

Artículo original

Composición y distribución vertical de epífitas vasculares, no vasculares y líquenes en el bosque El Mangón, Cauca, Colombia

Composition and vertical distribution of vascular and non-vascular epiphytes, and lichens in “El Mangón” forest, Cauca, Colombia

✉ Luis Eduardo López-V^{1,2,*}, ✉ Diego Jesús Macías-Pinto^{1,3}, ✉ Yenni Paola Samboni-Ceballos⁴,
✉ Daniela Velasco⁵, ✉ Jhoy Fleming Córdoba-Calvo³

¹ Grupo de estudios sobre diversidad vegetal SACHAWAIRA, Grupo Etnobotánico Latinoamericano GELA, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

² Doctorado en Etnobiología y Estudios Bioculturales, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

³ Doctorado en Ciencias Ambientales, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

⁴ Maestría en Educación Sostenible y Gestión Ambiental Territorial, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia

⁵ Departamento de Biología, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

Resumen

Se evaluó la composición florística y la distribución vertical de epífitas, así como la relación entre la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los forófitos y la riqueza de estas especies. El análisis de diversidad se hizo mediante los índices de Shannon-Wiener y Simpson. Se muestreó un área total de 24 hectáreas, con 71 forófitos (36 en el borde o exterior del bosque y 35 en el interior del remanente). La abundancia de epífitas vasculares se estimó por conteo de individuos y la de las no vasculares mediante el área de cobertura proyectada (cm²). Se registraron 123 especies de epífitas distribuidas en 92 géneros, 50 familias y 28 órdenes. Los musgos (Bryophyta) fueron el grupo más diverso, con 47 especies, seguidos por los hongos liquenizados (Ascomycota) con 28 y las angiospermas con 23. Las epífitas no vasculares representaron el 65,9 % de la abundancia total, siendo la familia Bryaceae la de mayor riqueza, con siete especies, seguida por Hypnaceae, Dicranaceae y Orthotrichaceae, con cinco especies cada una. Entre las epífitas vasculares (10.074 individuos), la familia Orchidaceae fue dominante, con especies como *Lepanthes tracheia* (623 individuos) y *Epidendrum melinanthum* (619 individuos). Los índices de diversidad indicaron una diversidad media ($D > 0,79$). La estratificación vertical mostró diferencias significativas, con mayor abundancia en el tronco. La especie del forófito explicó el 58 % de la variación en la composición de epífitas, destacándose *Lacistema aggregatum*, *Myrsine guianensis* y *Aiouea montana* como los hospederos más diversos. Las recolecciones se hicieron en el marco de un trabajo de grado (Res. 1053/2022, Universidad del Cauca) amparado por el permiso marco de la ANLA No. 001040/2025. Este trabajo es el primer registro cuantitativo de epífitas vasculares y no vasculares en un bosque subandino del Cauca.

Palabras clave: briofitas; diversidad; epífitas vasculares; forófitos; líquenes; bosque subandino.

Abstract

We evaluated the floristic composition and vertical distribution of epiphytes, as well as the relationship between phorophyte height and diameter at breast height (DBH) and the richness of these species. Diversity was analyzed using the Shannon–Wiener and Simpson indices. A total area of 24 ha was sampled, including 71 phorophytes, of which 36 were located at the forest edge or exterior and 35 in the interior of the remnant. The abundance of vascular epiphytes was estimated by counting individuals, whereas non-vascular epiphytes were quantified through projected cover area (cm²). We recorded 123 epiphyte species across 92 genera, 50 families, and 28 orders. Mosses (Bryophyta)

Citación: López-V LE, et al.
Composición y distribución vertical de epífitas vasculares, no vasculares y líquenes en el bosque El Mangón, Cauca, Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 50(196):777-789, julio-septiembre de 2026. doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.3596>

Editor: Elizabeth Castañeda

***Correspondencia:**

Luis Eduardo López-V;
lelopez@unicauca.edu.co

Recibido: 24 de noviembre de 2025

Aceptado: 23 de junio de 2026

Publicado en línea: 21 de julio de 2026



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

were the most diverse group, with 47 species, followed by lichenized fungi (Ascomycota) with 28 species and angiosperms with 23 species. Non-vascular epiphytes represented 65.9% of the total abundance, and Bryaceae was the richest family, with seven species, followed by Hypnaceae, Dicranaceae, and Orthotrichaceae, with five species each. Among vascular epiphytes (10,074 individuals), Orchidaceae was the dominant family, with *Lepanthes tracheia* (623 individuals) and *Epidendrum melinanthum* (619 individuals) as the most abundant species. Diversity indices indicated intermediate diversity ($D > 0.79$). Vertical stratification showed significant differences, with the trunk presenting the highest abundance. Phorophyte species explained 58% of the variation in epiphyte composition, with *Lacistema aggregatum*, *Myrsine guianensis*, and *Aiouea montana* identified as the most diverse host species. Specimens were collected as part of an undergraduate thesis project (Res. 1053/2022, Universidad del Cauca) under the ANLA framework permit No. 001040/2025. This study constitutes the first quantitative record of vascular and non-vascular epiphytes in a sub-Andean forest in Cauca.

Keywords: Bryophytes; diversity; vascular epiphytes; phorophytes; lichens; sub-Andean forest.

Introducción

Las epífitas son plantas que, sin comportarse como parásitas, completan su ciclo de vida creciendo sobre forófitos y utilizándolos únicamente como soporte (Zotz, 2016; Pérez-Noyola *et al.*, 2021). En condiciones particulares, como las descritas para *Tillandsia recurvata* en hábitats semiáridos, una gran densidad de epífitas puede generar cambios estructurales y ecofisiológicos en las ramas del hospedero, llegando incluso a comprometer su fenología (Pérez-Noyola *et al.*, 2021).

Además de las epífitas vasculares, los hongos liquenizados y los briófitos colonizan la superficie de los árboles. Aunque tradicionalmente consideradas comensales, estas comunidades pueden incidir en la función del hospedero al interceptar recursos como la luz, el agua y los nutrientes, afectando su crecimiento (Stanton *et al.*, 2014). En condiciones de alta cobertura la acumulación de biomasa de líquenes y musgos promueve la retención de humedad en la corteza, lo que puede facilitar el crecimiento de patógenos o alterar el intercambio gaseoso (Lakatos *et al.*, 2006; Lakatos, 2011).

Las especies de forófitos que albergan epífitas contribuyen a estructurar la complejidad de los bosques subandinos. Ofrecen una gran diversidad de nichos ecológicos y la presencia de microhábitats únicos debido a la acumulación de materia orgánica y agua conocidos como “suelos de dosel” (Cardelús & Mack, 2010; Cardelús *et al.*, 2020). Estos microsistemas sostienen microorganismos e invertebrados (Gotsch *et al.*, 2016; Humphreys & Spicer, 2025).

En conjunto, las epífitas vasculares y no vasculares, así como los hongos liquenizados contribuyen de manera significativa a la biodiversidad y a las funciones ecológicas de los bosques. En estudios recientes se ha analizado su distribución vertical y colonización en diferentes ecosistemas, aportando información sobre su composición florística y su papel en la diversidad arbórea (Joya *et al.*, 2025; Feuillet-Hurtado & Torres, 2016). Sin embargo, el muestreo a grandes alturas continúa siendo un reto metodológico (Díaz *et al.*, 2021).

Los rasgos fitofisionómicos del forófito, tales como la textura de la corteza o la arquitectura del árbol, determinan la composición y la distribución espacial de las epífitas en los bosques subandinos (Murillo & Triana, 2024; Romero & Devoto, 2024). Las cortezas rugosas y fisuradas, capaces de acumular detritos y agua, constituyen micrositios favorables para la colonización y persistencia de estas plantas (Schievenin *et al.*, 2024). La información obtenida en este tipo de estudios es esencial para la conservación de sitios de gran valor biótico, ya que complementa el conocimiento sobre la diversidad y la riqueza de especies que puede respaldar la formulación de estrategias de manejo ambiental.

Un ejemplo relevante es el remanente boscoso El Mangón, localizado en Tunia, Piendamó (Cauca). Este espacio es reconocido por su importancia biológica y paisajística, aunque se encuentra amenazado por la extracción de madera, el aprovechamiento de

productos forestales no maderables, los incendios intencionales, la cacería y la propuesta de construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PETAR). Ante esta situación, el propietario pretende declararlo reserva natural de la sociedad civil.

En este contexto, los objetivos específicos del estudio fueron: (1) caracterizar la composición florística de epífitas vasculares, no vasculares y hongos liquenizados; (2) analizar la distribución vertical de estas comunidades, y (3) determinar la relación entre las características de los forófitos (especie, DAP, altura) y la diversidad de epífitas asociadas.

Materiales y métodos

Área de estudio

El remanente de bosque se encuentra en Tunia, Piendamó, Cauca ($2^{\circ}40'52,2''$ N, $76^{\circ}32'25,5''$ W) (**Figura 1**), y cubre 24 ha en elevaciones de 1.600 a 1.650 m. Tiene una temperatura media anual de 18°C y una precipitación media anual de 2.300 mm. Corresponde a un bosque húmedo premontano tropical (bh-PT) según **Holdridge** (1978), o a una selva subandina según **Cuatrecasas** (1958).

El remanente limita al este con monocultivos de flores, al oeste y el norte con pastizales asociados al proyecto vial “segunda calzada Popayán–Santander de Quilichao” y al sur con la carretera hacia el área urbana de Tunia. Está atravesado por tres afluentes (ríos Colcha y El Espino y quebrada Grande) y un nacimiento, lo que resalta su importancia en la provisión de servicios ecosistémicos, especialmente el recurso hídrico (**Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**, 2012).

Muestreo de epífitas y tratamiento de datos

Siguiendo el protocolo de **Gradstein et al.** (2003), se seleccionaron 71 individuos: 36 en el borde y 35 en el interior del bosque, separados entre sí por al menos 5 m, con un DAP de 1,6 a 50 cm y alturas entre 2,5 y 27 m, con el fin de muestrear varios estratos del remanente boscoso.

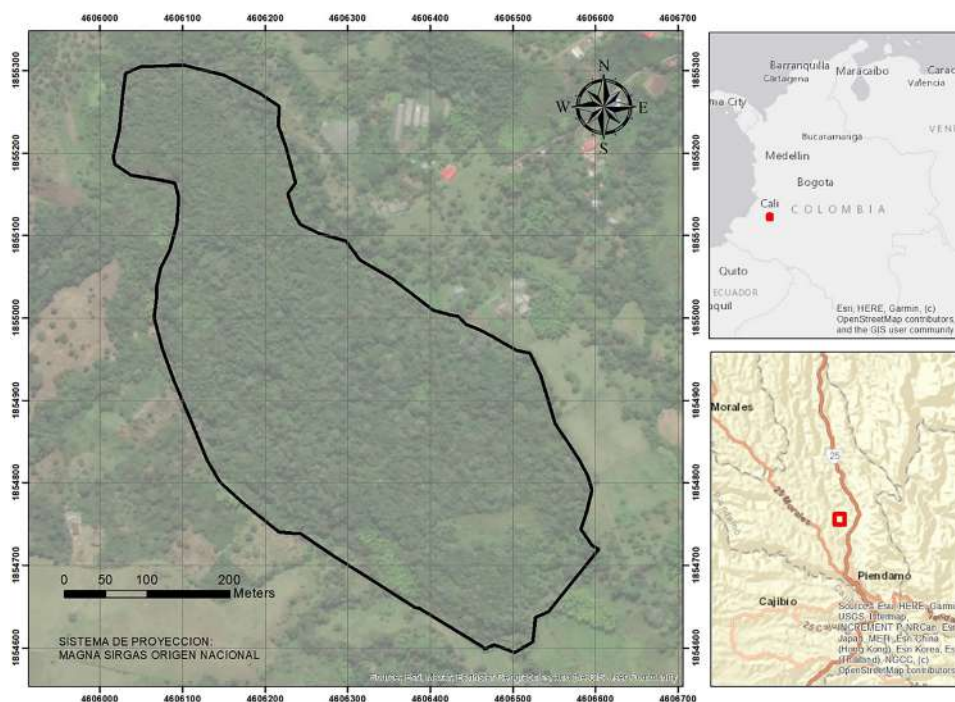


Figura 1. Área de estudio, remanente boscoso El Mangón, ubicado en Tunia, Piendamó, Cauca, Colombia

La presencia de epífitas se registró de acuerdo con las zonas propuestas por **Johansson (1974)** y modificadas por **Gradstein et al. (2003)** (**Figura 2**): 1= tronco (T), 2= copa media (Cm) y 3= copa externa (Ce).

La abundancia de epífitas vasculares se estimó contando los individuos por forófito (**Reina-Rodríguez y Rojas-Flórez, 2023**). El área de cobertura de las epífitas no vasculares se midió proyectada mediante una plantilla de acetato siguiendo el método de Braun-Blanquet adaptado (**Westhoff & van der Maarel, 1978**).

La recolección del material vegetal fue parte del trabajo de grado titulado “Composición y estructura florística de un remanente boscoso en el corregimiento de Tunía, municipio de Piendamó – Tunía, Cauca”, aprobado mediante Resolución No. 1053 del 1 de diciembre

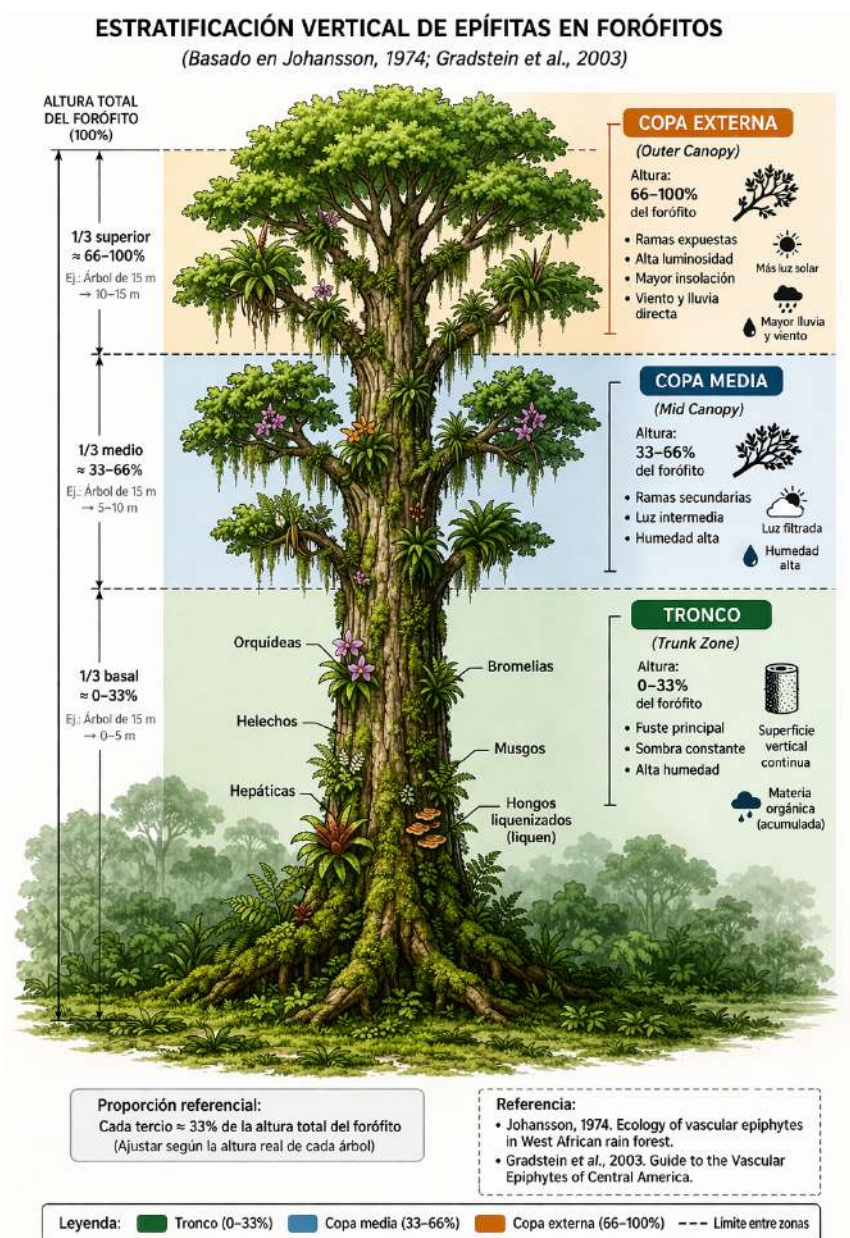


Figura 2. Zonificación del forófito (modificado de **Johansson, 1974**). Zona 1: tronco: incluye desde las raíces hasta la primera ramificación de la copa. Zona 2: copa media (Cm): todo el conjunto del dosel de las ramas medias. Zona 3: copa externa (Ce): todo el conjunto de ramas altas o externas

de 2022 por el Consejo de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación de la Universidad del Cauca. Las recolecciones se hicieron al amparo del permiso marco de recolección de especímenes de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial, otorgado a la Universidad del Cauca mediante Resolución de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) No. 001040 del 30 de mayo de 2025.

Análisis de los datos de la estructura vertical de epífitas

Se estimaron diferentes índices ecológicos utilizando el *software* estadístico RStudio (**R Core Team**, 2023). Los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Simpson (λ), y el índice de similitud de Bray-Curtis (**Bray & Curtis**, 1957) se calcularon inicialmente para describir la riqueza, la equitatividad y la composición de las especies de epífitas estudiadas.

La diversidad se calculó en RStudio (**R Core Team**, 2023) usando los índices de Shannon-Wiener (H' ecuación 1) y Simpson (λ ecuación 2)

$$H' = -\sum_i^S p_i \ln(p_i) \quad (1)$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad (2),$$

donde p_i es la proporción de individuos de la especie i y S el número total de especies.

Se evaluó la homogeneidad de varianzas univariadas con la prueba de Levene y la dispersión multivariada con Permdisp (**Anderson**, 2006). La estructura de la variación entre grupos se verificó con Permanova (**Anderson et al.**, 2008) y ANOSIM (**Clarke**, 1993), y las contribuciones de especies se estimaron con SIMPER. Las relaciones entre comunidades se visualizaron mediante NMDS con distancia de Bray–Curtis usando *vegan* (**Oksanen et al.**, 2023) en R [versión 4.5.0].

La normalidad se verificó con las pruebas de Shapiro–Wilk y Kolmogorov–Smirnov; cuando esta no se cumplía, se aplicaron pruebas no paramétricas (Kruskal–Wallis) con comparaciones *post hoc* de Dunn y ajuste de Bonferroni. La relación de la riqueza con clases diamétricas y altimétricas se analizó con ANOVA cuando se cumplían la normalidad y la homocedasticidad (Levene) o, en caso contrario, con Kruskal–Wallis; las comparaciones múltiples se ajustaron con Holm–Bonferroni.

Para describir la red forófito–epífita, la tabla de coocurrencias se transformó en una matriz de adyacencia y se construyó una red bipartita en R con *igraph* (**Csardi & Nepusz**, 2006), *bipartite* (**Dormann et al.**, 2008), *tidygraph* y *ggraph*.

Resultados

Composición florística

Se registraron 123 especies de epífitas distribuidas en 92 géneros, 50 familias y 28 órdenes (**Tabla 1S**, <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/3596/5367>). Entre las no vasculares, Bryophyta fue el grupo más diverso (47 especies), seguido de Ascomycota (28 especies) y Marchantiophyta (6 especies). Las epífitas no vasculares representaron 65,9 % de la abundancia (cobertura proyectada), siendo Pterobryaceae la familia más abundante (1.075 cm²).

Entre las vasculares, Angiospermae aportó la mayor abundancia relativa; Monilophyta y Lycopodiophyta fueron minoritarias. Las epífitas vasculares sumaron 10.075 individuos. En Angiospermae, Orchidaceae fue dominante; las especies frecuentes incluyeron *L. tracheia*, *Lepanthes tracheia* y *Epidendrum melinanthum*. Bromeliaceae fue la segunda familia en abundancia, en tanto que Monilophyta y Lycopodiophyta contribuyeron con proporciones menores (**Figura 3**).

Composición de epífitas en relación con la posición del forófito en el remanente boscoso (interior Vs. exterior)

La dispersión fue comparable entre grupos (ANOVA de homogeneidad de dispersión no significativo, $F = 1.1308$, $\text{Pr}(>F) = 0,2943$). Las pruebas Permanova y Anosim no detectaron diferencias en la composición entre el interior y el exterior o el borde del bosque

($F = 0,5849$, $R^2 = 0,01516$, $\text{Pr}(>F) = 0,992$ y $R = -0,07133$, $\text{Pr} = 0,998$). La ordenación multidimensional no métrica (NMDS) (**Figura 1S**, <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/3596/5367>) confirmó visualmente la falta de grupos definidos en las ubicaciones de muestra, con gran superposición entre los grupos del interior y el exterior.

Estructura vertical

Distribución de epífitas por estrato. La distribución de las epífitas entre el tronco (T), la copa media (Cm) y la copa externa (Ce) presentó diferencias significativas según las pruebas de Permdisp ($p < 0,05$; $p = 0,01921$) y Kruskal-Wallis ($p < 0,05$, $p = 0,0002744$).

La distribución vertical de las especies de epífitas (**Figura 4**) evidenció cómo en el estrato Ce *Tillandsia sp.*, *Pleopeltis astrolepis* y *Philodendron sp.* exhibieron una mayor abundancia relativa, en tanto que en el estrato Cm, *Polytaenium lineatum*, *L. tracheia* y

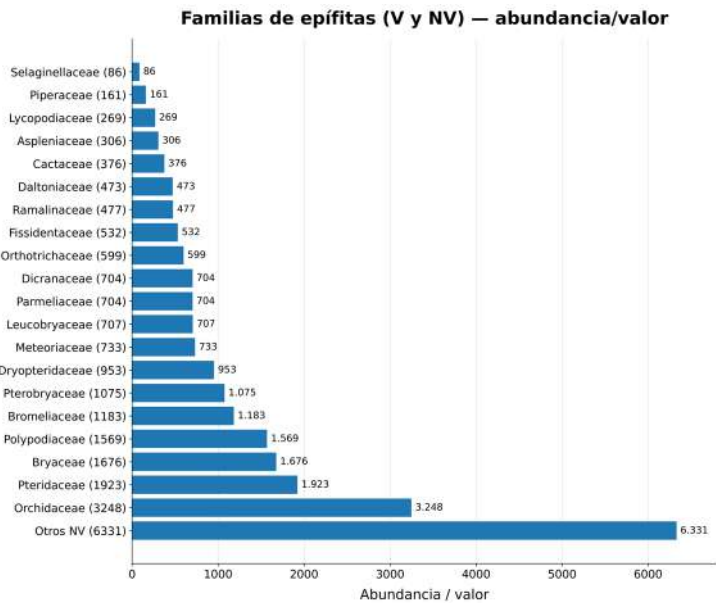


Figura 3. Número de individuos de las familias más representativas. V: epífitas vasculares; NV: epífitas no vasculares.

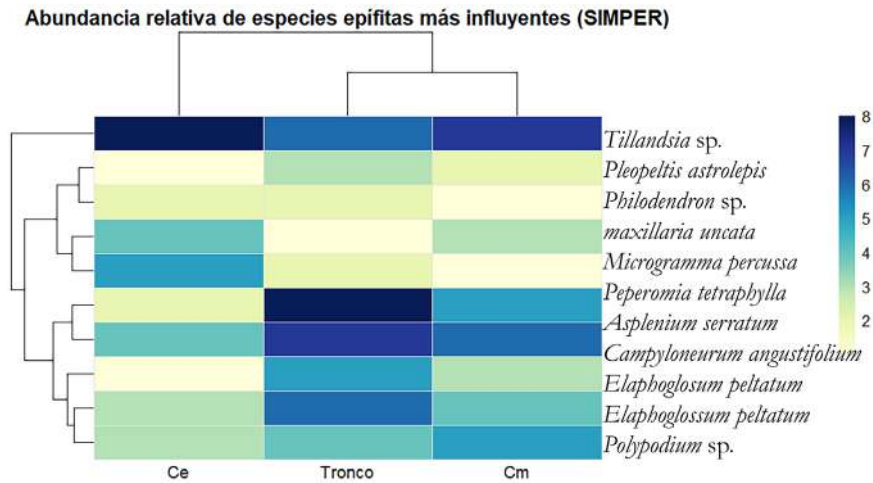


Figura 4. Mapa de calor (*heatmap*) de la abundancia relativa de especies epífitas más influyentes según análisis Simper. Ce: copa externa; Cm: copa media; T: tronco

E. melinanthum fueron más abundantes. En el estrato del tronco se presentó una mezcla de especies, siendo *P. lineatum* la más común. Este patrón se reforzó con el análisis de la importancia ecológica de las especies por estratos (Tabla 1), el cual mostró la importancia relativa de especies como *P. lineatum* y *L. tracheia* en varios estratos, aunque con diferentes contribuciones relativas.

Composición por especie de forófito

Las comunidades de epífitas con mayor riqueza y equitatividad en forófitos fueron *Lacistema aggregatum* ($H' \approx 4,35$, $D \approx 0,98$), *Myrsine guianensis* ($H' \approx 4,15$, $D \approx 0,98$) y *Aiouea montana* ($H' \approx 4,02$, $D \approx 0,98$), en tanto que forófitos como *Inga densiflora*, *Miconia octona* y *Miconia theaezans* presentaron valores bajos ($H' \approx 1,7-1,8$; $D \approx 0,79-0,82$), lo que evidenció la dominancia de pocas especies. En promedio, los valores de Simpson fueron altos ($>0,79$) (Figura 5).

Tabla 1. Especies con mayor índice de valor de importancia de epífitas en los diferentes estratos

Especie	IVI general	Ce	Cm	Tronco
<i>Polytaenium lineatum</i>	17,71	14,34	17,46	18,75
<i>Lepanthes tracheia</i>	7,09	6,90	7,38	6,89
<i>Epidendrum melinanthum</i>	6,94	3,99	6,96	7,34
<i>Calyptothecium duplicatum</i>	6,05	–	6,43	6,37
<i>Hilbrandtiella guyanensis</i>	5,46	8,49	5,63	4,78
<i>Atractylocarpus longisetus</i>	5,30	2,51	5,36	5,69
<i>Adelothecium bogotense</i>	5,28	5,56	5,65	4,99
<i>Serpocaulon levigatum</i>	4,26	9,75	3,68	4,28
<i>Lopezaria versicolor</i>	4,22	6,00	3,83	4,48
<i>Elaphoglossum ellipsoideum</i>	3,84	7,35	3,51	3,76

Ce, copa externa. Cm, copa media

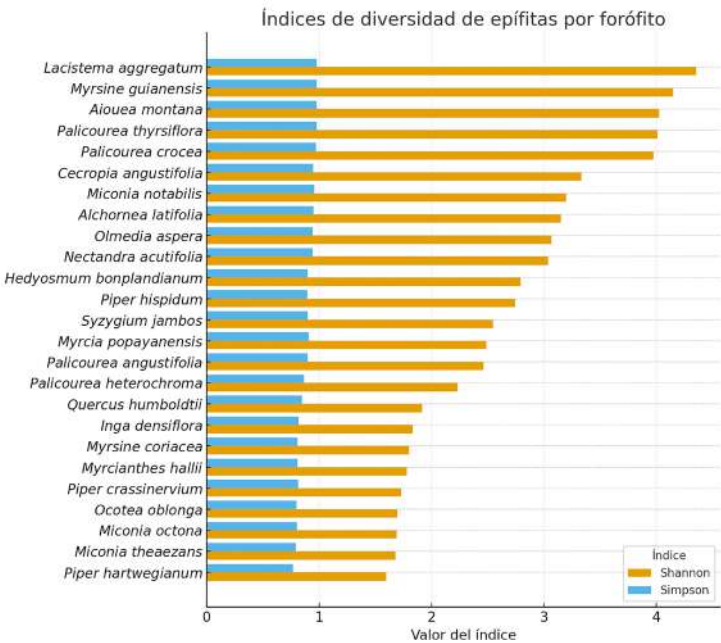


Figura 5. Índice de diversidad de epífitas por especie de forófito (Shannon (H') y Simpson (D))

En relación con lo anterior, la función Betadisper fue significativa ($F_{(21, 18)} = 11,86$, $p < 0,001$), lo que indica heterogeneidad dentro de los forófitos. El *post-hoc* de Tukey identificó a *A. montana* como uno de los forófitos con alta heterogeneidad y variabilidad frente a un grupo de hospederos con muy baja heterogeneidad ($p \approx 0,0017$), al igual que *Miconia notabilis*, *Palicourea crocea*, *Piper hispidum* y *Palicourea thyrsiflora* (p entre 0,014 y 0,03). El dendrograma basado en distancias de Bray–Curtis diferenció cuatro grupos de forófitos con distinta similitud: *L. aggregatum*, *Palicourea crocea* y *Palicourea thyrsiflora*, que se agrupan en un conjunto de gran similitud y diversidad interna, en tanto que en el otro extremo se agrupan los forófitos con poca diversidad y similitud de epífitas como *Piper hartwegianum*, *Ocotea oblonga* y *Miconia theaezans* (**Figura 2S**, <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/3596/5367>).

La prueba Permanova indicó que la especie y las características del forófito explicaron el 58 % de la variación en la composición ($R^2 = 0,5786$; $F = 1,18$; $p = 0,013$).

La riqueza de epífitas varió entre clases diamétricas y altimétricas. Las pruebas de Kruskal-Wallis y el *post-hoc* de Dunn indicaron disparidades significativas entre clases diamétricas (clase I y clase II, $Z = -3,65$, $p_{\text{adj}} = 0,0027$, **), clases altimétricas (II Vs. VI: $Z = -3,49$, $p_{\text{adj}} = 0,0270$ *; II Vs. VII: $Z = -3,74$, $p_{\text{adj}} = 0,0102$ *; II Vs. X: $Z = -3,32$, $p_{\text{adj}} = 0,0493$ *; II Vs. XIII: $Z = -4,36$, $p_{\text{adj}} = 0,0007$ ***). La riqueza tendió a máximos en árboles de menor tamaño y altitudes bajas y medias. (**Figura 6**; **Figura 3S**, <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/3596/5367>).

Estos patrones de distribución por clases diamétricas y altimétricas parecerían reflejarse en la estructura de la red forófito-epífita, en la que se evidenció una estructura sesgada y pocos nodos con alto grado, en tanto que la mayoría mostró un bajo grado (**Figura 7**). En este contexto, varias epífitas (E1), como *Elaphoglossum burchellii*, *Elaphoglossum muscosum* y *E. melinanthum*, actuaron como nodos centrales por su recurrencia en múltiples forófitos. Por otro lado, forófitos como *L. aggregatum* (F6) y *P. thyrsiflora* (F20) grado = 7, seguido por *M. guianensis* (F13) y *P. crocea* (F18) grado = 6, concentraron mayor diversidad y conectividad.

Discusión

La riqueza de epífitas registrada en el remanente boscoso fue menor que la reportada en otros ecosistemas andinos y amazónicos. Arévalo y Betancur (2004) registraron 183 especies en Chiribiquete, Rojas-Flórez y Sánchez-Montaño (2015) reportaron 133 en Pamplona y Soto-Medina *et al.* (2023) identificaron 50 morfoespecies de epífitas vasculares, 77 de briófitas y 290 de líquenes en el Valle del Cauca. Esta diferencia puede explicarse por la baja heterogeneidad estructural del bosque estudiado, caracterizado por una estructura forestal joven que limita la diversidad de nichos (Gentry & Dodson, 1987).

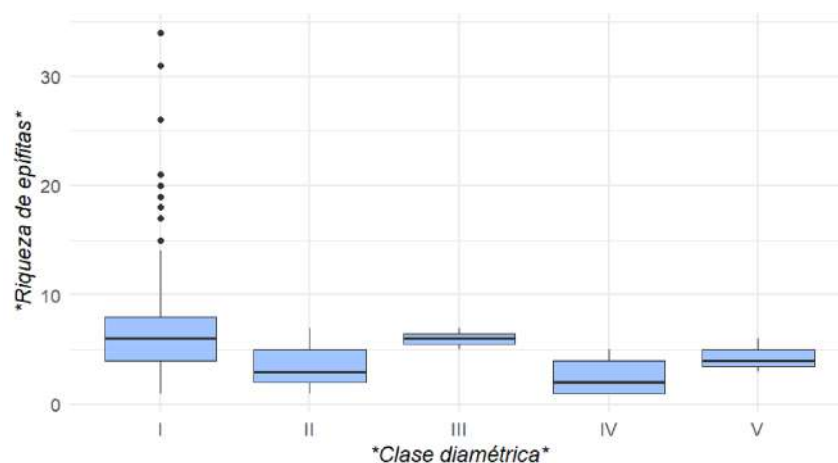


Figura 6. Riqueza de epífitas en relación con las clases diamétricas de los forófitos

En cuanto a estudios previos en el Cauca, **Feuillet-Hurtado y Torres (2016)** registraron 38 especies de hepáticas epífitas en un gradiente altitudinal entre los 1.400 y los 3.280 m, con mayor riqueza en altitudes intermedias (1.889-2.610 m), en tanto que **Bolaños y Ramírez (2009)** reportaron 274 especies de musgos para Popayán, con un pico de diversidad entre los 1.800 y los 2.100 m. En este estudio en un remanente boscoso puntual sin rangos altitudinales, registramos una menor riqueza específica de briófitos que en esos trabajos previos debido a la diferencia en la escala espacial. Sin embargo, la gran abundancia de epífitas no vasculares y la presencia de familias como Lejeuneaceae, Plagiochilaceae y Pterobryaceae confirman que la zona subandina del Cauca tiene una elevada densidad de briófitos epífitos.

En contraste, la abundancia total (10.074 epífitas vasculares más 63,8 % de no vasculares) fue alta y comparable al estudio de **Soto-Medina et al. (2015)** en bosques de transición del Pacífico colombiano. Este patrón refleja que, aunque la riqueza es menor, la densidad de individuos epífitos en el dosel es significativa.

Entre los organismos epífitos no vasculares, los musgos (Bryophyta) fueron el grupo más diverso, con especies de la familia Pterobryaceae como *Calypothecium duplicatum* y *Hildebrandtiella guyanensis*. Estos resultados concuerdan con estudios que destacan el papel de los musgos como formadores de microhábitats, pues retienen agua, nutrientes y materia orgánica que facilitan el establecimiento de otras epífitas (**Gradstein et al., 2003; Lüttge, 2008**). Los líquenes (Ascomycota) y hepáticas (Marchantiophyta) también fueron abundantes, lo que refuerza la importancia de las epífitas no vasculares en la dinámica del bosque. Nuestros hallazgos representan el primer registro cuantitativo de epífitas no vasculares en un bosque subandino del Cauca, lo que constituye un aporte relevante al conocimiento regional.

Entre las epífitas vasculares, las angiospermas fueron dominantes, especialmente la familia Orchidaceae, con especies como *L. tracheia* y *E. melinanthum*. Este patrón coincide con estudios en los Andes y en bosques secos tropicales que también reportan a Orchidaceae como grupo dominante (**Mercado-Gómez et al., 2023**). Asimismo, Bromeliaceae aportó una fracción importante de individuos, con especies adaptadas a condiciones de alta radiación y limitación de agua (**Benzing, 1990**).

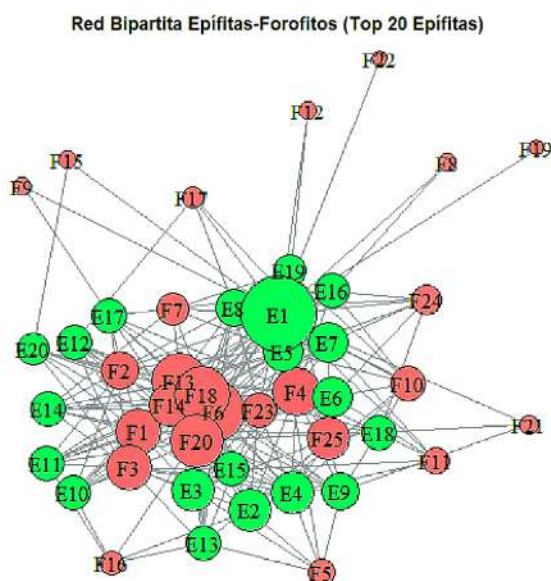


Figura 7. Red bipartita de asociaciones entre especies de epífitas y forófitos en el remanente boscoso El Mangón. Los nodos representan especies de epífitas (E) y forófitos (F), y las conexiones indican presencia de la epífita en el forófito.

La composición de epífitas no mostró diferencias significativas entre forófitos ubicados en el interior y los del borde del remanente, lo que sugiere que la posición espacial dentro del bosque tiene menor influencia que las características intrínsecas del hospedero. La especie de forófito sí explicó gran parte de la variación en la composición, lo que confirma el rol de atributos como la textura de la corteza, la arquitectura y la edad en la estructuración de comunidades epífitas (Callaway *et al.*, 2002; Zotz & Schulz, 2008).

La estratificación vertical reveló diferencias claras. El tronco presentó la mayor abundancia, mientras que la copa externa y la media albergaron especies adaptadas a condiciones más extremas de luz y humedad. Estos resultados coinciden con estudios previos en bosques tropicales que documentan una zonificación vertical marcada (Nadkarni, 1984).

Por último, el análisis de la red bipartita forófito-epífita del remanente El Mangón reveló una estructura sesgada, con pocos nodos de alto grado de conectividad y la mayoría con bajo grado (Figura 7). Este patrón coincide con lo reportado para otras redes comensalistas epífita-forófito, las cuales exhiben generalmente baja modularidad, baja especialización y estructura anidada (Naranjo *et al.*, 2019; Hu *et al.*, 2021; Francisco *et al.*, 2025). El predominio de especies periféricas en la red, es decir, aquellas con pocas interacciones tanto dentro como fuera de los módulos, sugiere que la mayoría de las epífitas registradas presentan baja especificidad hacia forófitos particulares, lo cual es coherente con la capacidad generalista que caracteriza a las comunidades epifíticas (Naranjo *et al.*, 2019).

Elaphoglossum burchellii, *E. muscosum* y *E. melinanthum* actuaron como nodos centrales en la red, al registrarse en múltiples forófitos con alta frecuencia. Siguiendo la clasificación de Guimera *et al.* (2005), estas especies corresponderían a conectores (*connectors*), es decir, especies con baja conectividad intramodular pero alta conectividad entre módulos, cuya función es articular la cohesión de la red. Resultados similares fueron reportados por Hu *et al.* (2021) en bosques tropicales y subtropicales de Yunnan (China), donde *Pseuduvaria indochinensis* y *Drypetes hoaensis* actuaron como especies conectoras en la red de briófitos epífitos, y por Francisco *et al.* (2025) en un inselberg del bosque atlántico, donde *Tillandsia liliacea* fue la única epífita con alto valor de *z*, lo cual la determinó como *hub* de módulo. La ausencia de *hubs* de red (*network hubs*) en la red del presente estudio, es decir, especies con alta conectividad dentro y entre módulos, sugiere que ninguna especie domina simultáneamente múltiples módulos, patrón también encontrado en los estudios de Hu *et al.* (2021) y Francisco *et al.* (2025), y que parece ser una característica recurrente en redes comensalistas epífita-forófito.

La condición de nodo central de *E. muscosum* y *E. melinanthum* las convierte en especies “puente” que facilitan la conexión entre módulos de la red y aportan resiliencia a la comunidad (Bascompte *et al.*, 2003). En redes con estructura anidada, la pérdida de especies altamente conectadas puede alterar la arquitectura de la red de manera desproporcionada (Hu *et al.*, 2021), lo que cobra especial relevancia en remanentes boscosos fragmentados como El Mangón, donde la reducción de especies generalistas con alta conectividad podría desestabilizar la comunidad de epífitas antes de que se produzca una extinción local formal (Francisco *et al.*, 2025). Por el contrario, los forófitos con mayor grado de conectividad (*L. aggregatum* (F6) y *P. thyrsoiflora* (F20) con grado = 7, y *M. guianensis* (F13) y *P. crocea* (F18) con grado = 6) concentran la mayor diversidad y conectividad de la red (Figura 7). Estos resultados refuerzan el planteamiento de Hu *et al.* (2021) y Francisco *et al.* (2025) de que la identidad de la especie forófito, junto con sus atributos estructurales (arquitectura, textura de corteza, tamaño), es determinante en la organización de las comunidades epifíticas y en la estabilidad de la red.

La baja modularidad observada en la red del presente estudio es consistente con los valores reportados en otras redes comensalistas (Naranjo *et al.*, 2019; Hu *et al.*, 2021; Francisco *et al.*, 2025) y puede atribuirse a la escasa especialización de las epífitas hacia forófitos específicos y a la ausencia de procesos coevolutivos entre ambos grupos (Naranjo *et al.*, 2019). La dispersión anemócora, predominante en familias como Orchidaceae y

Polypodiaceae registradas en este estudio, facilita la colonización aleatoria de distintos forófitos, reduciendo la fidelidad hacia hospederos específicos y limitando la formación de módulos bien definidos (**Francisco et al.**, 2025). No obstante, que la estructura de la red no sea aleatoria, como lo confirma el valor de $R^2 = 0,5786$ obtenido con Permanova, indica que existen procesos de nicho y filtros ecológicos (textura de corteza, microclima, arquitectura del árbol) que determinan qué epífitas se asocian con qué forófitos (**Naranjo et al.**, 2019; **Schievenin et al.**, 2024).

Conclusiones

Se registraron 123 especies de epífitas; las no vasculares representaron el 65,9 % de la abundancia. La identidad y la arquitectura del forófito explicaron los patrones de riqueza y composición a lo largo del perfil vertical. La red forófito–epífita mostró nodos con alta intermediación que podrían sostener la conectividad; esta función se plantea como hipótesis pendiente de pruebas de robustez. Nuestros hallazgos aportan una línea de base para orientar la conservación y la restauración de remanentes subandinos del Cauca teniendo que tengan en cuenta los organismos epífitos.

Información suplementaria

Ver información suplementaria en <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/3596/5367>

Agradecimientos

A Promotora de desarrollo sustentable S.A.S por la financiación de las salidas de campo. Al herbario CAUP y departamento de biología de la Universidad del Cauca en la determinación del material y la logística para la investigación. Al doctor Hernando Vergara Varela, por la revisión previa del manuscrito. A la familia Gómez por permitir los permisos para el ingreso a los predios y por sus esfuerzos de conservación del remanente boscoso. A los revisores anónimos y el editor de la revista por sus sugerencias que permitieron elevar la calidad del manuscrito.

Contribución de los autores

LELV: conceptualización, metodología, trabajo de campo, análisis de datos, escritura del borrador original, revisión y edición; **DJMP**: trabajo de campo, curaduría taxonómica de epífitas vasculares, revisión del manuscrito; **YPSC**: trabajo de campo, curaduría taxonómica de epífitas no vasculares y líquenes, revisión del manuscrito; **DV**: trabajo de campo, revisión del manuscrito; **JFCC**: curaduría taxonómica de epífitas no vasculares y líquenes, análisis de datos, revisión del manuscrito. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Referencias

- Anderson, M. J.** (2006). Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics*, 62(1), 245-253. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2005.00440.x>
- Anderson, M. J., Gorley, R. N., Clarke, K. R.** (2008). PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods. PRIMER-E. <https://learninghub.primer-e.com/books/permanova-for-primer-guide-to-software-and-statistical-methods>
- Arévalo, R. & Betancur, J.** (2004). Diversidad de epífitas vasculares en cuatro bosques del sector suroriente de la Serranía de Chiribiquete, Guayana colombiana. *Caldasia*, 26(2), 359-380.
- Bascompte, J., Jordano, P., Melián, C. J., Olesen, J. M.** (2003). The nested assembly of plant-animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(16), 9383-9387. <https://doi.org/10.1073/pnas.1633576100>
- Benzing, D.** (1990). *Vascular epiphytes: General biology and related biota*. Cambridge University Press.

- Bolaños, G. Y. & Ramírez, B. R.** (2009). Distribución altitudinal de musgos en el municipio de Popayán, Cauca. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 21, 31-44. <https://www.revistaacsb.org/r/index.php/acsb/article/view/45>.
- Bray, J. R. & Curtis, J. T.** (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4), 325-349.
- Callaway, R. M., Reinhart, K. O., Moore, G. W., Moore, D. J., Pennings, S. C.** (2002). Epiphyte host preferences and host traits: Mechanisms for species-specific interactions. *Oecologia*, 132(2), 221-230. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-0943-3>
- Cardelús, C. L. & Mack, M. C.** (2010). The nutrient status of epiphytes and their host trees along an elevational gradient in Costa Rica. *Plant Ecology*, 207(1), 25-37. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9651-y>
- Cardelús, C. L., Mack, M. C., Woods, C., DeMarco, J., Thorn, K.** (2020). Vascular epiphyte distribution patterns: explaining the mid-elevation richness peak. *Journal of Ecology*, 108(1), 188-201. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13268>
- Clarke, K. R.** (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1), 117-143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>
- Csardi, G. & Nepusz, T.** (2006). *The igraph software package for complex network research*. InterJournal, Complex Systems, 1695.
- Cuatrecasas, J.** (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 10(40), 221-264.
- Díaz, I. A., Sieving, K. E., Peña-Foxon, M. E., Larraín, J., Armesto, J. J.** (2021). Epiphyte diversity and biomass load on trees along a topology-based gradient of forest degradation in southern temperate rainforest of Chile. *Forest Ecology and Management*, 488, 119031. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.01.025>
- Dormann, C. F., Fründ, J., Blüthgen, N., Gruber, B.** (2008). Indices, graphs and null models: Analyzing bipartite ecological networks. *The Open Ecology Journal*, 2(1), 7-24. <https://doi.org/10.2174/1874213000902010007>
- Feuillet-Hurtado, C. & Torres, A. M.** (2016). Hepáticas epífitas: riqueza en un gradiente altitudinal andino, departamento del Cauca, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural*, 20(2), 33-42. <https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.2.3>.
- Gentry, A. H. & Dodson, C.** (1987). Contribution of nontrees to species richness of a tropical rain forest. *Biotropica*, 19(2), 149-156.
- Gotsch, S. G., Nadkarni, N., Amici, A.** (2016). The functional roles of epiphytes and arboreal soils in tropical montane cloud forests. *Journal of Tropical Ecology*, 32(5), 455-468. <https://doi.org/10.1017/s026646741600033x>
- Gradstein, S. R., Nadkarni, N. M., Krömer, T., Holz, I., Nöske, N.** (2003). A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity of tropical rain forests. *Selbyana*, 24(1), 105-111. <https://journals.flvc.org/selbyana/article/view/121584>
- Holdridge, L. R.** (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Humphreys, L. R., Lucas, J. M., Spicer, M. E.** (2025). Canopy height and epiphytic bryophytes shape fungal communities in a temperate rainforest. *Ecology and Evolution*, 15(10), e72241. <https://doi.org/10.1002/ece3.72241>
- Johansson, D.** (1974). Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta Phytogeographica Suecica*, 59, 1-136. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:565496/FULLTEXT01.pdf
- Joya, D. P., Suescún, D., Espinosa, S. Y., Morales-Morales, P. A.** (2025). Diversity and vertical distribution of epiphytic orchids and bromeliads in two contrasting forests from Northeast Andes of Colombia. *Revista De Biología Tropical*, 73(1), e57994. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v73i1.57994>
- Lakatos, M.** (2011). Lichens and bryophytes: Habitats and species (pp. 65-87). En: *Plant Desiccation Tolerance*. Ecological Studies (Vol. 215). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-19106-0_5
- Lakatos, M., Rascher, U., Büdel, B.** (2006). Functional characteristics of corticolous lichens in the understory of a tropical lowland rain forest. *New Phytologist*, 172(4), 679-695. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01871.x>
- Lüttge, U.** (2008). *Physiological ecology of tropical plants*. Springer Science & Business Media.

- Mercado-Gómez, J. D., Giraldo-Cañas, D., Sánchez, M.** (2023). Epiphytic diversity in tropical dry forests of the Montes de María, Colombia. *Caldasia*, 45(1), 45-62.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.** (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Pol%C3%81tica-Nacional-de-Gestio%C3%81n-Integral-de-la-Biodiver.pdf>
- Murillo A., J. & Triana-Moreno, L.A.** (2024). Diversidad y distribución de los heléchos y licófitos de un bosque subandino del norte de los Andes. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 59(3), 6. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v59.n3.44728>
- Nadkarni, N. M.** (1984). Epiphyte biomass and nutrient capital of a Neotropical elfin forest. *Biotropica*, 16(4), 249-256.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Wagner, H.** (2023). *vegan: Community Ecology Package R*.
- Pérez-Noyola, F. J., Flores, J., Yáñez-Espinosa, L., Jurado, E., González-Salvatierra, C., Badano, E.** (2021). Is ball moss (*Tillandsia recurvata*) a structural parasite of mesquite (*Prosopis laevigata*)? Anatomical and ecophysiological evidence. *Trees*, 35(1), 135-144. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-02023-5>
- R Core Team.** (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Reina-Rodríguez, G. A. & Rojas-Flórez, C. B.** (2023). Métodos para caracterizar epífitas vasculares en el contexto de la investigación y conservación. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(2), 1-18. <https://doi.org/10.15359/rca.57-2.10>
- Rojas-Flórez, C. B. & Sánchez-Montaño, L. R.** (2015). Estructura espacial de epífitas vasculares en dos localidades de bosque altoandino, Pamplona, Colombia. *Caldasia*, 37(1), 15-30. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v37n1.50819>
- Romero Zapiola, A. & Devoto, M.** (2024). Factores que afectan la riqueza de especies epífitas vasculares del arbolado de alineación en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Ecología Austral*, 34(3), 579-592. <https://doi.org/10.25260/EA.24.34.3.0.2406>
- Schievenin, D. F., Alonso Santos, C., de Lima, K., Galvão de Melo, A.C., Lex Engel, V., Durigan, G.** (2024). Traits of the host trees, not community diversity, drive epiphyte assemblages. *Biota Neotropica*, 24(1). <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2023-1558>
- Soto-Medina, E., Londoño-Lemos, V., Díaz-Escandón, D.** (2015). Epiphytes from a forest type transition zone in the Chocó biogeographic region, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(4), 915-926. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i4.16733>
- Soto-Medina, E., Montoya, C., Castaño, A., Granobles, J.** (2023). Diversity patterns of vascular and non-vascular epiphytes along tropical dry forest. *Revista de Biología Tropical*, 71(1), e53522. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71i1.53522>
- Stanton, D. E., Chávez, J. H., Villegas, L., Villasante, F., Armesto, J., Hedin, L. O., Horn, H.** (2014). Epiphytes improve host plant water use by microenvironment modification. *Functional Ecology*, 28(5), 1274-1283. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12249>
- Westhoff, V. & van der Maarel, E.** (1978). The Braun-Blanquet approach. In R. H. Whittaker (Ed.), *Classification of plant communities* (pp. 287-399). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-009-9183-5_9
- Zotz, G.** (2016). *Plants on Plants – The Biology of Vascular Epiphytes*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39237-0>
- Zotz, G. & Schulz, S.** (2008). The vascular epiphytes of a lowland forest in Panama—species composition and spatial structure. *Plant Ecology*, 195, 131-141. <https://doi.org/10.1007/s11258-007-9310-0>