



*Sphagneticola trilobata* (Asteraceae), Florencia, Caquetá. Foto: Jorge Luis Contreras



# Diversidad florística en la cuenca media y alta del río Hacha, Municipio de Florencia (Caquetá)

Nórida Marín<sup>1\*</sup>, Dairon Cárdenas<sup>2</sup>, Nicolás Castaño<sup>3</sup> & Sonia Sua

## Resumen

La transición andino-amazónica es una de las más diversas del planeta y una de las más transformadas, por lo que identificar los elementos clave de su biodiversidad permite evidenciar y sustentar la importancia de su conservación. En el gradiente altitudinal de la cuenca alta y media del río Hacha, se definieron cuatro bandas altitudinales entre los 500 y 2500 msnm, en las cuales se realizó un extenso levantamiento florístico. Se registraron 1294 especies, 533 géneros y 157 familias. Se encontró un pico riqueza en la franja de 500-1000, una disminución drástica a los 1000-1500 y una tendencia creciente en las siguientes franjas altitudinales. Se reporta la presencia de 57 especies endémicas de Colombia y cuatro especies amenazadas, entre ellas *Colombobalanus excelsa* (Fagaceae), que es un primer reporte para la cuenca amazónica. Se sustenta la necesidad de acciones de conservación en estos ecosistemas únicos.

## Palabras claves

Diversidad florística, transición andino-amazónica, río Hacha, Andes tropicales, Caquetá, *Colombobalanus excelsa*

## Abstract

The Andean-Amazon transition area is one of the most diverse and transformed regions on the planet, which is why identifying the key elements of its biodiversity makes it possible to demonstrate and support the importance of its conservation. In the altitude gradient of the upper and middle basin of the río Hacha four altitude bands were defined between 500 and 2,500 meters above sea level, in which an extensive floristic survey was carried out. There were 1294 species, 533 genera, and 157 families registered. A peak wealth was found in the 500-1,000 strip, a drastic decrease between 1,000-1,500, and an increasing trend in the following altitude strips. There are reports of 57 species that are endemic to Colombia and four threatened species, including *Colombobalanus excelsa* (Fagaceae), which is a first report for the Amazon basin. The need for conservation actions in these unique ecosystems is supported.

## Keywords

Floristic Diversity, Andean-Amazonian Transition, Río Hacha, Tropical Andes, Caquetá, *Colombobalanus excelsa*

<sup>1</sup> Investigadora Grupo de Flora Amazónica Instituto SINCHI. noridamarin@gmail.com Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, Bogotá. Calle 20 No. 5-44 / Pbx: (57+1) 4442060 / Fax: (57+1) 4442089

<sup>2</sup> Director Curador del Herbario Amazónico Colombiano (COAH)

<sup>3</sup> Investigador asociado Instituto SINCHI

## INTRODUCCIÓN

Los bosques del norte de los Andes son considerados como los más diversos del planeta (Myers *et al.* 2000, Mittermeier *et al.* 2011). A su vez, el piedemonte andino-amazónico norte está categorizado como uno de los lugares más importantes de los Andes, por su gran biodiversidad, por sus altas tasas de recambio y de endemismos (Barrera *et al.* 2007, Swenson *et al.* 2012, González-Caro *et al.* 2014, Haazi *et al.* 2018). Numerosos estudios han demostrado que en esta región la diversidad florística disminuye con el incremento en altitud (Gentry 1988, Homeier *et al.* 2010, Tello *et al.* 2015, Ramírez *et al.* 2019). Esta disminución se ha asociado principalmente a efectos ambientales (temperatura, precipitación, humedad, presión atmosférica, radiación solar, estacionalidad, características del suelo), los cuales han determinado ser una importante influencia sobre la vegetación (Lomolino 2001, Krömer *et al.* 2013, ver Antonelli & Sanmartín 2011). No obstante, muchos estudios coinciden que la variable que más determina el cambio de diversidad en los sistemas andinos es la temperatura (Malhi & Phillips 2004, Odland 2009, González-Caro *et al.* 2014).

La cuenca alta y media del río Hacha cuenta con coberturas naturales relativamente conservadas hacia las zonas más altas y remanentes de bosques hacia las zonas bajas. El desconocimiento de la composición florística y la inminente transformación de las coberturas naturales de la zona, hacen necesario documentar la diversidad florística existente, así como evidenciar la presencia de especies amenazadas, especies endémicas, especies útiles y/o de distribución restringida, entre otras. En este contexto se propuso conocer la composición florística de la cuenca alta y media del río Hacha y evidenciar su variación en el gradiente altitudinal.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

El área de estudio fue la cuenca media y alta del río Hacha, en la transición andino-amazónica del departamento del Caquetá, antigua vía Florencia-Neiva (Figura 1). El río Hacha nace en límites del departamento de Caquetá y Huila y desemboca en el río Orteguza. La cuenca alta y media comprende un gradiente altitudinal que va desde los 500 hasta los 2500 msnm, con variaciones promedio de temperatura entre 14,9°C y 20,6 °C y de precipitación media anual de 176,5 y 162,4 (Fick & Hijmans 2017). Según la clasificación propuesta por Holdridge (1967), existen cuatro tipos de cobertura vegetal en la zona: bosque húmedo montano bajo (bh-MB), bosque húmedo premontano (bh-P), bosque muy húmedo Premontano (bmh-pm) y bosque húmedo tropical (bh-T). En el sector muestreado (400 y 3000 msnm) se encuentran pendientes entre 12% y hasta mayores del 75% (IGAC 2014). La parte alta del gradiente presenta

suelos bien drenados, moderadamente profundos, con los mayores contenidos de bases totales (B.T.), K, Mg, Ca, Carbono total y un pH de 4,48. La parte baja del gradiente presenta suelos bien drenados, moderadamente profundos a profundos, muy fuertemente ácidos, alta saturación de aluminio y fertilidad baja, con los valores más altos en arcilla y limo.

### Diseño del muestreo y toma de datos

El área se dividió en cuatro bandas de elevación: la primera de 500-1000 msnm, ubicada en el sector conocido como Sebastopol. La segunda entre los 1000-1500 msnm, ubicada en el sector conocido como el Divino Niño, la tercera entre los 1500-2000 msnm cerca de las quebradas Tarqui y Sucre y finalmente la cuarta banda ubicada entre los 2000-2500 msnm en el sector conocido como Cerro Gabinete. En cada uno de estas bandas se realizaron inventarios florísticos en diferentes salidas de campo entre 2010 y 2017, para lo cual se realizaron recorridos a manera de transectos lineales de área variable tomando como eje central la carretera y caminos aledaños de las diferentes veredas. En cada recorrido se recolectaron todas las plantas presentes en algún estado reproductivo (flor o fruto). Las muestras se procesaron y determinaron en el Herbario Amazónico Colombiano (COAH) del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI y en el Herbario Nacional Colombiano (COL), del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia. Complementariamente se utilizó literatura especializada y se contó con el apoyo de especialistas en diferentes grupos taxonómicos para la confirmación y/o determinación de los especímenes. Para las angiospermas se siguió la clasificación de familias del "Angiosperm Phylogeny Group" (APG IV 2016).

Además de los datos obtenidos en campo, se recopiló información de la cuenca media y alta del río Hacha proveniente de los especímenes depositados en los Herbarios Amazónico Colombiano (COAH), Nacional Colombiano (COL), Missouri Botanical Garden (MO), Universidad de la Amazonía (HUAZ), Universidad de Antioquia (HUA), Universidad de Caldas (FAUC), Senckenbergianum Frankfurt (FR), Pontificia Universidad Javeriana (HPUJ), The New York Botanical Garden (NY) y Smithsonian Institute (US). Todos estos registros se unificaron en una base de datos, la cual se depuró eliminando datos duplicados y registros con nombres inválidos. La validación de los nombres se realizó mediante la herramienta Taxonomic Name Resolution Service v4.0 (Boyle 2013). El total de las especies registradas fueron confrontadas con las incluidas en la Resolución 1912 de 2017 (MADS 2017), que establece el listado de especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana. Los registros de las especies endémicas se definieron según el Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia (Bernal *et al.* 2019).

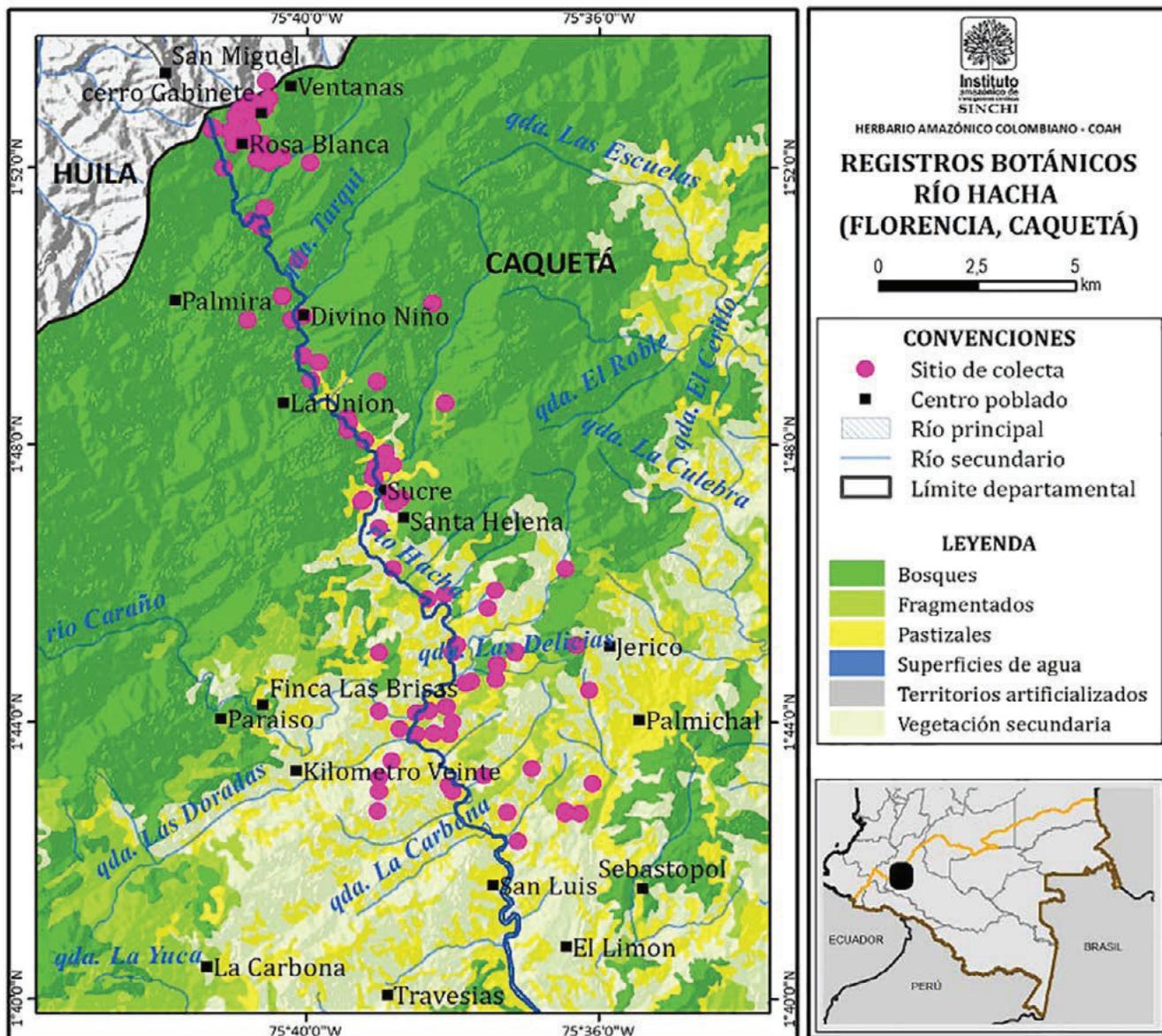


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

## RESULTADOS

En la cuenca media y alta del río Hacha se registraron 5309 individuos que corresponden a 154 familias, 529 géneros y a 1289 especies (Anexo 1), de las cuales 120 especies corresponden a helechos y afines. Las diez familias con mayor número de especies se muestran en la Figura 2 y corresponden al 37% de la diversidad total presente en la zona. Familias con un elevado número de especies en este trabajo como Melastomataceae, Lauraceae y Rubiaceae también se han encontrado muy abundantes en otros estudios de diversidad realizados en gradientes de elevación (Gentry 1988, Cuello 2001, Homeier *et al.* 2010,

Ramírez *et al.* 2019). Por otro lado, 20 familias se encuentran representadas por dos especies y 46 por solo una especie (Anexo 1).

Se encontraron 37 familias que solo se registran entre los 400-1000 metros de elevación, tres familias únicas entre los 1000-1500, seis entre los 1500-2000 y 18 entre los 2000-2500 msnm (Anexo 1). Las familias que solo se encontraron por debajo de 1500 msnm corresponden principalmente a familias de bosques de tierras bajas como Apocynaceae, Burseraceae, Chrysobalanaceae, Convolvulaceae, Combretaceae, Rhizophoraceae y Vochysiaceae (Gentry 1988, Marcelo-Peña & Rodríguez 2014). No obstante, Homeier *et al.* (2010) reportaron

la presencia de las familias Chrysobalanaceae, Moraceae, Vochysiaceae incluso una altitud de 2100 msnm. Por otro lado, Alstroemeriaceae, Brunelliaceae, Cunoniaceae, Chloranthaceae, Clethraceae entre otras, que se encontraron de los 1500 msnm hacia arriba, corresponde a taxones típicos de los bosques andinos (Homeier *et al.* 2010; Marcelo-Peña & Rodríguez 2014).

Otras familias por el contrario se reportaron a lo largo de todo el gradiente y sus abundancias varían de una elevación a otra, como es el caso de Fabaceae, Rubiaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae, Araceae, Solanaceae, Asteraceae, Gesneriaceae, Arecaceae y Clusiaceae, aunque son

más abundantes entre 400-1000 msnm; las cuatro primeras familias anteriormente mencionadas son más diversas en los bosques húmedos de tierras bajas (Gentry 1988). Por otro lado, Ericaceae, Araliaceae, Phyllanthaceae y Rosaceae presentan mayor número de especies entre los 2000-2500 msnm.

Los géneros con mayor número de especies son *Miconia*, *Piper*, *Inga* y *Cyathea* (Figura 3), y el 58% (313) de los géneros se encuentran representados por una especie. Por otro lado, el 43% de los géneros se encuentran entre los 400-1000 msnm, el 2% son exclusivos entre 1000-1500, el 4% entre los 1500-2000 y en la parte alta la cifra se incrementa un poco con el 15%; el

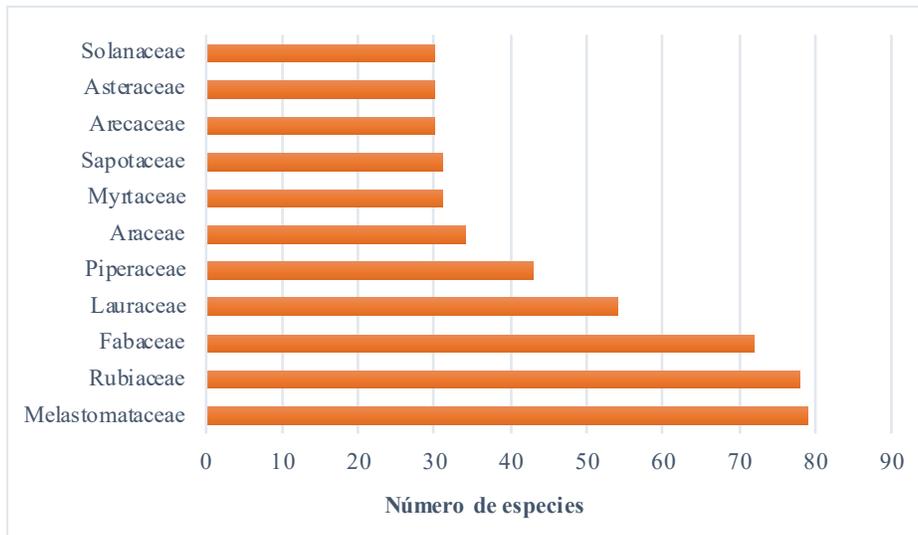


Figura 2. Familias con mayor número de especies presentes en la cuenca del río Hacha

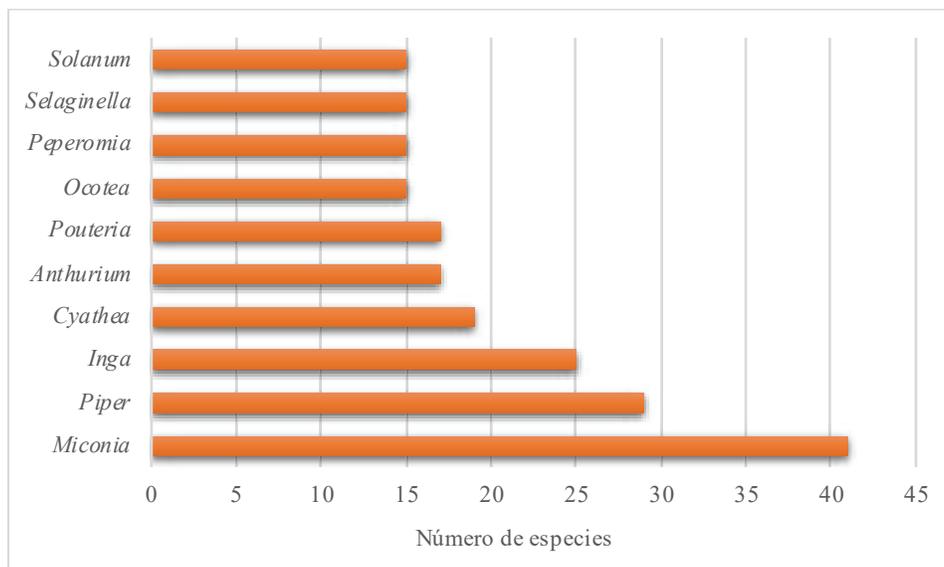


Figura 3. Géneros con mayor número de especies presentes en la cuenca del río Hacha

3% corresponden a géneros encontrados en todo el gradiente. En la parte alta de la montaña también se encontró la presencia de *Ilex*, *Symplocos*, *Brunellia*, *Drymis* y *Weinmannia*. A su vez, en la parte baja se registraron especies de los géneros *Ampelocera*, *Calliandra*, *Costus* y *Gustavia*.

La estratificación vegetal se evidencia más claramente a nivel de especies, mostrando taxones afines y estrictamente amazónicos, taxones de bosques montanos de altas elevaciones y atributos de la transición. De las 1294 especies registradas en el gradiente de la cuenca media y alta del río Hacha, 654 (50%) se encontraron únicamente entre 400-1000 msnm, 57 (4%) están presentes entre los 1000-1500 se, 140 (10%) crecen entre los 1500-2000 y 282 (21%) se registraron entre los 2000-2500 m (Anexo 1). Dentro de los taxones andinos se encontraron a *Weinmannia elliptica* y *Symplocos mucronata*, que presentan un rango de distribución entre los 2100-2600 msnm (Bernal *et al.* 2019).

Entre los 1400 y 1600 msnm se encontraron poblaciones dominantes de *Dictyocaryum lamarckianum* (Arecaceae) y *Colombobalanus excelsa* (Fagaceae) reportadas por constituir poblaciones de miles de individuos (Cárdenas & Salinas 2007, Galeano & Bernal 2010). Por otro lado, *Agonandra silvatica*, *Alibertia latifolia*, *Allophylus paniculatus*, *Blakea truncata*, *Chrysophyllum manaosense*, *Conceveiba guianensis*, *Couepia macrophylla*, *Glycydendron amazonicum* y *Crematosperma cauliflorum* son especies con distribución restringida a la Amazonia colombiana con rangos de distribución que no superan los 700 msnm (Bernal *et al.* 2019).

Se encontraron 57 especies endémicas de Colombia, tales como: *Blakea calyptrata*, *Clusia hachensis*, *Elaeagia alterniramosa*, *Geissanthus occidentalis*, entre otras (Anexo 1), mientras que los registros de *Stenostephanus cuatrecasii*, *Stenostephanus*

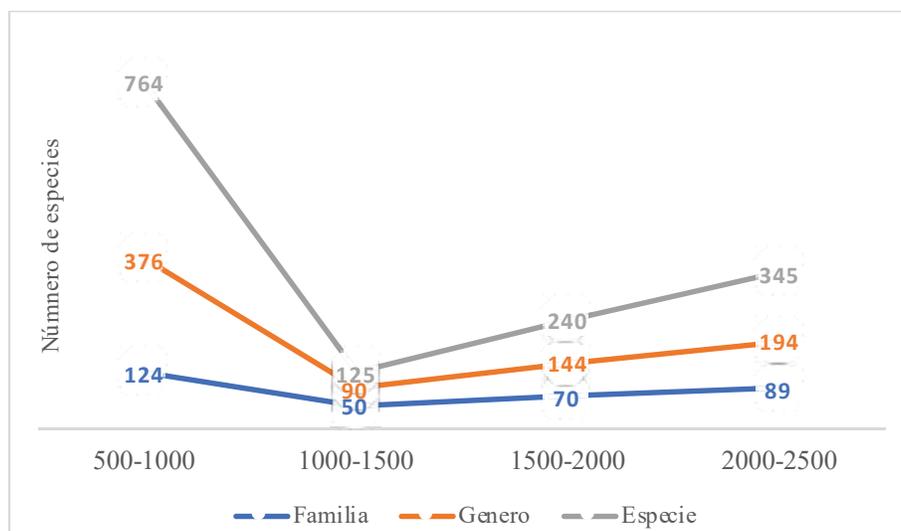
*floriferus*, *Hydrocotyle cuatrecasii*, *Oreopanax sucrensis*, *Ageratina davidsei*, *Croton cupreatus*, *Pearcea bella*, *Miconia spatellophora*, *Dichaea caquetana*, *Piper peculiare* y *Piper sucreense* solo se conocen para el departamento del Caquetá (Bernal *et al.* 2019).

Se registraron cuatro especies amenazadas: *Colombobalanus excelsa* y *Quercus humboldtii* que se encuentran dentro de la categoría vulnerable (VU), y *Magnolia henaoui* y *Cedrela odorata* que se encuentran en categoría en peligro (EN). Las poblaciones naturales de *C. excelsa* registradas en este trabajo, son los primeros reportes para la cuenca amazónica, pues solo se conocían cuatro poblaciones naturales en el país, dos en el departamento del Valle (Parque Nacional Natural Los Farallones y zona cercana al municipio de Jumandí), una en el departamento de Huila (Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos) y una en el departamento del Santander (corregimiento de Virolín, municipio de Charalá) (Cárdenas & Salinas 2007) y un ejemplar botánico recolectado en el Meta perteneciente a la cuenca del río Orinoco (Bernal *et al.* 2019)

El pico de riqueza para la cuenca media y alta del río Hacha se encontró entre los 500-1000 m de altitud, con una disminución drástica hacia los 1500 msnm; de los 1500 msnm hacia arriba la riqueza vuelve a incrementarse levemente hasta los 2500 msnm (Figura 4).

## DISCUSIÓN

El gran número de especies registradas son una evidencia de la necesidad de generar estrategias de conservación de la cuenca del río Hacha, por ser un área donde se registra la alta diversidad de la transición andino-amazónica. Según Bernal *et al.* (2019) la transición andino amazónica del departamento del Caquetá presenta un elevado número de especies endémicas (57), lo



**Figura 4.** Número de familias, géneros y especies en las diferentes bandas de elevación altitudinal evaluadas en la cuenca media y alta del río Hacha.

que resalta su importancia biológica. La cifra de endemismos en esta región es aún más importante si se tiene en cuenta que el departamento del Caquetá presenta una alta deforestación y transformación de sus coberturas naturales, lo que aumenta la necesidad de generar acciones de conservación donde se involucren los bosques andinos dentro de programas eficaces. La presencia de especies amenazadas maderables como *Cedrela odorata*, *Colombobalanus excelsa*, *Magnolia henaoui* y *Quercus humboldtii* sustentan aún más la necesidad de generar estrategias de conservación y planes de manejo que garanticen la preservación de sus poblaciones naturales. *Colombobalanus excelsa* además de ser amenazada, también es una de las especies endémicas, evidenciando aún más la importancia biológica de esta cuenca.

Los géneros *Miconia* (Melastomataceae), *Piper* (Melastomataceae), *Inga* (Fabaceae) de importante diversidad en la cuenca media y alta del río Hacha, también han sido reportados como uno de los más abundantes en bosques neotropicales (Richardson *et al.* 2001; Quijano-Abril *et al.* 2006; Almeda *et al.* 2016). *Miconia* presenta una amplia distribución con su mayor diversidad en las zonas andinas con 270 especies de las 380 reportadas para Colombia (Almeda *et al.* 2016), y es considerado como el grupo de plantas leñosas de angiospermas mejor representado con cerca de 1100 especies para el Neotrópico (Michelangeli *et al.* 2016).

Por otra parte, los géneros *Piper* e *Inga* presentan su mayor diversidad y representatividad en los bosques montanos y tierras bajas y solo unas pocas especies logran encontrarse en las tierras altas de los andes (Gentry & Dodson, 1987; Pennington, 1997).

La presencia de especies de los géneros *Ilex*, *Symplocos*, *Brunellia*, *Drymis* y *Weinmannia*, coincide con los reportes de estos taxones como típicos de zonas andinas, mientras que, en la parte baja los géneros *Ampelocera*, *Calliandra*, *Costus* y *Gustavia* son exclusivos y presentan más afinidad con los atributos de bosques amazónicos (Homeier *et al.* 2010, Marcelo-Peña y Rodríguez 2014). Todo lo anterior evidencia una estratificación vegetal a lo largo de la cuenca evaluada, mostrando que las condiciones ambientales influyen en la distribución de las especies.

La disminución de la riqueza de especies con el incremento en altitud ha sido reportada también para otros bosques tropicales (Gentry 1988, Becker *et al.* 2005; Homeier *et al.* 2010; Kraft *et al.* 2011, Ramírez *et al.* 2018). Esta disminución se ha atribuido principalmente a los cambios de temperatura y precipitación que se presentan en las partes altas, las cuales afectan la fisiología de las especies (Odland 2009; González-Caro *et al.* 2014; Gutiérrez & Trejo 2014). Por otro lado, algunos estudios han reportado picos de diversidad en las franjas intermedias del gradiente (Girardin *et al.* 2014), aunque el patrón encontrado en la cuenca media y alta de río Hacha no presenta esta tendencia, pero sí evidencia la mayor diversidad entre los 500-1000, con un segundo y tercer pico entre las franjas 1500-2000 y 2000-2500

msnm la cual merece estudios más detallados dado su complejidad e importancia.

## CONCLUSIONES

Se evidencia la importancia de la cuenca media y alta del río Hacha, la cual a pesar de los procesos de deforestación que presionan la zona, aún mantiene una alta diversidad de plantas y la presencia de poblaciones naturales de especies amenazadas maderables y endémicas de Colombia como es el caso de *Colombobalanus excelsa*. El gradiente presenta una gran heterogeneidad de especies separando muy claramente los atributos de zonas andinas y amazónicas, evidenciado que cambios en la temperatura afectan la diversidad de las comunidades de plantas tropicales. La diversidad florística disminuye drásticamente con el aumento en elevación. Los registros con distribución restringida son una riqueza exclusiva de nuestro país, así como también demandan la responsabilidad de protegerlas.

La alta diversidad de especies, la presencia de especies amenazadas y un número significativo de especies endémicas, sustentan la necesidad de implementar adecuadas estrategias de conservación en la cuenca media y alta del río Hacha. Lo anterior se suma a la importancia como cuenca que surte de agua al municipio de Florencia y a ser un lugar de bellezas escénicas que deben ser valorado y disfrutado por la comunidad en general.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones Científicas SINCHI, especialmente a la Directora General, doctora Luz Marina Mantilla Cárdenas, por su apoyo incondicional al grupo de flora. Al coordinador de la sede Florencia Carlos Hernando Rodríguez por su apoyo en el trabajo de campo. A los especialistas que aportaron su conocimiento en la identificación del material recolectado: Alejandro Zuluaga (Araceae), Francisco Roldán (Loranthaceae), Adolfo Jara (Erythroxylaceae y Begoniaceae), Carlos Parra (Myrtaceae), Nelson Salinas (Ericaceae), Wilson Rodríguez (Pteridophytos), Orlando Rivera (Araliaceae), Clara Inés Orozco (Brunelliaceae), Julio Betancur (Bromeliaceae y Heliconiaceae), Laura Rivera (Lauraceae), Laura Clavijo (Gesneriaceae), Ricardo Callejas (Piperaceae), Diego Giraldo-Cañas (Poaceae), Stella Suárez (Marantaceae), Humberto Mendoza (Melastomataceae), William Trujillo (Piperaceae), Wilson Ricardo Álvaro Alba (plantas no vasculares), Charlotte Taylor (Rubiaceae), G. T. Prance, (Chrysobalanaceae), T. D. Pennington (Meliaceae y Sapotaceae), Rosa Ortiz (Menispermaceae), P. Maas (Annonaceae), Marcus Lehnert (Cyatheaceae), John Pruski (Asteraceae) y Douglas Daly (Burseraceae). A los auxiliares de campo y compañeros que apoyaron las salidas de campo Dorman Daza, Natalia Peláez, Mateo Jaimes, Jorge Contreras, Luisa Marín, Reinel Marín, Edwin Paki y Andrés Paki.

## BIBLIOGRAFÍA

- Almeda, F., Alvear, M., Mendoza-Cifuentes, H., Penneys, D. S., Michelangeli, F. (2016). Melastomataceae. En: R. Bernal, S. R. Gradstein, M. Celis (Eds.). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia* (pp. 1585-1664). Bogotá. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Antonelli, A. & Sanmartín, I. (2011). Why are there so many plant species in the Neotropics? *TAXON* 60 (2): 403-414. DOI: 10.1002/TAX.602010
- APG IV–The Angiosperm Phylogeny Group, Chase, MW., Christenhusz, MJM., Fay, MF., Byng, JW., Judd, WS., Soltis, D., Mabberley, DJ., Sennikov, AN., Soltis, PS. & Stevens, PF. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181(1): 1–20.
- Barrera, X., Constantino, J., Espinosa, O., Hernández, L., Naranjo, I., Niño, R., Polanco, J., Restrepo, J., Revelo-Salazar, C. & Yépes, F. (2007). *Escenarios de conservación en el piedemonte Andino Amazónico de Colombia*. WWF Colombia.
- Bernal, R., Gradstein, S.R. y Celis, M. (Eds.). (2019). *Catálogo de líquenes y plantas vasculares de Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://catalogoplantadescolombia.unal.edu.co/es/>
- Boyle, B. (2013). The taxonomic name resolution service: an online tool for automated standardization of plant names. *BMC Bioinformatics* 14(16). doi: 10.1186/1471-2105-14-16
- Cárdenas, D. & Salinas, N. (eds.). (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia*. Volumen 4 Especies maderables amenazadas: Primera parte. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 232pp
- Cuello, NL. (2001). Los bosques del Parque Nacional Guaramacal, Estado Trujillo. Venezuela: testigos del desarrollo sostenible dentro de la región andina y llanera. Selvas y bosques nublados andinos. *Memorias. IV Simposio internacional de desarrollo sustentable en los Andes*. Mérida.
- Fick, S.E. & Hijmans R.J. (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315. <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>
- Galeano, G. & Bernal, R. (2010). *Palmas de Colombia. Guía de Campo*. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., 688 pp.
- Gentry, A.H. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 1-34.
- Gentry, A.R. & Dodson, C. (1987). Diversity and biogeography. of neotropical vascular epiphytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 78, 273-295.
- Girardin, C.A.J., W. Farfan-Rios, K. Garcia, KJ. Feeley, PM. Jørgensen, A., Murakami, A., Pérez, LC., Seidel, R., Paniagua, N., Fuentes, AF., Maldonado, C., Silman, M., Salinas, N., Reynel, C., Neill, DA., Serrano, M., Caballero, CJ., La Torre Cuadros, M., Macía, MJ., Killeen, TJ & Malhi, Y. (2014). Spatial patterns of above-ground structure, biomass and composition in a network of six Andean elevation transects. *Plant Ecology & Diversity* 7(1-2): 161-171.
- González-Caro, S., Umaña, MN. Álvarez, E., Stevenson, PR. & Swenson, NG. (2014). Phylogenetic alpha and beta diversity in tropical tree assemblages along regional- scale environmental gradients in northwest South America. *Journal of Plant Ecology* 7(2): 145-153.
- Guitérrez., E. & Trejo, I. (2014). Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 179-188, 2014
- Hazzi, N.A., Moreno, S., Ortiz-Moviliav, C., & Palacio, R. (2018). Biogeographic regions and events of isolation and diversification of the endemic biota of the tropical Andes. *PNAS* 115 (31):7985-7990
- Holdridge, L. R. (1967). Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: *Ecología Basada en Zonas de Vida*, 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982).
- Homeier, J., Breckle, SW., Gunter, S., Rollenbeck, RT. & C. Leuschner, C. (2010). Tree Diversity, Forest Structure and Productivity along Altitudinal and Topographical Gradients in a Species-Rich Ecuadorian Montane Rain Forest. *BIOTROPICA* 42(2): 140-148 2010.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). *Convenio Marco de Cooperación y Asistencia Técnica No. 4338 de 2013* (Numeración IGAC), Celebrado entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS- y el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" - IGAC. Bogotá D.C. junio de 2014.
- Krömer, T., Acebey, A., Kluge, J. & Kessler, M. (2013). Effects of altitude and climate in determining elevational plant species richness patterns: A case study from Los Tuxtlas, Mexico. Elsevier. *Flora* 208 (2013) 197-210.
- Kraft, N. J., Comita, LS., Chase, JM., Sanders, NJ., Swenson, NG Crist, TO., Stegen, JC., Vellend, M., Boyle, B., Anderson, MJ., Cornell, HV., Davies, KF, Freestone, AL., Inouye, BD., Harrison, SP & Myers, JA. (2011). Disentangling the Drivers of b Diversity Along Latitudinal and Elevational Gradients. *Science* Vol 333 23 September 2011.
- Lomolino, M.V. (2001). Elevation gradients of species-richness, historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography* 10: 3-13.
- Malhi, Y. & Phillips, O. (2004). Tropical forests and global atmospheric change: a synthesis. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*. 2004. 359, 549-555.
- Marcelo-Peña, J. & Rodríguez, CR. (2014). Patrones de diversidad y composición florística de parcelas de evaluación permanente en la selva central de Perú. *Rodriguésia* 65(1): 035-047.
- Michelangeli, F. A., Almeda, F., Alvear, M., Bécquer, E. R., Burke, J., Caddah, M. K., Goldenberg, R., Ionta, G. M., Judd, W. S., Majure, L. C., Meirelles, J., Nicolas A. N., Ocampo, G., Penneys, D. S., Dan Skean Jr., J., Ulloa Ulloa, C. (2016). (2462) Proposal to conserve Miconia, nom. Cons. Against the additional names Maieta and Tococa (Melastomataceae: Miconieae). *TAXON* 65 (4): 892-893.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2017). *Resolución 192 de 2017*. Descargado de [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/resoluciones/2014/res\\_0192\\_2014.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/resoluciones/2014/res_0192_2014.pdf)
- Mittermeier R.A., Turner, W.R., LARSEN, F.W., Brooks, T.M. & Gascon, C. (2011). Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. Pages 3-22. En: Zachos, F.E. & J.C. Habel (eds.), *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin.
- Myers, N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Odland, A. (2009). Interpretation of altitudinal gradients in South Central Norway based on vascular plants as environmental indicators. *Ecological Indicators* 9: 409-421.
- Pennington, T.D. (1997). *The genus Inga. Botany*. Royal Botanic Gardens, Kew. 844 p
- Quijano-Abril M.A., Callejas-Posada, R. & Miranda-Esquivel, D.R. (2006). Areas of endemism and distribution patterns for Neotropical Piper species (Piperaceae). *Journal of Biogeography* (J. Biogeogr.) (2006) 33, 1266-1278
- Ramírez, S., González-Caro, S., J. Phillips, J., Cabrera, E., Feeley, K.J. & Duque, A. (2019). The influence of historical dispersal on the phylogenetic structure of tree communities in the tropical Andes. *Biotropica* 51(4): 500-508.
- Swenson, J.J., B.E. Young, B.E., Beck, S., Comer, P., Córdova, J.H., Dyson, J., Embert, D., Encarnación, F., Ferreira, W., Franke, I., Grossman, D., Hernandez, P., Herzog, S.K., Josse, C., Navarro, G., Pacheco, V., Stein, V.A., Timaná, M., Tovar, A., Tovar, C., Vargas, J. & Zambrana-Torrel, C.M. (2012). Plant and animal endemism in the eastern Andean slope: challenges to conservation. *BMC Ecol* 12, 1. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-12-1>
- Tello, J. S., Myers, J.A., Macía, M.J., Fuentes, A.F., Cayola, L., Arellano, G., Loza, M.I., Torrez, V., Cornejo, M., Miranda, T.B. & Jørgensen, P.M. (2015). Elevational Gradients in  $\beta$ -Diversity Reflect Variation in the Strength of Local Community Assembly Mechanisms across Spatial Scales. *PLoS ONE* 10(3): e0121458. doi:10.1371/journal.pone.0121458

**Anexo en:** <https://bit.ly/3fbRRER>



