

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

APORTE DE LOS HÁBITOS DE CRECIMIENTO NO ARBÓREOS A LA DIVERSIDAD DE ROBLEDALES EN LA CORDILLERA ORIENTAL, COLOMBIA

Contribution of Non-arboreal Growth Habits to the Diversity

Heidy Caterine CARO-AYALA¹, Susana María ARANGO-CARVAJAL², Diego SUESCÚN^{3*}, Fernando Alveiro ALZATE⁴, Boris Stefan VILLANUEVA-TAMAYO⁵

¹ Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia (IPRED), Universidad Industrial de Santander. Grupo de investigación y conservación de la flora de la Región Capital como estrategia de adaptación al cambio climático, Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá, Colombia; heidy2175124@correo.uis.edu.co

² Grupo de Estudios Botánicos, Instituto de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia; smaria.arango@udea.edu.co

³ Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia (IPRED), Universidad Industrial de Santander. Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias y Ecología (GICAE). Málaga, Colombia; dsuescu@unal.edu.co

⁴ Grupo de Estudios Botánicos, Instituto de Biología, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia; alveiro.alzate@udea.edu.co

⁵ Grupo de investigación en Biodiversidad y Dinámica de Ecosistemas Tropicales (GIBDET). Grupo de investigación y conservación de la flora de la Región Capital como estrategia de adaptación al cambio climático, Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá, Colombia; villanueva@jbb.gov.co

* For correspondence: dsuescu@unal.edu.co

Recibido: 09 de junio de 2023. **Revisado:** 17 de febrero de 2024. **Aceptado:** / 24 de mayo de 2024

Editor asociado: Enrique Guillermo Martínez

Citation/ citar este artículo como: Caro-Ayala, H. C., Arango-Carvajal, S. M., Suescún, D., Alzate, F. A., y Villanueva-Tamayo, B. S. (2024). Aporte de los hábitos de crecimiento no arbóreos a la diversidad de robledales en la Cordillera Oriental, Colombia. *Acta Biol Colomb.*, 29(3), 129-141. <https://doi.org/10.15446/abc.v29n3.107862>

RESUMEN

Estudios florísticos desarrollados en bosques, suelen enfocarse en plantas leñosas con diámetro a la altura del pecho (DAP) $\geq 2,5$ cm, por lo que componentes no arbóreos, importantes en la composición y estructura de los bosques, son excluidos del muestreo y de los análisis florísticos. En este estudio, se evalúa el aporte de los diferentes hábitos de crecimiento a la riqueza total de especies terrestres en tres robledales (bosques altoandinos dominados por *Quercus humboldtii*) localizados al Noroccidente de la Cordillera Oriental, Santander. Se implementó la metodología RAP modificado, la cual incluye todos los individuos con DAP $< 2,5$ cm presentes en el lado derecho de cada transecto. En total, se registraron 769 individuos distribuidos en 38 familias de angiospermas con 133 especies, y diez familias con 37 especies de plantas monilofitas. Las especies no arbóreas representaron entre 73,9 y 87,0 % de la riqueza total terrestre, lo que evidencia su importancia en la composición, estructura y diversidad de los robledales estudiados. Resultados similares en otros robledales colombianos apoyan la inclusión de individuos con diámetros menores respecto a las metodologías tradicionales, para estimar con mayor precisión la riqueza total de especies. La riqueza y diversidad encontrada está relacionada con los diámetros muestreados y la altitud del lugar, y comparativamente presenta altos valores con respecto a otros robledales; esto valida que la ampliación del diámetro mínimo de muestreo amplía el conocimiento para la flora de un lugar constituyéndose como un instrumento útil para la generación de políticas de conservación y manejo sostenible de los bosques andinos.

Palabras clave: biodiversidad, bosque andino, fragmentación del hábitat, plantas herbáceas

ABSTRACT

Floristic studies carried out in forests tend to focus on woody plants with diameter at breast height (DBH) ≥ 2.5 cm, so non-tree components, important in the composition and structure of forests, are excluded from the sampling and, therefore, from the floristic analysis. We evaluate the contribution of the different growth habits to the total richness of terrestrial species in three oak forests (high Andean forests dominated by *Quercus humboldtii*) located to the Northwest of the Eastern Cordillera, Santander. The modified RAP methodology was implemented, including all individuals with DBH < 2.5 cm on the right side of each transect. In total, 769 individuals distributed in 38 families of angiosperms with 133 species, and ten families with 37 species of monilophyte plants were recorded. Non-tree species represented between 73.9 and 87.0 % of the total terrestrial richness, which shows their importance in the composition, structure, and diversity of the oak forests studied. Similar results in other Colombian oak forests support the inclusion of individuals with smaller diameters compared to traditional methodologies, and thus more accurately estimate the total richness of species. The richness and diversity found are related to the sampled diameters and the location altitude, and comparatively present high values compared to other oak-forest; this validates that the expansion of the minimum sampling diameter expands knowledge about the flora of a place, becoming a useful instrument for the generation of policies for the conservation and sustainable management of Andean forests.

Keywords: Andean forest, biodiversity, habitat fragmentation, herbaceous plants

INTRODUCCIÓN

Diferentes procesos geológicos a través del tiempo dieron surgimiento a la cadena montañosa más larga de la tierra, los Andes (Graham, 2009; Boschman, 2021), ésta presenta características geomorfológicas y climáticas ideales que proporcionan oportunidades únicas para procesos de especiación y adaptación de la biodiversidad terrestre (Boschman, 2021; Tovar *et al.*, 2022). Particularmente, el norte de los Andes conforma una de las zonas con mayor diversidad en especies de flora y fauna en el mundo, siendo identificado como un *hotspot* de la biodiversidad, razón por la que este es uno de los sectores prioritarios para la conservación de ecosistemas naturales (Rahbek *et al.*, 2019). Los bosques andinos albergan aproximadamente 20000 especies de plantas endémicas conocidas que corresponden al 6,7 % del total de especies a nivel mundial (Myers *et al.*, 2000), asimismo, presentan una proporción alta de epífitas (briófitas, líquenes, helechos, orquídeas y bromelias) y en menor proporción lianas leñosas, lo que favorece en altos valores la diversidad florística (Brown y Kappelle, 2001).

Sin embargo, la región de los Andes está siendo afectada por procesos de cambio ambiental global como el cambio climático, y también ha sido un foco de presión antrópica debido a la demanda de servicios ambientales, culturales y económicos. En las zonas andinas colombianas son comunes los paisajes fragmentados donde se encuentran dispersos pequeños relictos de bosques, aislados, sin conectividad, y rodeados de sistemas productivos como la agricultura y ganadería (Giraldo *et al.* 2019). Esta fragmentación origina efectos de borde que modifican procesos ecológicos, ya que se generan diferentes condiciones bióticas y abióticas determinadas por la transición entre el interior del bosque y el exterior (Peña-Becerril *et al.* 2005). Estas afectaciones alteran la capacidad de los ecosistemas de proveer funciones y servicios ambientales, como el mantenimiento de la biodiversidad, la polinización, dispersión de semillas, entre otros. Los procesos de fragmentación y pérdida de hábitat se encuentran entre las principales amenazas para

la biodiversidad a nivel global (Castro-Navarro *et al.* 2017). Particularmente para los robledales (bosques dominados por *Quercus humboldtii* Bonpl.) por su distribución restringida (Colombia y Panamá) y su área reducida, estas afectaciones causaron que el roble se encuentre en veda de aprovechamiento (Muñoz y Camacho 2010).

No obstante, en la región andina (por encima de los 1500 m de altitud) aún se encuentran áreas representativas de su flora, áreas que son relevantes por su diversidad, endemismo e importancia ecológica (Aide *et al.*, 2019). Los robledales, debido a sus densas copas, presentan condiciones de humedad y sombra ideales para la ocurrencia de plantas no leñosas (Ávila *et al.*, 2010). En los robledales se encuentra una gran cantidad de especies endémicas a nivel nacional, muchas de las cuales están amenazadas (Avella y Cárdenas, 2010).

La mayoría de la riqueza de flora en los bosques montanos está dada por formas de vida no leñosas, mientras que los árboles son menos diversos en comparación con los bosques húmedos tropicales, lo cual evidencia la importancia de las especies no arbóreas en la composición, estructura y riqueza de los bosques montanos (Bussmann, 2005). Según Pulido *et al.* (2006) en los robledales las familias Asteraceae, Orchidaceae, Melastomataceae, Rubiaceae y Rosaceae sobresalen en la riqueza florística de géneros y especies de plantas no arbóreas, estas familias presentan diversidad de hábitos de crecimiento incluyendo especies arbóreas, arbustivas, herbáceas y escandentes. Entre los géneros más representativos en este tipo de bosque se encuentran *Miconia*, *Piper*, *Polypodium*, *Rubus*, *Tillandsia*, *Peperomia*, *Palicourea*, *Pleurothallis*, *Solanum*, *Anthurium*, *Ageratina* y *Passiflora*. Es de especial interés resaltar que estos géneros están representados por especies con hábito de crecimiento arbustivo, escandente, herbáceo terrestre y epífita. Asimismo, se ha reportado que alrededor del 60 % de la estructura de los robledales está representada por formas de crecimiento no arbóreas.

Sin embargo, las metodologías tradicionales excluyen componentes importantes de la composición y estructura de la

flora como epífitas, lianas, hierbas terrestres, arbustos e individuos juveniles de especies arbóreas que no han alcanzado el diámetro mínimo definido (David-Higueta y Álvarez-Dávila, 2018). De este modo, una metodología con un enfoque que abarque hábitos de crecimiento diferentes al arbóreo permite un acceso más detallado de la diversidad de plantas.

Según Linares-Palomino *et al.* (2009), los componentes no arbóreos pueden constituir en algunos casos cerca del 50 % de las especies y más del 75 % de los individuos, destacando la importancia de las hierbas. David-Higueta y Álvarez-Dávila (2018), señalaron que las especies no leñosas representaron el 54,3 % del total de especies de plantas vasculares en un bosque andino en la Cordillera Central de Colombia. Por lo anterior, se plantea la siguiente hipótesis: si las plantas vasculares no arbóreas representan al menos el 50 % de la riqueza total de plantas vasculares para la flora de bosques montanos y se ha reportado que las plantas herbáceas terrestres, escandente leñosas y no leñosas son las que se presentan en mayor proporción, entonces en los tres relictos de bosque de roble del presente estudio, se encuentra una relación similar entre los componentes arbóreos y no arbóreos, con diferencias en cuanto a la riqueza, diversidad, composición y estructura entre los tres bosques, esto debido a sus diferencias en área, altitud, efecto de borde y grado de conservación.

Este estudio tiene como objeto determinar la riqueza, diversidad y estructura de los diferentes hábitos de crecimiento terrestres de plantas vasculares, que están presentes en relictos de bosques andinos dominados por *Q. humboldtii* al norte de los Andes, así como comparar su composición florística y determinar cuál es el aporte de cada hábito de crecimiento a la riqueza total de especies. Con lo anterior, se quiere sustentar la importancia de incluir hábitos de crecimiento no arbóreos en estudios de vegetación, para así estimar mejor la diversidad de plantas en los ecosistemas. Finalmente, resulta de gran interés reconocer la diversidad florística existente en el departamento de Santander y el aporte a la riqueza de la flora andina por parte de plantas no leñosas.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en tres relictos de robledal localizados en el nororiente de Colombia, departamento de Santander, provincia de García Rovira. El área de estudio ha sido poco explorada por lo que se encuentra escasa información sobre su flora. Los tres relictos de bosque se nombraron bosque La Llanada, bosque Pescaderito y bosque Santa Cruz (Fig. 1), con una distancia promedio de 12 km entre ellos. Estos bosques se seleccionaron debido a que son representativos de los bosques de la provincia de García Rovira, presentan un relieve similar y son de fácil acceso. La provincia de García Rovira presenta una precipitación media anual de 700 a 1700 mm, relieve fuertemente escarpado

con afloramientos de roca fosfórica. La Llanada fue declarada Reserva Natural de la Sociedad Civil, este bosque está localizado en el municipio de Concepción, coordenadas 6°43' N y 72°39' W, entre 2300-3260 m s. n. m., en las zonas de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) y bosque muy húmedo montano (bmh-M), con temperatura media anual entre 6-18°C. Presenta una altura media de dosel de 14,4 m, un DAP promedio y densidad de fustales de (35,1 cm y 380 individuos/ha, respectivamente) y un índice de diversidad de Shannon de 2,94.

El bosque Pescaderito está localizado en el municipio de Málaga, vereda Pescaderito en las coordenadas 6°43' N y 72°47' W, entre 3000-3650 m s. n. m., en la transición de las zonas de vida bmh-MB a bmh-M y temperatura media anual entre 7-10°C. Este bosque presenta una altura media de dosel de 12,7 m, un DAP promedio y densidad de fustales de (26,9 cm y 470 individuos/ha, respectivamente) y con un índice de diversidad de Shannon de 3,28. El bosque Santa Cruz está localizado en el límite entre los municipios de San Andrés y Molagavita, vereda Santa Cruz, coordenadas 6°42' N y 72°49' W, entre 2500-3000 m s. n. m., en la zona de vida bmh-MB con una temperatura media anual entre 12-18°C. Este bosque presenta una altura media de dosel de 12,9 m, un DAP promedio y densidad de fustales de (21,7 cm y 520 individuos/ha, respectivamente) y un índice de diversidad de Shannon de 3,35. En San Andrés y Molagavita la vegetación ha sido intervenida en alto grado aunque persisten pequeños relictos de robledales.

Los tres relictos de bosque se encuentran inmersos en una matriz de pastos y cultivos (principalmente pastizales para la ganadería de leche). Sin embargo, el bosque de La Llanada presenta un alto grado de conservación puesto que se ha preservado desde hace 100 años, está declarado reserva de la sociedad civil y presenta la mayor área (1607 ha). Por otro lado, el bosque de Santa Cruz presenta un grado de conservación intermedio donde se han observado ganado bovino forrajeando dentro del bosque, con un área de (496 ha). Finalmente, el bosque de Pescaderito presenta un bajo grado de conservación debido también la presencia de ganado bovino y una menor área (265 ha) haciéndolo más vulnerable a su degradación por actividades antrópicas.

MEDICIÓN DE DATOS

Para cada relicto boscoso se estableció una parcela tipo RAP modificado (parcelas de muestreo rápido de vegetación) según Isa-Jaum (2004) y cada RAP consistió en cinco transectos de 50x4 m (15 transectos en total). En cada transecto se registraron todas las plantas vasculares con DAP \geq 2,5 cm y, adicionalmente, en el lado derecho se registraron todos los individuos que no alcanzaron el diámetro mínimo debido a su hábito de crecimiento (hierbas terrestres, plantas escandentes, arbustos, helechos arbóreos y herbáceos terrestres). Igualmente, sobre el lado derecho,

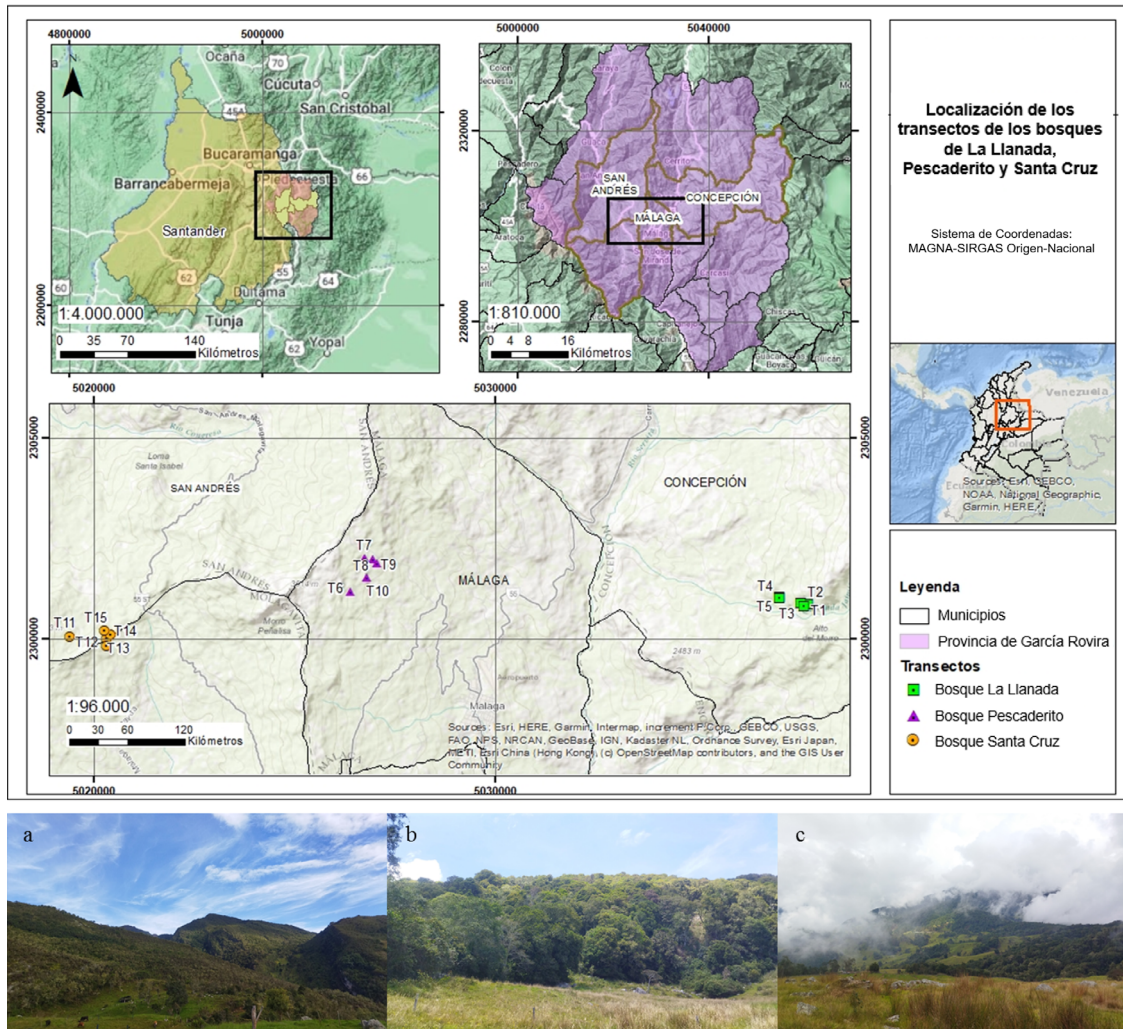


Figura 1. Localización de los 15 transectos de los bosques de La Llanada (a), Pescaderito (b) y Santa Cruz (c).

se establecieron subparcelas de 25x2 m para el muestreo de la regeneración vegetal. Las plantas epífitas fueron recolectadas únicamente si eran de fácil acceso y estaban en estado fértil y se registraron como colección general. Los individuos registrados se clasificaron por hábito de crecimiento: árboles (A), arbustos (T), escandente herbáceo (SH), escandente leñoso (SL), helecho arbóreo (FA), helecho herbáceo terrestre (FHr), herbáceas terrestres (Hr) y palmas (P) y se registraron los parámetros de altura y DAP. También se registró el número de plántulas (R) en las subparcelas para el muestreo de la regeneración vegetal. Conforme a la resolución N°01293 emitida por la ANLA y bajo el Permiso marco de recolección 0524 del 27 de mayo de 2014 de la Universidad de Antioquia (U de A), se recolectó al menos una muestra botánica por taxón para realizar su identificación en herbario y se consignaron caracteres de importancia taxonómica vistos en campo. Con la finalidad de complementar el inventario florístico, durante los recorridos de campo se realizó muestreo de colección general para registrar e identificar individuos en estado reproductivo que no se registraron en los transectos; el muestreo fue realizado en octubre de 2021.

IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

Las muestras recolectadas fueron secadas e identificadas en el herbario Universidad de Antioquia (HUA) y del Jardín Botánico de Bogotá (JBB). La identificación se realizó con base en la colección presente en los herbarios y mediante revisión de literatura como monografías y claves taxonómicas disponibles para algunas familias, y repositorios virtuales. Además, diferentes especialistas en diversos grupos taxonómicos también aportaron en la identificación. Los ejemplares fértiles fueron depositados en HUA y JBB bajo los códigos: SMAC 001:161 y HCCA 001:151.

TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Con el fin de estimar el aporte de los hábitos de crecimiento no arbóreos a la riqueza total de especies, se determinó la riqueza florística con base en el número de especies, géneros y familias para cada bosque y cada hábito de crecimiento. Para cada taxón se determinó la abundancia y en el caso de los helechos herbáceos terrestres (dada la dificultad

para individualizarlos) se definió el número de individuos basado en el número de registros. Para estimar la categoría de importancia ecológica de cada especie, se calculó el índice de valor de importancia (IVI) para los taxones con $DAP \geq 2,5$ cm. Para determinar la estructura por hábito de crecimiento, se evaluó la distribución de los parámetros de altura y DAP a partir de intervalos de clase obtenidos mediante la ecuación:

$$C = (X_{\text{máx.}} - X_{\text{mín.}}) / m$$

Donde C = amplitud del intervalo; $m = 1 + 3,3 \log N$; N = No. de individuos.

Para determinar la diversidad alfa entre hábitos de crecimiento y por tipo de bosque, se calculó el índice de Shannon-Wiener:

$$H' = H' = -\sum p_i \ln(p_i)$$

Donde P_i = abundancia relativa de cada especie

Para cada bosque y cada hábito de crecimiento, se determinó la homogeneidad de la comunidad mediante el índice de equidad de Pielou:

$$(J) = H' / H'_{\text{máx}} = H' / \ln(s)$$

Donde H' = máxima diversidad de Shannon; s = número de especies

Para determinar la similitud o disimilitud cualitativa en la composición florística entre los tres bosques y entre hábitos de crecimiento dentro de cada bosque, se empleó el índice de similitud de Sørensen (S):

$$S = (2a) / (2a + b + c)$$

Donde a = número de especies presentes en el bosque a; b = número de especies presentes en el bosque b; c = número de especies presentes en ambos bosques. Finalmente, en el procesamiento de datos se usaron los programas Microsoft Excel y RStudio Cloud.

RESULTADOS

RIQUEZA DE HÁBITOS EN LOS DIFERENTES GRUPOS TAXONÓMICOS

Describiendo la riqueza general para los tres sitios, se reportaron 38 familias, 55 géneros y 98 especies de angiospermas y diez familias, 18 géneros y 37 especies de monilofitas (Tabla 1). De las 48 familias registradas, el 72,9 % estuvo conformado por un sólo género y el 27,1 % tuvo entre dos y siete géneros. El 64,4 % de los géneros registrados tuvo una especie y el 35,6 % entre dos y 11 especies. En La Llanada el hábito arbustivo representó la mayor riqueza de especies (nueve), distribuidas en seis familias y ocho géneros, siendo Ericaceae la familia que presentó mayor riqueza. El hábito arbóreo estuvo representado por seis especies, seis familias y seis géneros. Las especies herbáceas terrestres fueron en total 17, distribuidas en 11 familias y 14 géneros, Piperaceae, Orchidaceae y Urticaceae presentaron la mayor riqueza para este hábito. Los helechos herbáceos terrestres estuvieron representados por diez especies, seis familias y

nueve géneros, Pteridaceae y Dryopteridaceae presentaron la mayor riqueza. El hábito escandente herbáceo estuvo representado por tres especies, tres familias y tres géneros. El hábito escandente leñoso registró una única especie (Fig. 2).

En Pescaderito, los helechos herbáceos terrestres representaron la mayor riqueza (19 especies), distribuidas en cinco familias y diez géneros, de las cuales Polypodiaceae (cinco géneros) y Dryopteridaceae (dos géneros) tuvieron la mayor riqueza. Las especies de arbustos fueron 16, distribuidas en cinco familias y 14 géneros, siendo Ericaceae (seis géneros) y Asteraceae (cuatro géneros) las familias con mayor riqueza. Las plantas herbáceas terrestres estuvieron representadas por 15 especies, ocho familias y 11 géneros, siendo Asteraceae (tres géneros) y Piperaceae (un género) las que presentaron mayor riqueza. Las especies arbóreas fueron 12 distribuidas en diez familias y 11 géneros, Araliaceae y Primulaceae presentaron la mayor riqueza. El hábito escandente herbáceo estuvo representado por seis especies, cinco familias y seis géneros, siendo Asteraceae la familia con mayor riqueza (dos géneros). Las especies escandentes leñosas fueron dos, pertenecientes a la familia Ericaceae (dos géneros) (Fig. 2).

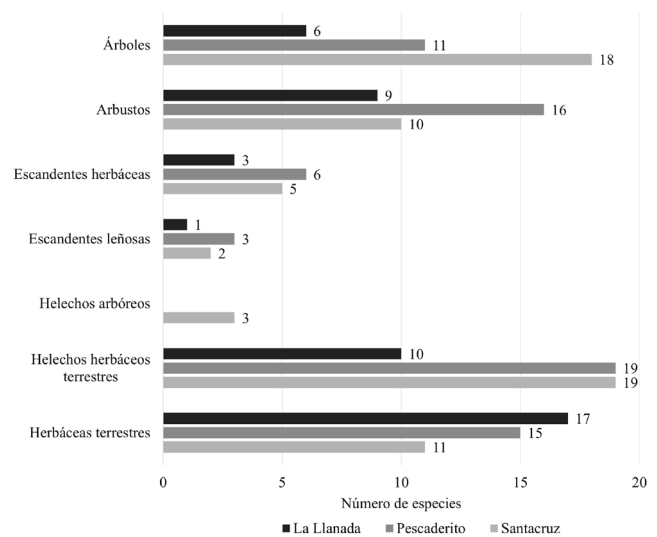


Figura 2. Aporte por hábito de crecimiento a la riqueza total de especies.

En Santa Cruz, los helechos herbáceos terrestres estuvieron representados por 19 especies distribuidas en ocho familias y diez géneros, Dryopteridaceae (dos géneros) fue la familia con mayor riqueza. Las especies de árboles fueron 18, distribuidas en 13 familias y 16 géneros, Melastomataceae y Rubiaceae presentaron la mayor riqueza. Las especies arbustivas fueron 11 distribuidas en ocho familias y nueve géneros, Ericaceae y Melastomataceae presentaron la mayor riqueza. El hábito herbáceo terrestre estuvo representado por diez especies, seis familias y ocho géneros, Asteraceae presentó la mayor riqueza. Las especies escandentes herbáceas fueron cinco, distribuidas en cuatro familias y cinco géneros, Asteraceae presentó la mayor riqueza. Los helechos

Tabla 1. Características medioambientales y florísticas de los tres bosques de roble.

	La Llanada		Pescaderito		Santa Cruz	
<i>Antecedentes históricos</i>	Bosque sin perturbaciones antrópicas desde hace aproximadamente 100 años		Bosque inmerso en matriz de pasto para ganadería		Bosque inmerso en matriz de pasto para ganadería	
<i>Grado de conservación</i>	Alto		Bajo		Medio	
<i>Área (ha)</i>	1607		265		496	
<i>Rango altitudinal</i>	2300-3260 m s. n. m.		3000-3650 m s. n. m.		2500-3000 m s. n. m.	
<i>Composición florística</i>	Angiospermas	Monilofitas	Angiospermas	Monilofitas	Angiospermas	Monilofitas
<i>Número de individuos (total 769)</i>	142	23	249	39	261	55
<i>Número de familias (total 48)</i>	24	6	23	5	24	9
<i>Número de géneros (total 73)</i>	27	9	32	8	30	12
<i>Número de especies (total 143)</i>	35	10	46	19	43	22
<i>Índice de Shannon-Weiner (H')</i>	2,94		3,28		3,35	
<i>Índice de equidad de Pielou (J')</i>	0,77		0,78		0,80	
<i>Índice de Similitud de Sorensen de especies</i>	La Llanada:Pescaderito: 0,345		Pescaderito:Santa Cruz: 0,307		Santa Cruz:La Llanada: 0,145	
<i>Índice de Similitud de Sorensen de géneros</i>	La Llanada:Pescaderito: 0,5		Pescaderito: Santa Cruz: 0,512		Santa Cruz:La Llanada: 0,410	
<i>Índice de Similitud de Sorensen de familias</i>	La Llanada:Pescaderito: 0,689		Pescaderito: Santa Cruz: 0,688		Santa Cruz:La Llanada: 0,571	
<i>Familias con más especies</i>	Ericaceae, Piperaceae, Pteridaceae, Dryopteridaceae		Asteraceae, Dryopteridaceae, Polypodiaceae, Ericaceae		Dryopteridaceae, Asteraceae, Melastomataceae, Rubiaceae	
<i>Familias con más individuos</i>	Fagaceae, Ericaceae, Melastomataceae, Rubiaceae		Fagaceae, Ericaceae, Astera-ceae, Melastomataceae		Fagaceae, Melastomataceae, Dryopteridaceae, Piperaceae	
<i>Frecuencia por hábito de crecimiento</i>	Arbustivo > arbóreo > herbácea > helecho herbáceo > escandente herbácea > escandente leñosa		Arbustivo > arbóreo > herbácea > helecho herbáceo > escandente herbácea > escandente leñosa		Arbóreo > arbustivo > helecho herbáceo > herbácea > helecho arbóreo > escandente herbácea > escandente leñosa	
<i>Mayores IVIs por especie</i>	<i>Quercus humboldtii</i> > <i>Clusia hachensis</i> > <i>Myrtaceae</i> sp. 1		<i>Quercus humboldtii</i> > <i>Weinmannia</i> sp. 1 > <i>Thibaudia floribunda</i>		<i>Quercus humboldtii</i> > <i>Hedyosmum racemosum</i> > <i>Cyathea</i> sp. 1	

arbóreos estuvieron representados por tres especies, dos familias y dos géneros, Cyatheaceae presentó la mayor riqueza y las escandentes leñosas estuvieron representados por dos especies, en dos familias y dos géneros (Fig. 2).

RIQUEZA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA POR HÁBITO DE CRECIMIENTO Y CON RELACIÓN AL DIÁMETRO DEL INDIVIDUO

En el bosque de roble de La Llanada se registraron 165 individuos, distribuidos en 25 especies y 20 morfoespecies (Tabla 1). La mayor riqueza de especies está representada por los grupos no arbóreos (arbustos, hierbas y escandentes) con el 87 % del total de especies. Los individuos registrados con DAP<2,5 cm corresponden a 39 especies y 114 registros. En este bosque se registran solo 179 individuos de plántulas, de los cuales 115 están representados en 11 familias y siete morfoespecies, de las cuales solo se registran cinco plántulas de *Q. humboldtii*. Para los demás individuos no fue posible su identificación taxonómica debido al estado de plántulas. Las especies más abundantes fueron

Q. humboldtii (arbórea), *Elaphoglossum cuspidatum* (Willd.) T. Moore., (helecho herbáceo terrestre), *Disterigma alaternoides* (Kunth) Nied., (escandente leñosa) y las especies más frecuentes fueron *Miconia mesmeana* Gleason., y *Macleania* cf. *Rupestris* (Kunth) A.C. Sm., (arbustivas), *Columnea strigosa* Benth., *Peperomia ambiguifolia* Trel. y Yunck., y *Bromelia* sp. 1 (herbáceas terrestres).

En Pescaderito se registraron 288 individuos en 24 especies y 19 morfoespecies (Tabla 1). La mayor riqueza de especies estuvo representada por hábitos no arbóreos con un 84,3 % del total de especies. Los individuos con DAP<2,5 cm corresponden a 53 especies y 198 registros. Se registraron 995 individuos de plántulas, de los cuales 948 están distribuidos en 22 familias y diez morfoespecies, de los cuales 397 corresponden a *Q. humboldtii*. Para los demás individuos no fue posible su identificación taxonómica debido al estado de plántulas. Las especies más abundantes fueron *Q. humboldtii* (arbórea), *E. cuspidatum* (helecho herbáceo terrestre), *D. alaternoides* (escandente leñosa) y las especies más frecuentes fueron *M. mesmeana*, *Thibaudia floribunda* Kunth., *M. cf. rupestris* (arbustivas), *C. strigosa*, *Munnozia senecionidis*

Benth., (herbáceas terrestres) y *Mikania* sp. 1 y *Dioscorea* sp. 3 (escandentes herbáceas).

En Santa Cruz se registraron 316 individuos distribuidos en 36 especies y 29 morfoespecies (Tabla 1). Las especies de crecimiento no arbóreo representaron en total el 73,9 % de la riqueza total de especies. Los individuos con $DAP < 2,5$ cm corresponden a 45 especies y 164 registros. Se registraron 1141 individuos de plántulas, de los cuales 999 están distribuidas en 22 familias y 15 morfoespecies, así mismo, 49 plántulas corresponden a la especie *Q. humboldtii*. Para los demás individuos no fue posible su identificación taxonómica debido al estado de plántula. Las especies más abundantes fueron *Q. humboldtii* (arbórea), *Elaphoglossum* cf. *hoffmannii* (Mett. ex Kuhn) Christ (helecho herbáceo terrestre), *Cissus trianae* Planch., (escandente leñosa) y las especies más frecuentes fueron *M. mesmeana*, *T. floribunda* y *Piper prunifolium* J. Jacq (arbustivas), *Bromelia* sp. 3 (herbácea terrestre), *Mikania* sp. 1 y *Dioscorea* sp. 3 (escandentes herbáceas).

ESTRUCTURA VEGETAL

En los tres sitios de muestreo, la cantidad total de especies y de individuos fue mayor al incluir especímenes con $DAP < 2,5$ cm. En relación con la distribución de clases altimétricas calculadas para todos los individuos (Fig. 3a-3b-3c), los resultados fueron similares para los tres sitios. La mayor concentración de individuos está en la clase I, en la que se registran individuos con hábitos no arbóreos. En La Llanada el 73,6 % de los individuos se reporta en esta clase, en Pescaderito el 61,3 % y en Santa Cruz el 45,1 %. En la

clase II se reportan además de individuos con hábito no arbóreo, algunos individuos arbóreos y arbustivos. Las clases altimétricas siguientes sólo registran individuos arbóreos. En La Llanada (clases VII y VIII) y Pescaderito (clase VIII) se reportan los individuos con mayores alturas de los tres bosques, mientras que, en Santa Cruz se registró la mayor abundancia a partir de la segunda clase altimétrica. Para los tres sitios, la mayor altura corresponde a individuos de *Q. humboldtii* con 25, 20 y 18 m, en La Llanada, Pescaderito y Santa Cruz, respectivamente.

La distribución de clases diamétricas obtenida para árboles con $DAP \geq 2,5$ cm (Fig. 3d-3e-3f) exhibe un comportamiento similar para los tres sitios, todas tienden a presentar forma de “J” invertida, en el que la cantidad de individuos en las primeras clases es mayor y decrece en las clases diamétricas más altas. Los individuos con mayor diámetro corresponden a *Q. humboldtii* con 98,9 cm en La Llanada, 87,5 cm en Pescaderito y 60,2 cm en Santa Cruz. En cuanto a áreas basales en La Llanada se registró el mayor valor con 51,5 m²/ha, seguido de Pescaderito con 36,4 m²/ha y Santa Cruz con 25,9 m²/ha. La Llanada presentó el menor porcentaje de latizales (5 cm $<$ DAP $<$ 10 cm) con 10,4 % en comparación con Pescaderito (19,0 %) y Santa Cruz (37,3 %) pero el mayor porcentaje de fustales (10 cm $<$ DAP $<$ 25 cm) con 35,4 % seguido de Pescaderito (34,2 %) y Santa Cruz (26,1 %). Para las especies leñosas con los parámetros ecológicos de abundancia, dominancia y frecuencia, se obtuvo que en los tres bosques, *Q. humboldtii* presentó el mayor IVI (Tabla 1), acumulando en La Llanada el 75,8 %, en Pescaderito el 57,7 % y en Santa Cruz el 40,0 %. Estos valores se distancian de

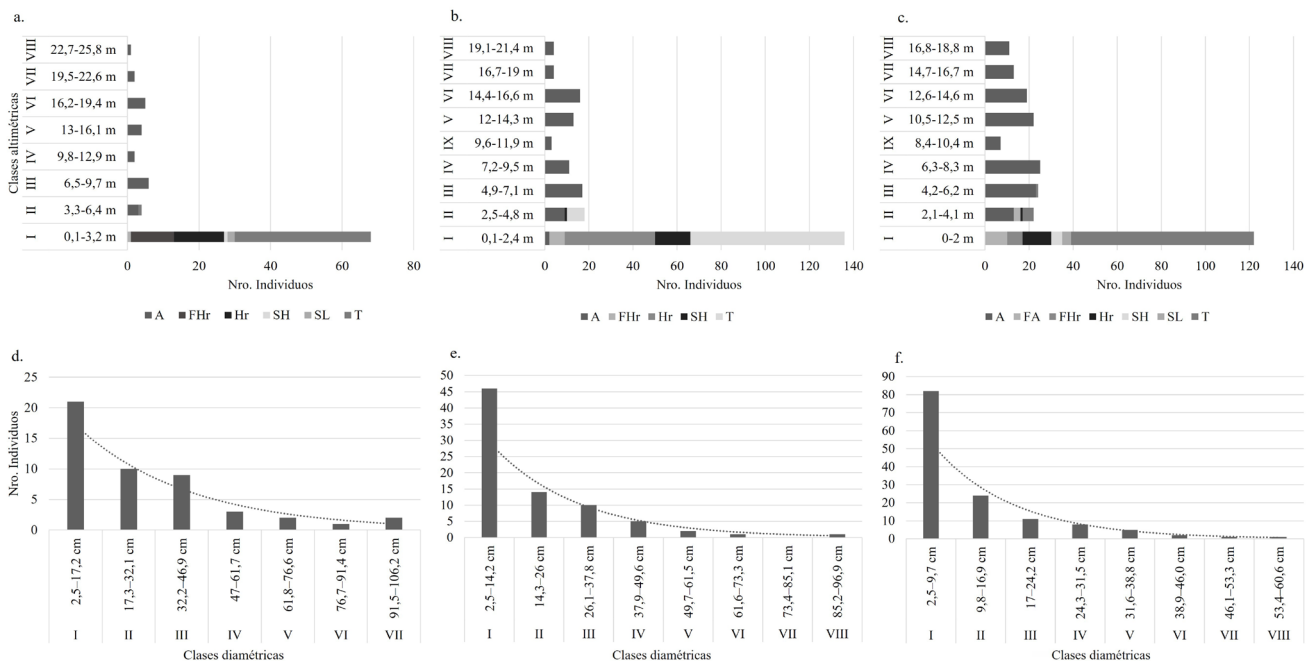


Figura 3. Distribución de las clases altimétricas y diamétricas para los bosques La Llanada (a y d), Pescaderito (b y e) y Santa Cruz (c y f). Los hábitos de crecimiento se representan como: A: árboles, FA: helechos arbóreos, FHr: helechos herbáceos terrestres, Hr: herbáceas terrestres, SH: escandentes herbáceas; SL: escandentes leñosas, T: arbustos.

manera notable de las demás especies, pues la mayoría presentan valores de IVI muy bajos.

HÁBITOS DE CRECIMIENTO MÁS DIVERSOS Y SU SIMILITUD ENTRE LOS BOSQUES

Según el índice de diversidad alfa de Shannon-Wiener, Santa Cruz fue el sitio más diverso, sin embargo, el índice de equidad de Pielou indica para los tres bosques que la distribución de individuos entre las especies tiende a ser equitativa pues sus valores se acercan a uno, es decir, que los tres bosques presentan alta diversidad (Tabla 1). En cuanto a los hábitos de crecimiento, el índice de diversidad de Shannon-Wiener indicó que los árboles tanto latizales como fustales y los arbustos fueron más diversos en Santa Cruz, mientras que los helechos herbáceos terrestres, herbáceas terrestres, escandentes herbáceas y leñosas presentaron mayor diversidad en Pescaderito. De los tres bosques, los valores obtenidos en La Llanada fueron los menores para cada hábito. En los tres sitios, los helechos herbáceos terrestres fueron el hábito de crecimiento más diverso.

El índice de similitud de Sørensen indicó que a nivel de familias La Llanada-Pescaderito y Pescaderito-Santa Cruz presentan igual similaridad (0,69), mientras que Santa Cruz-La Llanada presenta menor similaridad (0,57). En el caso de la diversidad de los hábitos de crecimiento (Anexo I), tanto a nivel de familias como de géneros, la mayor similaridad se presenta en Pescaderito-Santa Cruz para árboles latizales (0,80 y 0,67, respectivamente) y helechos herbáceos terrestres (0,77 y 0,67, respectivamente), Santa Cruz-La Llanada también presenta alta similaridad a nivel de familias para arbustos (0,77). A nivel de especies la mayor similaridad se encuentra en La Llanada-Pescaderito para árboles fustales (0,5) y escandentes leñosas (0,5) seguida de helechos herbáceos terrestres en Pescaderito-Santa Cruz (0,42).

ENDEMISMO, ESTADO DE CONSERVACIÓN Y NOVEDADES TAXONÓMICAS

Teniendo en cuenta también, los resultados de colección general, en este estudio se registraron cuatro especies endémicas para el departamento de Santander: *Condea jacobi* (Fern. Alonso) Harley y J.F.B. Pastore (arbusto), *Piper pervulsum* var. *santoense* Trel. y Yunck., (arbusto), *Specklinia tenax* (Luer y R. Escobar) Pridgeon y M.W. Chase y *Lepanthes cocculifera* Luer y R. Escobar (herbáceas epífitas) y seis especies endémicas para Colombia: *Echeveria ballsii* E. Walther (herbácea terrestre), *Hypericum gleasonii* N. Robson (arbusto), *P. ambiguifolia* (herbácea terrestre y herbácea epífita), *Peperomia bethaniana* Trel. y Yunck., (herbácea terrestre), *Pleurothallis killipii* Garay (herbácea epífita) y *C. hachensis* (árbol). A nivel de categorías de amenaza, en Pescaderito y Santa Cruz se registra una especie en peligro crítico: *Asplenium auritum* Sw. (helecho herbáceo terrestre). En Santa Cruz dos especies se encuentran en estado de vulnerabilidad según la

UICN: *Miconia resima* Naudin., (árbol) y *Siphocampylus schlimianus* Planch., (escandente herbácea). En La Llanada y Pescaderito se encontró una especie en estado de vulnerabilidad: *C. hachensis*. Todas las especies de orquídeas encontradas y *Dicksonia karsteniana* (Klotzsch) T. Moore (helecho arbóreo) se encuentran en el listado de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES II-Apéndice II). La exploración de estos bosques permitió la recolección e identificación de ocho posibles especies nuevas para la ciencia de los géneros *Aetanthus*, *Begonia* (dos), *Cyathea*, *Lepanthes* (dos), *Ocotea* y *Senecio*, en proceso de publicación.

DISCUSIÓN

RIQUEZA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA POR HÁBITO DE CRECIMIENTO

La diversidad climática y ambiental presente en la región andina favorece la gran riqueza de especies vegetales, en particular de plantas herbáceas y especies monilofitas (Triana-Moreno y Murillo-A, 2005). La riqueza de especies encontrada fue similar a otros estudios en robledales de la Cordillera Oriental (Tabla 2) que consideraron individuos a partir de 1 cm de DAP (Galindo-T *et al.*, 2003; Ávila *et al.*, 2010); mientras que David-Higueta y Álvarez-Dávila (2018) encontraron una mayor riqueza por hábito de crecimiento. Trabajos desarrollados en la Cordillera Oriental considerando individuos con DAP \geq 2,5 cm, registraron un menor número de especies e individuos (Tabla 2), y han reportado valores de riqueza mayor a 30 familias en 0,1 ha (Ávila *et al.*, 2010), en este estudio se registraron en total 48 familias para los tres sitios (0,3 ha). Por otro lado, nuestros resultados de riqueza de especies coinciden con los reportados para bosques andinos de Costa Rica (Galindo-T *et al.*, 2003), a pesar de que Gentry (1995) encontró que los bosques andinos de Costa Rica son menos diversos que los situados a altitudes similares en los Andes de Sudamérica.

En este estudio, se obtuvo para los tres sitios un mayor número de especies de plantas no arbóreas; lo que evidencia la importancia de considerar hábitos de crecimiento diferentes al arbóreo en los estudios florísticos. Asimismo, se evidencia la importancia de considerar grupos taxonómicos diferentes a las angiospermas, pues en Pescaderito y Santa Cruz los helechos herbáceos terrestres presentaron la mayor riqueza, mientras que en La Llanada fueron las angiospermas herbáceas terrestres. En la flora vascular de robledales los hábitos con mayor riqueza de especies son, en su orden, arbóreo, arbustivo, hierbas, palmas, epífitas y trepadoras herbáceas (Pulido *et al.*, 2006; Avella y Ávila, 2017). En este estudio, se obtuvo para los tres sitios un mayor número de especies de plantas no leñosas; en Pescaderito y Santa Cruz los helechos herbáceos terrestres presentaron la mayor riqueza, mientras que en La Llanada fueron las herbáceas terrestres.

Tabla 2. Comparación de la riqueza florística en bosques de roble de la Cordillera Oriental entre estudios previos y este estudio.

Bosque de roble (este estudio)	Altitud	Área muestreada	Núm. familias	Núm. géneros	Núm. especies DAP < 2,5cm	Núm. individuos DAP < 2,5cm	Núm. especies DAP ≥ 2,5 cm	Núm. individuos DAP ≥ 2,5 cm
<i>La Llanada, Concepción, Santander</i>	2577-2733	0,1 ha	30	36	45	114	6	48
<i>Pescaderito, Málaga, Santander</i>	3029-3110	0,1 ha	28	40	65	198	17	87
<i>Santa Cruz, San Andrés, Santander</i>	2626-2863	0,1 ha	33	42	65	164	24	153
<i>Bosque de roble (otros estudios)</i>					Núm. especies DAP > 1cm	Núm. individuos DAP > 1cm		
<i>La Sierra, Santander (Galindo-T et al., 2003)</i>	2500	0,1 ha	40	66	93	474	85	411
<i>Chontales Bajo, Santander (Galindo-T et al., 2003)</i>	2800	0,1 ha	28	37	57	745	54	576
<i>Chontales Alto, Santander (Galindo-T et al., 2003)</i>	3000	0,1 ha	24	35	49	632	46	516
<i>El Venado, Boyacá (Galindo-T et al., 2003)</i>	3100	0,1 ha	23	36	45	631	43	605
<i>El Ocaso, Boyacá, Cundinamarca (Galindo-C y Correa-G, 2006)</i>	2200-2600	0,04 ha	8	11	14	46	-	-
<i>Santander Encino-Patios y Canadá (Cortés, 2009)</i>	2500-3200	0,4 ha	30	60	82	2613	-	-
<i>Reserva Biológica Cachalú, Encino (Ávila et al., 2010)</i>	1820-2650	0,2 ha	34	60	68	466	-	-
			36	70	81	624	-	-

Las plantas escandentes representaron el 8,7 % de la riqueza de especies en La Llanada, el 12,9 % en Pescaderito y el 10,3 % en Santa Cruz. David-Higuita y Álvarez-Dávila (2018), reportaron un 18,9 % de la riqueza de especies escandentes, evidenciando la importancia de los hábitos no arbóreos en la riqueza total de especies (Duque *et al.*, 2013).

En general para los tres bosques, las familias Asteraceae, Melastomataceae, Piperaceae, Rubiaceae, Lauraceae, Ericaceae, Araceae y Orchidaceae presentaron el mayor número de especies, similar a otros estudios (Marín-Corba y Betancur, 1997; Hernández-G *et al.*, 2011); mientras para plantas monilofitas fueron Dryopteridaceae y Polypodiaceae (Triana-Moreno y Murillo-A, 2005; Hernández-G *et al.*, 2011).

ESTRUCTURA VEGETAL

En los tres bosques las primeras clases altimétricas presentaron la mayor riqueza de especies y mayor número de individuos, similar a sido reportado por diferentes autores para bosques andinos (Marín-Corba y Betancur, 1997; Galindo-T *et al.*, 2003). Debido a su historia de uso, grado de conservación y diferencias en cuanto al área y altitud entre los tres bosques (Tabla 1), se presentaron diferencias

estructurales. Los bosques de La Llanada presentaron una mayor área basal y mayor altura de dosel (un dosel más maduro), contrario a los relictos de los bosques de Santa Cruz y Pescaderito, inmersos en una la matriz agrícola y pecuaria y fuertemente influenciados por la actividad humana (principalmente Pescaderito). Por otro lado, Arroyo-Rodríguez *et al.* (2009) encontraron que, en paisajes fragmentados, el efecto de borde puede disminuir el número de especies de plantas de sombra (interior), situación que se presenta en mayor medida en Pescaderito y Santa Cruz, en comparación con La Llanada.

En estudios de restauración de bosques altoandino se ha reportado el dominio de *D. alaternoides* y *Monochaetum myrtoideum* (Bonpl.) Naudin., con el incremento de la cobertura arbustiva, en este estudio, ambas especies fueron frecuentes en dicha cobertura en los tres sitios; también, *M. cf. rupestris*, especie abundante en La Llanada y Pescaderito, ha sido reportada como dominante en la misma cobertura, dada la capacidad competitiva que presenta gracias a su ramificación basal y sistema radical extenso, que aumenta la superficie de captación de recursos del suelo. Por otro lado, se destaca también el aumento en la complejidad estructural de la vegetación en la

matriz de herbáceas, con la presencia de especies escandentes como *M. senecionidis*, especie con alta frecuencia en Pescaderito (Castellanos-Castro y Bonilla, 2011).

En cuanto a la regeneración natural de *Q. humboldtii* se ha reportado que, con el aumento de la altitud, la especie disminuye su dominancia en los estratos superiores pues las condiciones ambientales para su desarrollo se han modificado, de modo que los individuos de los estratos inferiores pueden instaurarse, dado que los limitantes de competencia como luz y nutrientes disminuyen (Ocaña, 2005). Este comportamiento se evidenció en el número de plántulas registrados en Pescaderito (bosque con mayor altitud), el cual fue notablemente mayor en comparación con los otros dos bosques que se encuentran a menor altitud. De acuerdo con Avella (2016), en los robledales andinos húmedos localizados en altitudes mayores a 2600 m s. n. m., y con precipitaciones superiores a 1000 mm anuales, se presenta mayor dominancia de *Q. humboldtii* en términos de número de individuos y área basal, mientras que, en los robledales subandinos húmedos (1800-2400 m s. n. m.) en condiciones de humedad superiores a 2000 mm, se presenta la menor dominancia. Los bosques tratados aquí son robledales andinos húmedos y la mayor dominancia para esta especie se obtuvo para La Llanada (2577-2733 m. s. n. m.) seguida de Pescaderito (3029-3110 m. s. n. m.) y Santa Cruz (2626-2863 m. s. n. m.).

El IVI se ve fuertemente influenciado por la presencia de individuos de gran tamaño, *Q. humboldtii* presentó los mayores valores debido a su área basal. Esto coincide también con lo reportado para bosques tropicales, donde los árboles con alturas y diámetros mayores presentan los valores más altos de IVI (Dueñas-C *et al.*, 2007). En Colombia, *Q. humboldtii* es más abundante en las laderas secas de las cordilleras, particularmente en la ladera occidental de la Cordillera Oriental (Cavelier *et al.*, 2001), ladera sobre la que están situados los robledales muestreados en este estudio. Los robledales de esta investigación pertenecen a la vegetación de la clase *Myrsino coriaceae-Quercetea humboldtii*, la cual se establece en la región andina (por encima de 2400 m. s. n. m.) en localidades cuyos montos de precipitación anual son menores de 2000 mm (Avella, 2016). Entre las especies con alto predominio ecológico reportadas en Marín-Corba y Betancur (1997) están *T. meridionalis* y *Weinmannia* sp. 1, mientras en nuestro estudio se destacan *H. racemosum*, *Cyathea* sp. 1, *D. karsteniana*, *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. y Schult., *T. floribunda*, *C. hachensis*, *Myrtaceae* sp. 1 y *Solanum* sp. 1. En general, el IVI de las especies de los tres bosques difiere entre sí, lo cual puede darse por la heterogeneidad entre los bosques estudiados.

DIVERSIDAD ALFA Y BETA

Se ha evidenciado que existe mayor diversidad de individuos con $DAP \geq 10$ cm en robledales a una altitud menor de 2500 m y con precipitación mayor de 2000 mm anuales (Avella, 2016), y comparativamente, otros estudios en robledales entre 2100-2400 m. s. n. m., reportan mayor

diversidad para los individuos con $DAP \geq 10$ cm (Ávila *et al.*, 2010; Segura-Madriral *et al.*, 2020) que la obtenida en este estudio. Los valores del índice de Shannon estimados para bosques de la Cordillera Oriental oscilan entre 0,98 y 4,42 (Ávila *et al.*, 2010), de manera que se puede considerar que todos los bosques en este estudio presentan de media a alta diversidad (Tabla 2). La baja diversidad alfa para La Llanada en comparación con los demás sitios puede estar relacionada con la alta dominancia en este bosque de *Q. humboldtii*, la cual genera efectos alelopáticos e inhibe el crecimiento de otras especies (Lozano y Torres, 1974).

La alta diversidad encontrada en Santa Cruz y Pescaderito puede deberse al elevado grado de alteración de la cobertura vegetal, como resultado de la ganadería y la agricultura de cultivos de papa, caña, maíz, café, entre otros, los cuales sustentan económicamente los municipios de San Andrés y Málaga, dado que los disturbios mencionados y la pendiente del terreno facilitan que se desarrollen especies arbustivas que se adaptan a suelos intervenidos (Olaya-Angarita *et al.*, 2019). Además, se ha señalado que la perturbación antrópica puede generar mayor diversidad de especies en un lugar (Randall *et al.*, 2007). Es relevante recordar también que el bosque de Santa Cruz está inmerso en parches de bosque andino mixto, lo cual es notable en sus altos valores de riqueza aun cuando exhibe alta dominancia de *Q. humboldtii*. El hábito más diverso para los tres sitios fue helechos herbáceos terrestres, el cual representó el mayor aporte a la riqueza total en Pescaderito y Santa Cruz.

A pesar de que La Llanada y Santa Cruz se encuentran localizados en rangos altitudinales cercanos, estos bosques presentaron los menores valores de similaridad entre ellos para familias, géneros y especies, esto puede deberse al estado de madurez de la cobertura vegetal, el estado sucesional, la dominancia de *Q. humboldtii* y la matriz paisajística en la que se encuentran ambos sitios. Igualmente, estos factores pueden influenciar los bajos valores de diversidad por hábito para La Llanada en comparación con Pescaderito y Santa Cruz. Sin embargo, al evaluar la similaridad por hábito de crecimiento La Llanada y Santa Cruz presentan el valor más alto para los arbustos a nivel de familias y de géneros. Finalmente, es interesante anotar que en Pescaderito y Santa Cruz se encontraron los mayores valores de abundancia y riqueza para plantas escandentes, lo cual se ha asociado con bosques en estadios de sucesión temprana (Dewalt *et al.*, 2000) y con disturbios naturales o antrópicos que propician la presencia de claros en el bosque (Linares, 2001; Malizia y Grau, 2008).

CONCLUSIONES

La metodología empleada en este estudio permitió determinar la riqueza total terrestre de manera más completa al considerar hábitos de crecimiento no arbóreos. A partir de este muestreo fue posible estimar la estructura y diversidad para los tres bosques de roble, la diversidad de cada

hábito de crecimiento y el grado de similitud entre sitios a nivel de especies, géneros y familias. Debido a su historia de uso, grado de conservación y diferencias en cuanto al área y altitud entre los tres bosques (Tabla 1), se evidenciaron diferencias en la riqueza, composición florística y diversidad de especies. Los resultados obtenidos aquí coinciden con lo propuesto por otros autores, pues se evidencia el aporte significativo a la riqueza y diversidad que representan los hábitos de crecimiento no arbóreos, aspecto relevante para el reconocimiento florístico de la zona, de la cual se cuenta con poca información y pocas colecciones depositadas en herbarios. Nuestros resultados demuestran que la inclusión de otras formas de crecimiento no arbóreos representa entre el 70-80 % de la riqueza total de especies, y la no inclusión de estas plantas en inventarios florísticos hace que se pierda mucha información. Adicionalmente, las novedades taxonómicas reportadas en esta investigación dan cuenta de la riqueza presente en esta zona altamente intervenida, por lo que resulta indispensable explorar su flora, lo cual es fundamental para la generación de políticas de conservación y manejo sostenible de los bosques andinos.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

HCC diseño, toma de datos, análisis y escritura del documento, SMA diseño, toma de datos, análisis y escritura del documento, DS concepción y escritura del documento, FAA diseño, análisis y escritura del documento y BSV diseño, análisis y escritura del documento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las familias Otero, Villabona y Varelo. A los equipos de los herbarios HUA, JBB y COL.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores manifiestan no tener conflictos de intereses.

REFERENCIAS

- Aide, T. M., Grau, H. R., Graesser, J., Andrade-Nuñez, M. J., Aráoz, E., Barros, A. P., Campos-Cerqueira, M., Chacon-Moreno, E., Cuesta, F., Espinoza, R., Peralvo, M., Polk, M. H., Rueda, X., Sanchez A., Young, K. R., Zarbá, L. and Zimmerer, K. S. (2019). Woody vegetation dynamics in the tropical and subtropical Andes from 2001 to 2014: Satellite image interpretation and expert validation. *Global change biology*, 25(6), 2112-2126. <https://doi.org/10.1111/gcb.14618>
- Arroyo-Rodríguez, V., Pineda, E., Escobar, F. and Benítez-Malvido, J. (2009). Value of small patches in the conservation of plant-species diversity in highly fragmented rainforest. *Conservation Biology*, 23(3), 729-739. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01120.x>
- Avella, A. y Cárdenas, L. M. (2010). Conservación y uso sostenible de los bosques de roble en el Corredor de Conservación Guantiva-La Rusia-Iguaque, departamentos de Santander y Boyacá, Colombia. *Colombia forestal*, 13(1), 5-25. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2010.1.a01>
- Avella, A. (2016). *Los bosques de robles (Fagáceas) en Colombia: Composición florística, estructura, diversidad y conservación* [Tesis de doctorado]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58354>
- Avella, A. y Ávila F. A. (2017). La flora vascular de los bosques de roble (Fagaceae) en Colombia: aproximación inicial. En J. O. Rangel-Ch (Ed.). *Colombia Diversidad Biótica XV. Los Bosques de Robles (Fagaceae) en Colombia. Composición Florística, Estructura, Diversidad y Conservación*. (1ª ed., pp. 215-229). Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales.
- Ávila, F. A., Ángel, S. P. y 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.for.2010.1.a04>
- Boschman, L. M. (2021). Andean mountain building since the Late Cretaceous: A paleoelevation reconstruction. *Earth-Science Reviews*, 220(103640). <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103640>
- Brown, A. D. y Kappelle, M. (2001). Introducción a los bosques nublados del neotrópico: una síntesis regional. *Bosques nublados del neotrópico*. (pp. 25-40.) Autoedición, Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 203-216. <https://doi.org/10.15381/rpb.v12i2.2394>
- Castellanos-Castro, C. y Bonilla, M. A. (2011). Grupos funcionales de plantas con potencial uso para la restauración en bordes de avance de un bosque altoandino. *Acta Biológica Colombiana*, 16(1), 153-174. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/11582>
- Castro-Navarro, J., Sahagún-Sánchez, F. J. y Reyes-Hernández, H. (2017). Dinámica de fragmentación en la Sierra Madre Oriental y su impacto sobre la distribución potencial de la avifauna. *Madera y Bosques*, 23(2), 99-117. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321429>
- Cavelier, J., Lizcano, D. y Pulido, M. T. (2001). El Caribe y los países del continente americano: Colombia. En M. Kappelle M y A. D. Brown (Eds.). *Bosques Nublados del Neotrópico*. (pp.443-496). Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Cortés, L. (2009). *Caracterización de la vegetación de cuatro bosques de Roble ubicados en las veredas de Patios Altos y Canadá, Municipio de Encino, Santander* [Tesis de grado en Biología]. Pontificia Universidad Javeriana.

- David-Higuita, H. y Álvarez-Dávila, E. (2018). Riqueza total de especies de plantas vasculares en un bosque andino de la Cordillera central de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(1), 227-236. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.27548>
- Dewalt, S. J., Schnitzer, S. A. and Denslow, J. S. (2000). Density and diversity of lianas along a chronosequence in a central Panamanian lowland forest. *Journal of Tropical Ecology*, 16(1), 1-19. <https://doi.org/10.1017/S0266467400001231>
- Dueñas-C, A., Betancur, J. y Galindo-T, 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.for.2007.1.a02>
- Duque, A., Álvarez, E., Rodríguez, W. y Lema, A. (2013). Impacto de la fragmentación en la diversidad de plantas vasculares en bosques andinos del nororiente de Colombia. *Colombia forestal*, 16(2), 115-137.
- Galindo-T. R., Betancur, J. y Cadena-M, J. 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.
- Galindo-C, T. y Correa-G, D. F. (2006). Caracterización fisonómica de un relicto de bosque de roble ubicado en la vereda El Ocaso, municipio de Bojacá, Colombia. En: C. Solano y N. Vargas (Eds.). *Memorias del I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados*. (pp. 95-100). Fundación Natura-Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Gentry, A. H. (1995). Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. In S. P. Churchill, H. Balslev, E. Forero y J. L. Luteyn (Eds.). *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests* (pp. 103-126), The New York Botanical Garden.
- Giraldo, A. M. O., Guadarrama, A. C., Desanti, L. C., Pereira, J. C. Z. y Salom-Pérez, R. (2019). Evaluación de la conectividad del paisaje de la cuenca media del cañón del río Barbas, Municipio de Filandia, Colombia. *Mesoamericana*, 23(1), 17-39.
- Graham, A. (2009). Los Andes: un panorama geológico desde una perspectiva biológica. *Anales del Jardín Botánico de Missouri*, 96(3), 371-385. <https://doi.org/10.3417/2007146>
- Hernández-G, M., Rosales-C. N. y Cortés, S. P. (2011). Riqueza y diversidad florística de un bosque de niebla subandino en la Reserva Forestal Laguna De Pedro Palo (Tena-Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 7(1), 33-47.
- Isa-Jaum. (2004). Propuesta metodológica de parcelas normalizadas para los inventarios de vegetación. *Equipo de Investigación Convenio IsaJaum*. p. 3-10. Medellín.
- Linares-Palomino, R., Cardona, V., Hennig, E. I., Hensen, I., Hoffmann, D., Lenzion, J., Soto, D., Herzog, S. K. and Kessler, M. (2009). Non-woody life-form contribution to vascular plant species richness in a tropical American forest. *Plant Ecology*, 201(1), 87-99. <https://doi.org/10.1007/s11258-008-9505-z>
- Linares Castillo, E. L. (2001). Aproximación al conocimiento de los bejucos de Colombia. *Caldasia*, 23(1), 169-179. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/17651>
- Lozano, G. y Torres, J. H. (1974). Aspectos generales sobre la distribución, sistemática fitosociológica y clasificación ecológica de los bosques de robles (*Quercus*) en Colombia. *Ecología Tropical*, 1(2), 45-79.
- Malizia, A. and Grau, H. R. (2008). Landscape context and microenvironment influences on liana communities within treefall gaps. *Journal Vegetation Science*, 19(5), 597-604. <https://dx.doi.org/10.3170/2008-8-18413>
- Marín-Corba, C. A. y Betancur, J. (1997). Estudio florístico en un robleal del santuario de flora y fauna de Iguaque (Boyacá, Colombia). *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, 21(80), 249-259. [https://doi.org/10.18257/raccefyn.21\(80\).1997.2974](https://doi.org/10.18257/raccefyn.21(80).1997.2974)
- Muñoz, A. y Camacho, L. M. (2010). Conservación y uso sostenible de los bosques de roble en el corredor de conservación Guantiva-La Rusia-Iguaque, Departamentos de Santander y Boyacá, Colombia. *Colombia Forestal*, 13(1), 5-25. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2010.1.a01>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B. and Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(1), 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Olaya-Angarita, J. A., Díaz-Pérez, C. N. y Morales-Puentes, M. E. (2019). Composición y estructura de la transición bosque-páramo en el corredor Guantiva-La Rusia (Colombia). *Revista Biología Tropical*, 67(4), 755-768. <https://doi.org/10.15517/RBT.V67I4.31965>
- Ocaña, Y. G. (2005). Caracterización florística y estructural de unidades de bosque andino en las veredas Minas y Patios Altos del municipio de Encino, Santander. *Colombia forestal*, 9(18), 70-86. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2005.1.a06>
- Peña-Becerril, J. C., Monroy-Ata, A., Álvarez-Sánchez, F. J. y Orozco-Almanza, M. S. (2005). Uso del efecto de borde de la vegetación para la restauración ecológica del bosque tropical. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 8(2), 91-98.
- Pulido, M. T., Cavelier, J. and Cortés-S, S. P. (2006). Structure and Composition of Colombian Montane Oak Forests. En M. Kappelle (Ed.). *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests*, (pp. 141-151). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-28909-7_11
- Rahbek, C., Borregaard, M. K., Antonelli, A., Colwell, R. K., Holt, B. G., Nogues-Bravo, Rasmussen, C. M. O., Richardson, K., Rosing, M. T., Whittaker, R. J. and Fjeldså, J. (2019). Building mountain biodiversity: Geological and

- evolutionary processes. *Science*, 365(6458), 1114-1119. <https://doi.org/10.1126/science.aax0151>
- Randall, A., Byrnes, J. E., Kimbro, D. L. and Stachowicz, J. J. (2007). Reciprocal relationships and potential feedbacks between biodiversity and disturbance. *Ecology Letters*, 10(9), 849-864. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01075.x>
- Segura-Madrigal, M. A., Andrade, H. J. y Sierra-Ramírez, E. (2020) Diversidad florística y captura de carbono en robledales y pasturas con árboles en Santa Isabel, Tolima, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 383-393. <https://doi.org/10.15517/RBT.V68I2.37579>
- Tovar, C., Carril, A. F., Gutiérrez, A. G., Ahrends, A., Fita, L., Zaninelli, P., Flombaum, P., Abarzúa, A. M., Alarcón, D., Aschero, V., Báez, S., Barros, A., Carilla, J., Ferrero, M. E., Flantua, S. G. A., Gonzáles, P., Menéndez, C. G., Pérez-Escobar, O. A., Pauchard, A., Ruscica, R. C., Särkinen, T., Sörensson, A. A., Srur, A., Villalba, R. and Hollingsworth, P. M. (2022). Understanding climate change impacts on biome and plant distributions in the Andes: Challenges and opportunities. *Journal of Biogeography*, 49(8), 1420-1442. <https://doi.org/10.1111/jbi.14389>
- Triana-Moreno, L. A. y Murillo-A, J. (2005). *Helechos y plantas afines de Albán (Cundinamarca): El bosque subandino y su diversidad*. (1ª ed., pp. 11-34). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.