se relaciona con la regeneración de la comunidad, garantizando la futura

productividad y diversidad del bosque (Grubb, 1977; Hartshorn, 1980; Feitosa et al., 2023).

Importancia ecológica (IVI)

Pese a que el patrón de J invertida se puede reconocer en la estructura del bosque, este no ocurre en todas las especies. Aquellas con mayor importancia ecológica, como *C. multiflora* y *A. williamsii*, muestran procesos activos de regeneración, mientras que algunas como *Q. humboldtii*, *B. rosea*, *F. gigantosyce* y *A. lepidotus* se registran únicamente en los últimos intervalos de altura y DAP, con lo cual su reemplazamiento por individuos más jóvenes resulta menos probable. La ausencia de individuos de especies de dosel en los primeros intervalos de clase podría ser explicada por el hecho de que algunas especies arbóreas de bosques tropicales requieren de aberturas del dosel para iniciar procesos de regeneración (Clark & Clark, 1984); en otros casos, porque son especies poco frecuentes (p. ej., *F. gigantosyce*), lo que reduce la probabilidad de registrarlas en el área muestreada.

En Colombia, los bosques de roble se distinguen por la presencia de *Q. humboldtii*, la única representante de *Quercus* en el país y la más austral de este género (Van der Hammen, 2000; Avella et al., 2017), con una distribución altitudinal desde los 780 m hasta el límite de páramo (Avella et al., 2017). Esta especie ha sido reportada como un elemento arbóreo dominante en bosques andinos de Colombia (Cuatrecasas, 1989; Avella et al., 2017), particularmente en las vertientes más secas de las cordilleras (León et al., 2009), en congruencia con lo observado en el bosque estudiado.

A. williamsii se distribuye en las zonas montañosas de Colombia, Costa Rica, Nicaragua y Panamá (Molina, 1968; Idárraga et al., 2011; Monro et al., 2011; <http://www.plantsoftheworldonline.org>). En Colombia, su presencia está asociada a los bosques de roble, especialmente aquellos ubicados en la cordillera Oriental (Avella et al., 2017). Sin embargo, la particularmente alta abundancia de *A. williamsii* solo había sido reportada en otras dos localidades en bosques subandinos, una en el macizo colombiano (González et al., 2007) y otra en la

cordillera Oriental (Tinoco et al., 2014). En este estudio se añade una nueva localidad donde esta especie sobresale por su importancia ecológica.

La escasa presencia de especies de Asteraceae y del género *Weinmannia* en la zona de estudio puede atribuirse principalmente a las condiciones altitudinales. En Colombia, las especies de estos grupos son más predominantes en los bosques andinos que se sitúan a altitudes superiores a 2800 metros. (Vargas, 1986; Gil et al., 2022; Ramos et al., 2022).

Índice de Valor de Importancia de Familias (IVF)

La familia con mayor importancia ecológica fue Clusiaceae debido a su abundancia y a que su área basal constituye el 23 % de toda la comunidad. Aunque Lauraceae fue la familia con más especies, su área basal representó solo el 3,2 % del total. Las especies *C. multiflora* y *A. williamsii* son las más importantes del bosque debido a su área basal y abundancia. El parámetro área basal ya ha sido reportado como el más importante en otro bosque subandino, donde las especies arbóreas con los fustes más grandes tuvieron mayores valores del IVI (Camargo et al., 2019). Levantamientos florísticos de altitudes similares incluyen a Clusiaceae, Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae como las familias con mayor importancia ecológica, y además reportan a *Q. humboldtii* como una de las especies de mayor importancia. Esto coincide con lo aquí reportado, excepto por Juglandaceae, representada por *A. williamsii*, una especie también predominante en un bosque subandino en Villeta, Cundinamarca, Colombia (Rodríguez et al., 2014).

Dos bosques subandinos de la cordillera Central que no reportaron a Lauraceae como una familia de importancia ecológica enfrentan procesos de explotación por tala selectiva, una práctica que afecta particularmente a este grupo de plantas y que las ha hecho desaparecer casi por completo de algunos bosques andinos (Sanín & Duque, 2006; Campo, 2010). Esta situación no estaría ocurriendo en el bosque estudiado, donde Lauraceae fue una familia con una alta importancia ecológica.

Conclusiones

El área boscosa estudiada en la vereda Carare Alto del municipio de Togüí, Boyacá, corresponde a un bosque subandino secundario y heterogéneo con baja riqueza y abundancia respecto a la esperada de acuerdo con su altitud. La baja diversidad se explicaría por la baja precipitación, fenómenos de fragmentación y procesos de sucesión biológica resultantes de degradación pasada que pueden estar ralentizando la regeneración de algunas especies. El estado sucesional del bosque y su altitud explicarían la ausencia de lianas, aunque no se descarta el posible manejo forestal para un aprovechamiento futuro de madera. Los bosques secundarios tienden a recuperar diversidad y estructura cronológicamente si no son intervenidos. Además, son de gran importancia en la captura de carbono. En este caso, el bosque estudiado proporciona parte importante del suministro hídrico a las comunidades aledañas, por lo tanto, las autoridades ambientales deberían trabajar en su protección.

Agradecimientos

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y al Herbario Nacional Colombiano por permitir el uso de sus espacios para la realización del proyecto; a los botánicos del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia por la ayuda en la identificación de varios especímenes; a David Sanín por la ayuda en la identificación del espécimen de helecho; a la bióloga Manuela Alejandra Sánchez Quiroga por su ayuda en el trabajo de campo; a la señora Olga Murcia y su familia por el hospedaje durante las salidas de campo, a la comunidad de la vereda Carare alto de Togüí por su ardua lucha en la protección del bosque estudiado.

Referencias

Álvarez, E., Cogollo, A., Melo, O., Rojas, E., Sánchez, D., Velásquez, O., Jiménez, D. Benítez, C., Velásquez, M., Serna, J., Pérez, F., Cardona, & Devia, W. (2007). Monitoreo de los andes colombianos (2000-3000 m s. n. m.) a través del

- establecimiento de parcelas permanentes. En D. Armenteras, & N. Rodríguez (Eds.), *Monitoreo de los ecosistemas andinos 1985-2005: síntesis y perspectivas* (pp. 75-89). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Anderson, E. P., Marengo, J., Villalba, R., Halloy, S., Young, B., Cordero, D., Gast, F., Jaimes, E., & Ruiz, D. (2017). Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the tropical Andes. En S. K. Herzog, R. Martínez, P. M. Jørgensen, & H. Tiessen. *Climate change and biodiversity in the tropical Andes* (pp. 1-18). Fundación MacArthur.
- Angiosperm Phylogeny Group, Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., Mabberley, D. J., Sennikov, A. N., Soltis, P. S., & Stevens, P. F. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Antonelli, A., & Sanmartín, I. (2011). Why are there so many plant species in the Neotropics? *Taxon*, 60(2), 403-414. <https://doi.org/10.1002/tax.602010>
- Ariza, C. W., Toro-Murillo, J. L., & Lores-Medina, A. (2009). Análisis florístico y estructural de los bosques premontanos en el municipio de Amalfi (Antioquia, Colombia). *Colombia forestal*, 12(1), 81-102.
- Armenteras, D., & Rodríguez, N. (2014). Dinámicas y causas de deforestación en bosques de latinoamérica: una revisión desde 1990. *Colombia Forestal*, 17, 233-246. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.fo.2014.2.a07>
- 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(2), 245-256. [https://doi.org/10.1016/s0006-3207\(02\)00359-2](https://doi.org/10.1016/s0006-3207(02)00359-2)
- Ávila, F., Ángel, S. P., & López, R. (2010). Diversidad y estructura de un robledal en la Reserva Biológica Cachalú, Encino (Santander-Colombia). *Colombia forestal*, 13(1), 87-116. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.fo.2010.1.a04>
- Avella, M. A., Ávila, F., Dey, D., Kabrick, J., Lazaro-Toro, J., Parra, C. Rangel-Ch., J., Solano, C., & Stambaugh, M. (2017). *Colombia diversidad biótica XV: Los bosques de robles (Fagaceae) en Colombia: composición florística, estructura, diversidad y conservación*. Universidad Nacional de Colombia.
- Bohórquez, A. F., Sanín, D., & Silva, N. W. (2012). Estructura y composición arbórea de los bosques del diablo (San Félix, Salamina, Caldas), selva altoandina de la cordillera central colombiana. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 2, 39-52.
- 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(4), 989-998. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.32169>
- Campo, M. (2010). Estructura, riqueza y composición de plantas arborescentes en un bosque de niebla entresacado del Tolima (Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 15(2), 247-261.
- Chokkalingam, U., & De Jong, L. (2001). Secondary forest: a working definition and typology. *The International Forestry Review*, 3(1), 19-26.
- Clark, D. A., & Clark, D. B. (1984). Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen-Connell model. *The American Naturalist*, 124(6), 769-788. <https://doi.org/10.1086/284316>
- Cuatrecasas, J. (1989). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Pérez Arbelaez*, 11, 155-287.
- DeWalt, S. J., Maliakal, S. K., & Denslow, J. S. (2003). Changes in vegetation structure and composition along a tropical forest chronosequence: implications for wildlife. *Forest Ecology and*

- Management*, 182(1-3), 139-151.
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00029-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00029-X)
- Dueñas, A., Betancur, J., & Galindo, R. (2007). Estructura y composición florística de un bosque húmedo tropical del parque nacional natural Catatumbo Barí, Colombia. *Colombia forestal*, 10(20), 26-39.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.f.or.2007.1.a02>
- Duque-Castrillón, C. A., & Sierra-Giraldo, J. A. (2022). Estructura y diversidad florística de dos bosques andinos en el Resguardo Indígena Nuestra Señora Candelaria de La Montaña (Riosucio, Caldas, Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 26(2), 13-34.
<https://doi.org/10.17151/bccm.2022.26.2.1>
- Feitosa, R., Pujals, A., Kawakita, K., Pastorini, L., & Romagnolo, M. (2023). Forest dynamics in a remnant of the Atlantic Forest in the extreme North of the state of Paraná, Brazil: Dinâmica florestal em um remanescente de Mata Atlântica no extremo Norte do estado do Paraná, Brasil. *Concilium*, 23(14), 166-183.
<https://doi.org/10.53660/CLM-1612-23J42>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315.
<https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Fleming, T. (1979). Do tropical frugivores compete for food? *American Zoologist*, 19(4), 1157-1172.
<https://doi.org/10.1093/icb/19.4.1157>
- Franco-Roselli, P., Betancur, J., & Fernández, L. (1997). Diversidad florística en dos bosques subandinos del sur de Colombia. *Caldasia*, 19(1-2), 205-234.
- Galindo, R., Betancur, J., & Cadena, J. (2003). Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del santuario de flora y fauna Guanentá-Alto río Fonce, cordillera oriental colombiana. *Caldasia*, 25(2), 313-335.
- García, D. (2011). Efectos biológicos de la fragmentación de hábitats: nuevas aproximaciones para resolver un viejo problema. *Revista Ecosistemas*, 20(2), 1-10.
- Gentry, A. H. (1982). Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology*, 1-84.
https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6968-8_1
- Gentry, A. H. (1995). *Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests. Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests*. New York Botanical Garden.
- Gil-Leguizamón, P. A., Morales-Puentes, M. E., & Carrillo-Fajardo, M. Y. (2022). Species richness of the vascular plants of the Bijagual high Andean Forest, Colombia. *Acta Botánica Mexicana*, 128.
<https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1869>
- González, Y., Coca, A., & Cantillo, E. E. (2007). Estructura y composición florística de la vegetación del Corredor Biológico entre los Parques Nacionales Naturales Puracé y Cueva de los Guácharos. *Colombia Forestal*, 10(20), 40-78.
- Grubb, P. J. (1977). Maintenance of Species- Richness in Plant Communities - Importance of Regeneration Niche. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 52, 107-145.
- Harrison, D., Tan, S., Plotkin, B., Slik, F., Detto, M., Brenes, T., Itoh, A., & Davies, J. (2013). Consequences of defaunation for a tropical tree community. *Ecology Letters*, 16(5), 687-694.
<https://doi.org/10.1111/ele.12102>
- Harrison, S., Spasojevic, M. J., & Li, D. (2020). Climate and plant community diversity in space and time. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(9), 4464-4470.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1921724117>
- Hartshorn, G. S. (1980). Neotropical Forest Dynamics. *Biotropica*, 12(2), 23-30.
- Herazo, F. Y. (2017). Estructura y composición florística del bosque seco tropical en los montes de María (Sucre-Colombia). *Ciencia en Desarrollo*, 8(1), 71-82.

- <https://doi.org/10.19053/01217488.v8.n1.2017.5912>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2002). *Indicadores de fragmentación de los ecosistemas en áreas de interés*. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad, Unidad de Sistemas de Información Geográfica.
- Idárraga-Piedrahita, A., Ortiz, R. D. C., Callejas-Posada, R., & Merello, M. (2011). *Flora de Antioquia. Catálogo de las plantas vasculares* (Vol. 2). Universidad de Antioquia.
- Jordano, P., García, C., Godoy, J. A., & García-Cataño, J. L. (2007). Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(9), 3278-3282. <https://doi.org/10.1073/pnas.0606793104>
- León, J. D., Vélez, G. & Yepes, A. P. (2009). Estructura y composición florística de tres robledales en la región norte de la cordillera central de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 57(4), 1165-1182. <https://doi.org/10.15517/rbt.v57i4.5454>
- López, L., Mosquera, M., Pinto, J., Montoya, R., Reyes, V., & Pineda, S. (2015). Estructura y composición florística de la reserva forestal-Institución Educativa Cajete, Popayán (Cauca). *Revista Luna Azul*, (41), 131-151. <https://doi.org/10.17151/luaz.2015.41.8>
- Mayer, A. L. (2019). Family forest owners and landscape-scale interactions: A review. *Landscape and Urban Planning*, 188, 4-18. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.10.017>
- Mendoza, H. (1999). Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. *Caldasia*, 21(1), 70-94.
- Molina, R. A. (1968). Two New Nicaraguan Juglandaceae. *Fieldiana: Botany*, 31(16), 357-359.
- Monro, A. K., González, F., Santamaría, D., Chacón, O., Rodríguez, A., Solano, D., Zamora, N., & Correa, M. (2011). A first checklist to the vascular plants of La Amistad International Park (PILA), Costa Rica-Panama. *Phytotaxa*, 322, 1-283. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.322.1.1>
- Morales, M., & Armenteras, D. (2013). Estado de conservación de los bosques de niebla de los Andes colombianos, un análisis multiescalar. *Boletín Científico. Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 17(1), 64-72. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/bol-etincientifico/article/view/4521>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Ramos-Franco, A., Alvarado-Reyes, A., Montenegro-Rubiano, L. D., & Sandoval Mojica, A. C. (2022). Oportunidades de conservación del paisaje rural andino en el suroccidente de Tunja, Boyacá (Colombia). *Mutis*, 12(2). <https://doi.org/10.21789/22561498.1823>
- Rangel-Ch., O., & Velázquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. En O. Rangel, P. Lowy, & P. Aguilar, *Colombia diversidad biótica II: Tipos de Vegetación en Colombia* (pp. 59-87). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80774>
- Rodríguez, F. T., Barragán-Romero, J. B., & Esquivel, H. E. (2014). Estructura y composición florística de dos fragmentos de bosques premontanos en el municipio de Villeta, Cundinamarca. *Revista de Ciencias*, 18(2), 39-50. <https://doi.org/10.25100/rc.v18i2.6093>
- Rodríguez-Lombana, A. R., Beltrán-Gutiérrez, H. E., & Moreno, A. C. (2018). Caracterización florística del bosque subandino y algunas áreas disturbadas en San Bernardo (Cundinamarca), Colombia. *Biota Colombiana*, 18(2), 43-72. <https://doi.org/10.21068/c2017.v18n02a04>
- Rudas, G., Marcelo, D., Armenteras, D., Rodríguez, N., Morales, M., Delgado, L. C., & Sarmiento, A. (2007). *Biodiversidad y actividad humana:*

- relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Sanín, D., & Duque, C. (2006). Estructura y composición florística de dos transectos localizados en la Reserva Forestal Protectora de Río Blanco (Manizales, Caldas, Colombia) *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 10(1), 47-48.
<https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/bol-etincientifico/article/view/5951>
- Scott, D. W. (1979). On optimal and data-based histograms. *Biometrika*, 66(3), 605-610.
<https://doi.org/10.1093/biomet/66.3.605>
- Sekar, K. C., Thapliyal, N., Pandey, A., Joshi, B., Mukherjee, S., Bhojak, P., Bisht, M., Bhatt, D., Singh, S., & Bahukhandi, A. (2023). Plant species diversity and density patterns along altitude gradient covering high-altitude alpine regions of west Himalaya, India. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 1-15.
<https://doi.org/10.1080/24749508.2022.2163606>
- Tinoco, M. F., Barragán, R. B., & Esquivel, H. (2014). Structure and Floristic Composition of two Premontane Forests Fragments in the Municipality of Villeta Cundinamarca. *Revista de Ciencias*, 18(2), 39-50.
- Trujillo-C., W. & Henao-Cárdenas, M. (2018). Riqueza florística y recambio de especies en la vertiente orinoquense de los Andes, Colombia. *Colombia Forestal* 21(1), 18-33.
<https://doi.org/10.14483/2256201x.11848>
- Vargas, O. (1986). Estudios ecológicos en un relicto de bosque de *Weinmannia tomentosa* y *Drimys granadensis* en la región de Monserrate. *Pérez-Arbelaesia*, 1(3), 338-356.
- Vargas, O., & Velasco, L. P. (2008). Problemática de los bosques altoandinos. En O. Vargas (Ed.), *Estrategias para la restauración ecológica del Bosque Altoandino*. Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79849>
- Van der Hammen, T. (2000). Aspectos de historia y ecología de la diversidad norandina y amazónica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 24(91), 231-245.
- Van der Hammen, T., & Cleef, A. (1983). Datos para la historia de la flora andina. *Revista Chilena de Historia Natural*, 56(2), 97-107.

Anexos

Anexo 1. Especies registradas con DAP $\geq 1,0$ cm en 0,1 ha de un bosque subandino de la cordillera Oriental colombiana.

Especie	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa	Dominancia Relativa	IVI
<i>Alfaroa williamsii</i>	0,084	0,5	0,07584	27,40332
<i>Clusia multiflora</i>	0,084	0,8	0,02934	16,96157
<i>Clethra fagifolia</i>	0,035	0,7	0,07049	14,85701
<i>Ladenbergia macrocarpa</i>	0,042	0,6	0,06678	14,47823
<i>Quercus humboldtii</i>	0,021	0,2	0,12418	4,48699
<i>Cyathea squamipes</i>	0,045	0,6	0,01553	3,64792
<i>Viburnum tinoides</i>	0,031	0,3	0,03590	2,91881
<i>Ficus gigantosyce</i>	0,007	0,2	0,20322	2,44775
<i>Billia rosea</i>	0,014	0,2	0,08878	2,13873
<i>Aiphanes concinna</i>	0,014	0,3	0,05834	2,10804
<i>Myrsine guianensis</i>	0,035	0,6	0,01050	1,89650
<i>Myrcia</i> cf. <i>subsessilis</i>	0,021	0,4	0,02126	1,53615
<i>Lauraceae</i> sp2	0,031	0,3	0,01372	1,11535
<i>Clusia</i> cf. <i>columnans</i>	0,017	0,2	0,03476	1,04664
<i>Miconia lehmannii</i>	0,059	0,5	0,00200	0,51145
<i>Andesanthus lepidotus</i>	0,010	0,2	0,02104	0,38010
<i>Piper arboreum</i>	0,035	0,3	0,00274	0,24773
<i>Persea</i> cf. <i>chrysophylla</i>	0,017	0,3	0,00496	0,22422
<i>Siparuna hispida</i>	0,024	0,4	0,00258	0,21780
<i>Clusia</i> cf. <i>discolor</i>	0,014	0,2	0,00818	0,19697
<i>Cavendishia pubescens</i>	0,003	0,1	0,06481	0,19514
<i>Palicourea cuspidata</i>	0,028	0,5	0,00158	0,19029
<i>Palicourea apicata</i>	0,024	0,5	0,00152	0,15982
<i>Myrcia</i> cf. <i>hernandezii</i>	0,010	0,3	0,00537	0,14560
<i>Ormosia</i> cf. <i>nobilis</i>	0,017	0,4	0,00220	0,13271
<i>Oreopanax</i> sp	0,028	0,5	0,00060	0,07200
<i>Piper</i> sp3	0,021	0,2	0,00186	0,06709
<i>Endlicheria bracteolata</i>	0,010	0,1	0,00452	0,04083
<i>Geonoma orbignyana</i>	0,014	0,3	0,00058	0,02095
<i>Chrysochlamys colombiana</i>	0,010	0,2	0,00115	0,02086
<i>Ocotea</i> cf. <i>puberula</i>	0,007	0,1	0,00241	0,01454
<i>Cecropia</i> sp1	0,003	0,1	0,00453	0,01365
<i>Alchornea</i> sp	0,010	0,3	0,00049	0,01335

<i>Lauraceae</i> sp4	0,014	0,2	0,00053	0,01277
<i>Lauraceae</i> sp3	0,003	0,1	0,00398	0,01200
<i>Miconia jahnii</i>	0,010	0,2	0,00055	0,00988
<i>Spirotheca rosea</i>	0,007	0,2	0,00060	0,00724
<i>Ageratina popayanensis</i>	0,003	0,1	0,00203	0,00610
<i>Aiouea dubia</i>	0,007	0,2	0,00047	0,00568
<i>Guettarda</i> cf. <i>hirsuta</i>	0,003	0,1	0,00184	0,00555
<i>Palicourea</i> sp	0,007	0,1	0,00062	0,00374
<i>Bunchosia</i> cf. <i>cestrifolia</i>	0,003	0,1	0,00113	0,00341
<i>Lauraceae</i> sp8	0,007	0,1	0,00056	0,00339
<i>Aniba robusta</i>	0,003	0,1	0,00105	0,00316
<i>Oreopanax</i> cf. <i>glabrifolius</i>	0,007	0,1	0,00043	0,00261
<i>Bejaria aestuans</i>	0,003	0,1	0,00087	0,00261
<i>Vismia baccifera</i>	0,003	0,1	0,00084	0,00254
<i>Hedyosmum</i> cf. <i>colombianum</i>	0,007	0,2	0,00020	0,00240
<i>Podocarpus oleifolius</i>	0,007	0,1	0,00020	0,00123
<i>Nectandra lineatifolia</i>	0,003	0,1	0,00028	0,00085
<i>Myrsine coriacea</i>	0,003	0,1	0,00028	0,00085
<i>Weinmannia magnifolia</i>	0,003	0,1	0,00023	0,00069
<i>Aphelandra runcinata</i>	0,007	0,1	0,00011	0,00067
<i>Bunchosia</i> cf. <i>armeniaca</i>	0,003	0,1	0,00022	0,00065
<i>Siparuna lozaniana</i>	0,003	0,1	0,00019	0,00058
<i>Psychotria</i> cf. <i>aschersoniana</i>	0,007	0,1	0,00008	0,00048
<i>Cavendishia bracteata</i>	0,003	0,1	0,00014	0,00042
<i>Beilschmiedia sulcata</i>	0,003	0,1	0,00013	0,00039
<i>Clusia flavida</i>	0,003	0,1	0,00012	0,00036
<i>Pouteria</i> cf. <i>baehniiana</i>	0,003	0,1	0,00010	0,00031
<i>Guatteria hirsuta</i>	0,003	0,1	0,00010	0,00031
<i>Hieronyma</i> sp	0,003	0,1	0,00009	0,00028
<i>Lauraceae</i> sp7	0,003	0,1	0,00008	0,00024
<i>Piper daniel-gonzalezii</i>	0,003	0,1	0,00004	0,00012
<i>Saurauia</i> cf. <i>choriophylla</i>	0,003	0,1	0,00003	0,00010
<i>Symbolanthus anomalus</i>	0,003	0,1	0,00003	0,00010
<i>Myrtaceae</i> sp	0,003	0,1	0,00003	0,00010
<i>Sciodaphyllum</i> cf. <i>paniculitomentosum</i>	0,003	0,1	0,00002	0,00006