



Orchidaceae, Camino Andakí (Huila-Caquetá). Foto: Dairon Cárdenas

Diversidad florística del Camino Andakí, municipio de Belén de los Andaquíes (Caquetá, Colombia)

Nicolás Castaño^{a*}, Dairon Cárdenas^a, Nórída Marín^a, Douglas Daly^b, Julio Betancur^c, Wilson Alvaro^a, Andrés A. Barona-Colmenares^a, Sonia Sua^a & Miguel Peña^d

Resumen

El piedemonte andino-amazónico es reconocido como una de las áreas más biodiversas del mundo, así como una de las más amenazadas (Dinerstein *et al.* 2017). El Parque Municipal Andakí comprende un gradiente altitudinal que abarca desde los 500 hasta los 2000 msnm, del cual se desconocían reportes sobre la diversidad de plantas. Se realizaron recorridos libres utilizando como eje el Camino Andakí y se establecieron 14 transectos de 50 x 2 metros en donde se registraron todos los individuos con DAP \geq 2,5cm. Se encontraron 1434 especies, 596 géneros y 198 familias, de las cuales, 40 fueron líquenes, 87 briófitos, 143 helechos, 1 gimnosperma y 1163 angiospermas. Se reporta la presencia de 38 especies endémicas para Colombia (*sensu* Bernal *et al.* 2019), 3 amenazadas y 195 útiles. Aún con un muestreo de baja intensidad se demuestra una correlación negativa de la riqueza con la altitud y se evidencia la importancia de incluir de grupos de plantas como briófitos, helechos y líquenes.

Palabras clave

Inventario florístico, transición andino amazónica, gradiente altitudinal, biodiversidad, Andakí, Colombia

Abstract

The Andes-Amazon piedmont is recognized as one of the most biodiverse areas in the world, as well as one of the most threatened (Dinerstein *et al.* 2017). Andakí Municipal Park traverses an altitudinal gradient of 500 to 2000 meters elevation for which no prior analyses of floristic diversity exist, to our knowledge. We conducted general botanical collections along the trail and established 14 transects (50 x 2 m), on which we recorded all individuals with DBH \geq 2.5 cm. We encountered 1434 species, 596 genera and 198 families, of which 40 were lichens, 87 bryophytes, 143 ferns, 1 gymnosperm, and 1163 angiosperms. We report the presence of 38 species endemic to Colombia (*sensu* Bernal *et al.* 2019), 3 threatened and 195 useful. Despite the low sampling intensity, it was possible to demonstrate a negative correlation between species richness and elevation, which provides evidence support the biological importance of groups of organisms such as bryophytes, pteridophytes and lichens.

Keywords

Floristic inventory, Andes-Amazon transition, Altitudinal gradient, biodiversity, Andakí, Colombia

^a. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Calle 20 No. 5-44. Bogotá, Colombia.

^b. New York Botanical Garden, 2900 Southern Blvd., Bronx, NY 10458-5126, EEUU.

^c. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado, 7495, Bogotá, Colombia

^d. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Universidad Nacional de Colombia, Calle 59A No 63-20, Medellín, Colombia.

* Autor de correspondencia: *ncastano@sinchi.org.co

INTRODUCCIÓN

La transición andino-amazónica colombiana, hace parte del Complejo Ecorregional de los Andes del Norte (Kattan *et al.* 2001). Ha sido identificado como uno de los centros de mayor diversificación de especies (Olson & Dinerstein 2002, Brooks *et al.* 2006), una de las áreas con mayor número de endemismos (Mittermeier *et al.* 2011, Swenson *et al.* 2012), así como una de las áreas con mayores amenazas en el mundo (Myers *et al.* 2000, Dinerstein *et al.* 1995, 2017). Recientemente, al evaluar las prioridades de conservación de todos los Andes tropicales, algunas zonas de la transición andino-amazónica colombiana fueron identificadas entre las de mayor vulnerabilidad dada su irremplazabilidad ecosistémica (Bax & Francesconi 2019). Esta irremplazabilidad se determina por un complejo recambio de especies, producto de la conjunción de diversos procesos evolutivos: por un lado, el aislamiento por 100 millones de años del Escudo Guyanés; la posterior diversificación de hábitats producto de la orogénesis de la cordillera de los Andes, que trajo la aparición y desaparición del inmenso sistema lagunar denominado Pebas (Hoorn *et al.* 2010); los procesos de aislamiento y diversificación de secciones de los Andes actuales (Hazzi *et al.* 2018); y finalmente el “Gran Intercambio Biótico Americano” (GABI) (por sus siglas en inglés) que para el caso de las plantas inició antes de la formación del Istmo de Panamá en el Plioceno Tardío (ca. 3,5 millones de años) (Cody *et al.* 2010).

La transición andino-amazónica en el departamento del Caquetá ha sufrido una fuerte transformación de sus ecosistemas naturales, con una tendencia hacia la creación de áreas fuertemente transformadas debido a la colonización, la explotación de los recursos naturales, la ganadería extensiva, la expansión de la frontera agrícola y la presencia de cultivos ilícitos (Murcia *et al.* 2014, Murad & Pearse 2018). Sin embargo, la transición andino-amazónica del departamento del Caquetá cuenta con áreas de conservación nacionales como el Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos, Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi Wasi, Parque Nacional Natural Serranía de Churumbelos Auka-Wasi y varias figuras del nivel regional o municipal como el Parque Natural Municipal Andakí, las cuales mantienen coberturas de bosques conservados que forman los últimos corredores biológicos efectivos entre los Andes y la Amazonia.

El Parque Municipal Natural Andakí (en adelante Parque Andakí) es atravesado por un camino prehispánico llamado Camino Andakí, el cual fue abierto por indígenas Andaquíes en la época de la conquista, que se negaron a someterse al gobierno español y se desplazaron de la zona del alto Magdalena hacia la Amazonia, posteriormente el camino fue la ruta comercial de la quina y otros productos y posteriormente un corredor de contrabando y eje estratégico de la subversión en la región del piedemonte (Parques Nacionales de Colombia 2007). Actualmente es uno de los bosques del piedemonte andino-amazónico en mejor estado de conservación.

Con el fin de evidenciar la riqueza y diversidad del Parque Andakí se inventarió la flora en el Camino Andakí, mediante la colecta de registros biológicos y el establecimiento de transectos que permitió además, dilucidar los patrones de diversidad en el sotobosque en el gradiente altitudinal.

MÉTODOS

Área de estudio

El Camino Andakí atraviesa el Parque Andakí (Figura 1), ubicado en el municipio de Belén de los Andaquíes, departamento de Caquetá, pertenece a la región biogeográfica Cordillera Central Norte (sensu Hazzi *et al.* 2018). El Parque Andakí se encuentra ubicado entre los límites del Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi-Wasi, interfluvios del río Pescado y el río Bodoquero, con una extensión de 26.754 ha (González *et al.* 2013). El Camino Andakí presenta un buen estado de conservación con una transformación de las coberturas naturales hacia su frontera occidental en límites con el departamento del Huila y en menor medida en su frontera oriental colindante con la frontera agrícola en el departamento del Caquetá.

Los biomas que predominan en el área corresponden a Oro-bioma de clase Higrofitico Andino y Subandino dominados por Bosque Húmedo Alto Andino y Subandino (La Torre *et al.* 2014). Esta zona presenta paisajes de montaña fluvio gravitacional sobre tipos de relieve de filas y vigas de la región Andina en la cordillera Oriental, con relieves que varían desde ligeramente quebrado a fuertemente escarpados. Los suelos se han desarrollado bajo tres tipos de material parental: asociados con afloramientos rocosos desarrollados sobre complejos de rocas ígneo metamórficas y sedimentarias, depósitos superficiales de ceniza volcánica y rocas mixtas del complejo ígneo – metamórfico y sedimentario; con pendientes entre 25%, 50% y mayores de 50% (IGAC–CORPOICA 2002).

La mayor parte del área se encuentra en el piso térmico templado, con una precipitación que oscila entre 2000 y 3000 mm anuales y temperaturas de 18 a 24 °C, aunque se presentan unas pequeñas áreas en piso cálido al sur del área y frío hacia el norte, la precipitación varía desde 1500mm con una disminución hacia las zonas más bajas (IGAC–CORPOICA 2002)

Inventario florístico

En el gradiente altitudinal entre 500 y 2000 msnm se realizaron colecciones botánicas de todos los grupos de flora (líquenes, briófitos, helechos y afines, y plantas con flor). Con el fin de aumentar la detección de especies y abarcar diferentes hábitats, se siguieron 2 metodologías: a) recorridos libres utilizando como eje el Camino Andakí y entradas al bosque tratando de muestrear la mayor área posible colectando todas las plantas encontradas en algún estado reproductivo; y b) transectos (14) de 50 x 2 metros en los cuales se registraron

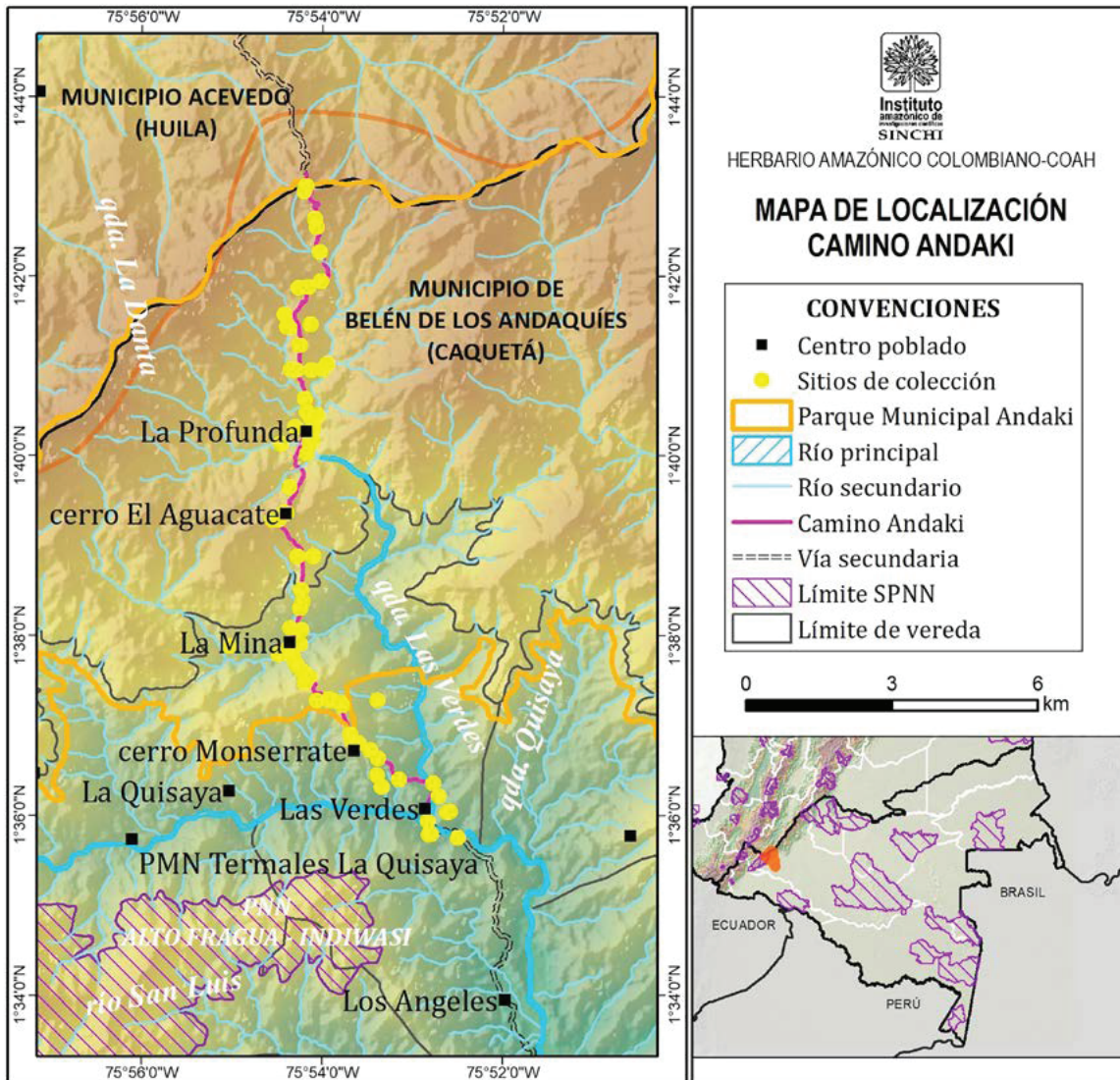


Figura 1. Área de estudio, Parque Natural Municipal Andaki

todos los individuos con DAP (diámetros la altura del pecho) mayor o igual a 2,5cm, a los que se les registró el DAP, se estimaron las alturas fustal y total; y se colectó una muestra botánica por morfoespecie encontrada en cada transecto. Para la colección de árboles de gran tamaño, se contó con la ayuda de trepadores expertos. Las colecciones fueron procesadas en el Herbario Amazónico Colombiano (COAH) y se contó con el apoyo adicional de especialistas de diferentes familias botánicas y se siguieron los siguientes tratamientos taxonómicos: Ascomycota, Basidiomycota (Lücking *et al.* 2017); Bryophyta (musgos) (Goffinet & Buck 2020); Marchantiophyta, Anthocerotophyta (hepáticas, antoceros) (Söderström *et al.* 2016); Lycophyta, Monilophyta (helechos) (Pryer *et al.* 2001); Gnetaophyta (Bold *et al.* 1973) y Magnoliophyta (APG IV 2016).

Para analizar la variabilidad de la composición florística a lo largo del gradiente altitudinal, se generó una matriz de

disimilitud de Jaccard para la abundancia (número de individuos) de especies, géneros y familias en cada parcela. Posteriormente, para evaluar la asociación de variables ambientales (altitud y precipitación promedio anual) con la matriz de disimilitud a nivel de especies, género y familia, se realizó una ordenación de escala multidimensional no métrica (NMDS). Se utilizó la función *ordisurf*, de la librería *Vegan* en R, la cual permite ajustar las variables ambientales como curvas de nivel en la representación gráfica de los resultados de la ordenación (Oksanen *et al.* 2015). Para cuantificar la relación entre las variables ambientales seleccionadas con la variabilidad florística, se realizaron correlación de Pearson entre los ejes del NMDS (para especie, género y familia) con la altitud y la precipitación promedio anual de cada parcela (Legendre & Legendre 1998). Los datos de precipitación fueron obtenidos a partir de la base de datos The WorldClim (Fick & Hijmans 2017, www.worldclim.org).

RESULTADOS

En total se herborizaron 4537 muestras y 1434 especies, agrupadas en 596 géneros y 198 familias, entre estas se encontraron 40 especies de líquenes, 87 briofitos, 143 helechos y afines, 1 gimnosperma (*Gnetum leyboldii*) y 1163 angiospermas (Anexo 1). De todos los grupos de organismos muestreados, las familias con mayor número de especies fueron Rubiaceae (103), Melastomataceae (81) y Araceae (70) (Tabla 1), mientras que los géneros más diversos fueron *Miconia* (55), *Piper* (34) y *Anthurium* (30), mientras que 73 familias estuvieron representadas por una sola especie y 23 representadas por dos especies (Anexo 1).

Las especies de líquenes se agruparon en 26 géneros y 18 familias, de las cuales Coccocarpiaceae y Graphidaceae fueron las más diversas con 6 especies (Tabla 1); mientras que 11 familias estuvieron representadas por una especie; el género más diverso fue *Coccocarpia* con 6 especies (Tabla 1), mientras que 20 géneros estuvieron representados por una sola especie (Anexo 1). Los briófitos, estuvieron representados por 65 géneros y 38 familias, de las cuales Lejeuneaceae (16) y Sematophyllaceae (5) fueron las más diversas (Tabla 1), mientras que 19 familias de estuvieron representadas por una especie; en cuanto a los géneros *Acroporium*, *Frullania*, *Leucobryum*, *Octoblepharum* y *Odontolejeunea* estuvieron representados por 3 especies, mientras que 48 géneros estuvieron representados por una especie (Anexo 1). Los helechos y afines fueron representados por 52 géneros y 24 familias, de las cuales las más diversas fueron Cyatheaceae (21 especies), seguido de Polypodiaceae (20) y Dryopteridaceae (14) (Tabla 1), mientras que 7 familias estuvieron representadas por una única especie; en cuanto a los géneros de helechos, los más diversos fueron *Cyathea* (18), *Asplenium*, *Elaphoglossum*, *Selaginella* y *Thelypteris* tuvieron 9 especies y 28 géneros estuvieron representados por una sola especie (Anexo 1).

Las plantas con flores fueron representadas por 451 géneros y 117 familias, de las cuales las más diversas fueron Rubiaceae (103 especies), Melastomataceae (81) y Araceae (70) (Tabla 1), mientras que 31 familias estuvieron representadas por una sola especie. Los géneros más diversos fueron *Miconia* (55), *Piper* (34), *Anthurium* (30), *Peperomia* (26) y *Psychotria* (20), mientras que 83 géneros estuvieron representados por dos especies y 249 géneros estuvieron representados por una sola especie (Anexo 1).

De acuerdo con el Catalogo de Plantas de Colombia (Bernal *et al.* 2019) se registraron 38 especies endémicas dentro de las cuales se encuentran especies importantes en la estructura de los bosques como *Colombobalanus excelsa*, *Aiphanes simplex*, *Geonoma wilsonii* entre otras (Tabla 2). A su vez, según la resolución de especies amenazadas de Colombia (MADS 2020), se registraron tres especies amenazadas todas en categoría Vulnerable (VU): *Micropterygium parvistipulum* (Lepidoziaceae), *Colombobalanus excelsa* (Fagaceae) y *Scutellaria cuatrecasiana* (Lamiaceae).

Por otro lado, se registraron 195 especies útiles, de las cuales las categorías con mayor número de especies fueron Medicinal (87 sp.), Alimenticio (52), Maderable (45) (Figura 2). Las especies con mayor número de categorías de uso fueron *Virola calophylla* y *Micropholis guyanensis*, con 5 categorías de uso (Anexo 1).

Finalmente, a partir del trabajo de diferentes especialistas se encontraron 28 especies nuevas para la ciencia, algunas recientemente descritas como *Aechmea andaquiensis* (Bromeliaceae) (Aguirre-Santoro & Betancur 2019) y *Ophiocaryon nicolasii* (Sabiaceae) (Aymard 2019) y otras en proceso de descripción pertenecientes a las familias Araceae, Bromeliaceae, Burseraceae, Cyclanthaceae, Gesneriaceae, Heliconiaceae, Nyctaginaceae, Marantaceae, Melastomataceae y Piperaceae.

Tabla 1. Las diez familias y con mayor número de especies en el Camino Andakí, totales y por grupo de organismo

Fam-TOTAL	# sp.	Líquenes	# sp.	Briofito s	# sp.	Helechos	# sp.	Angiosp	# sp.
Rubiaceae	103	Coccocarpiaceae	6	Lejeuneaceae	16	Cyatheaceae	21	Rubiaceae	103
Melastomataceae	81	Graphidaceae	6	Sematophyllaceae	5	Polypodiaceae	20	Melastomataceae	81
Araceae	70	Parmeliaceae	5	Brachytheciaceae	4	Dryopteridaceae	14	Araceae	70
Piperaceae	60	Arthoniaceae	4	Daltoniaceae	4	Hymenophyllaceae	10	Piperaceae	60
Orchidaceae	47	Hygrophoraceae	3	Leucobryaceae	4	Thelypteridaceae	10	Orchidaceae	47
Bromeliaceae	44	Lobariaceae	3	Pilotrichaceae	4	Aspleniaceae	9	Bromeliaceae	44
Gesneriaceae	43	Coenogoniaceae	2	Polytrichaceae	4	Selaginellaceae	9	Gesneriaceae	43
Fabaceae	38			Frullaniaceae	3	Pteridaceae	7	Fabaceae	38
Solanaceae	36			Hypnaceae	3	Athyriaceae	6	Solanaceae	36
Areaceae	33			Octoblepharaceae	3	Blechnaceae y Lycopodiaceae	6	Areaceae	33

Tabla 2. Especies endémicas de Colombia (*sensu* Bernal *et al.* 2019) registradas en el Camino Andakí

Familia	Especie	Familia	Especie
Actinidiaceae	<i>Saurauia aromatica</i>	Ericaceae	<i>Satyria grandifolia</i>
Annonaceae	<i>Guatteria cargadero</i>	Ericaceae	<i>Themistoclesia flexuosa</i>
Araceae	<i>Anthurium bogotense</i>	Euphorbiaceae	<i>Croton cupreatus</i>
Araliaceae	<i>Oreopanax parviflorus</i>	Fabaceae	<i>Macrolobium grillator</i>
Araliaceae	<i>Schefflera heterotricha</i>	Fagaceae	<i>Colombobalanus excelsa</i> (VU)
Araliaceae	<i>Schefflera lancifoliolata</i>	Gesneriaceae	<i>Besleria inaequalis</i>
Araliaceae	<i>Schefflera lilacina</i>	Gesneriaceae	<i>Columna chrysotricha</i>
Arecaceae	<i>Aiphanes simplex</i>	Heliconiaceae	<i>Heliconia gilbertiana</i>
Arecaceae	<i>Geonoma wilsonii</i>	Lythraceae	<i>Cuphea philombria</i>
Bromeliaceae	<i>Guzmania cuatrecasasii</i>	Melastomataceae	<i>Blakea calyptata</i>
Bromeliaceae	<i>Aechmea andaquiensis</i>	Melastomataceae	<i>Blakea truncata</i>
Campanulaceae	<i>Burmeistera asclepiadea</i>	Orchidaceae	<i>Sobralia crocea</i>
Campanulaceae	<i>Centropogon glandulosus</i>	Piperaceae	<i>Piper calayanum</i>
Campanulaceae	<i>Centropogon laxus</i>	Piperaceae	<i>Piper cumaralense</i>
Caricaceae	<i>Vasconcellea longiflora</i>	Piperaceae	<i>Piper dolichostylum</i>
Cyclanthaceae	<i>Asplundia rhodea</i>	Piperaceae	<i>Piper peculiare</i>
Cyclanthaceae	<i>Dicranopygium callithrix</i>	Piperaceae	<i>Piper viscaianum</i>
Cyclanthaceae	<i>Dicranopygium parvulum</i>	Poaceae	<i>Pariana setosa</i>
Cyclanthaceae	<i>Dicranopygium sararense</i>	Sabiaceae	<i>Ophiocaryon nicolasii</i>

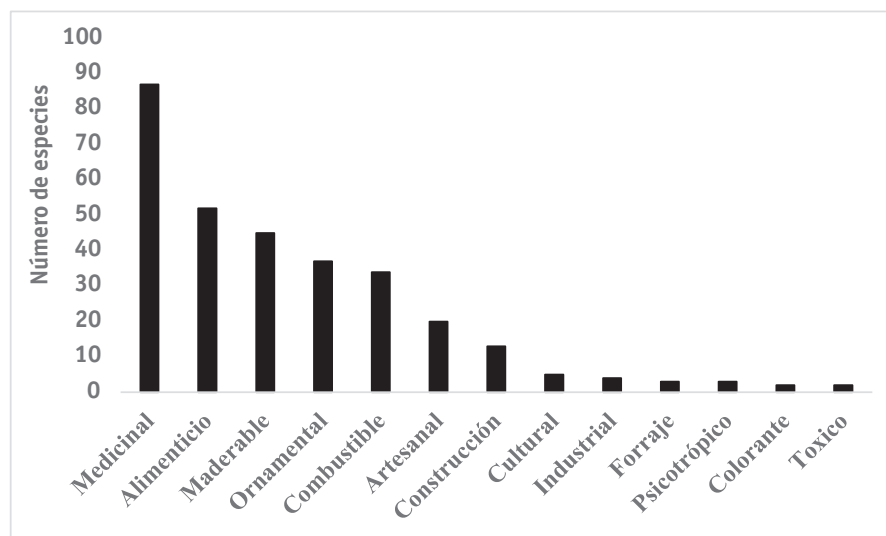


Figura 2. Número de especies útiles registradas en el Camino Andakí por categoría de uso.

Estructura y diversidad

En los 14 transectos establecidos se encontraron 526 individuos correspondientes a 211 especies, 123 géneros y 54 familias, en promedio se encontraron 22 especies/100m². Los transectos más diversos se encontraron por debajo de los 1000 msnm (Tabla 3). Las 5 especies más abundantes fueron *Wettinia praemorsa* (52 individuos), *Socratea rostrata* (21), *Arawakia weddelliana* (20), *Graffenrieda colombiana* y *Miconia trinervia* (12 ind c/u) y representaron el 24% de los

individuos censados, mientras que 105 especies (24%) estuvieron representadas por un solo individuo. Las cinco familias más abundantes representaron el 54% de todos los individuos censados y corresponden a Arecaceae (109 ind.), Melastomataceae (62), Rubiaceae (53), Lauraceae (31) y Clusiaceae (28). Mientras que 15 familias estuvieron representadas por un solo individuo (2,8%). El número de individuos promedio fue de 37,57 ind/100m² y el alpha de Fisher varió entre 99,74 y 6,33 (Tabla 3).

Tabla 3. Número de individuos, riqueza y diversidad de transectos establecidos

Transecto	Altitud msnm	# Individuos	Riqueza especies	Alpha Fisher
1	1883	59	24	15,07
2	1840	38	24	27,97
3	1608	27	15	13,9
4	1490	43	13	6,33
5	1125	22	19	66,35
6	1154	39	22	20,88
7	1558	47	26	23,93
8	1457	32	17	14,72
9	1002	23	18	38,16
10	912	41	24	24,24
11	1002	33	26	56,61
12	936	46	24	20,25
13	995	35	30	99,74
14	925	41	26	30,55

A nivel de especie, la riqueza, representada por el primer eje del NMDS, presentó una correlación negativa con la altitud (Figura 3, Tabla 4), lo cual evidencia el recambio en la composición florística a lo largo del gradiente altitudinal. Especies como *Wettinia praemorsa* se encontraron en todo el gradiente altitudinal evaluado, mientras que especies como las de los géneros *Ilex*, *Hedyosmum*, *Weinmannia*, y otras especies como *Cyathea nigripes* y *Tetrorchidium popayanense*, predominaron en los bosques por

encima de 1500 msnm. La riqueza de las familias, representada por el segundo eje del NMDS presentó una correlación positiva con la precipitación promedio anual (Tabla 4, Figura 4), familias como Aquifoliaceae, Clethraceae, Cunoniaceae, Ericaceae, Hippocastanaceae, se dieron exclusivamente en las zonas en las que cambia la precipitación (IGAC-CORPOICA 2002), por encima de 1500 msnm. Mientras que familias como Bombacaceae, Sapotaceae, Sterculiaceae, se encontraron en las zonas inferiores a 1500 msnm.

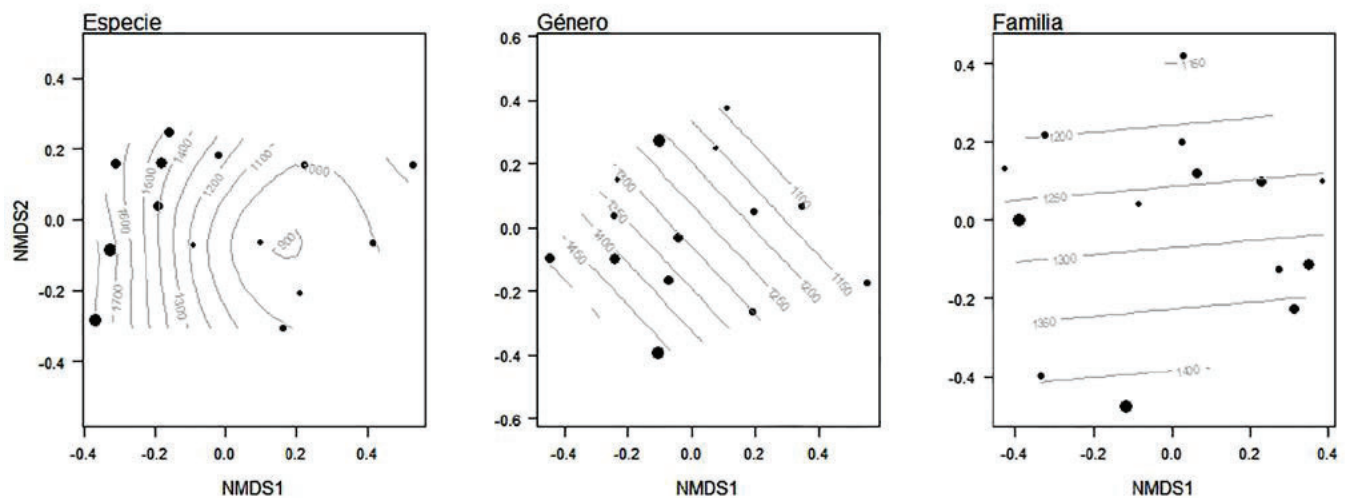


Figura 3. Ordenación NMDS. Las líneas continuas representan la variabilidad altitudinal (el tamaño de los puntos está en función de la altitud a la cual está cada parcela)

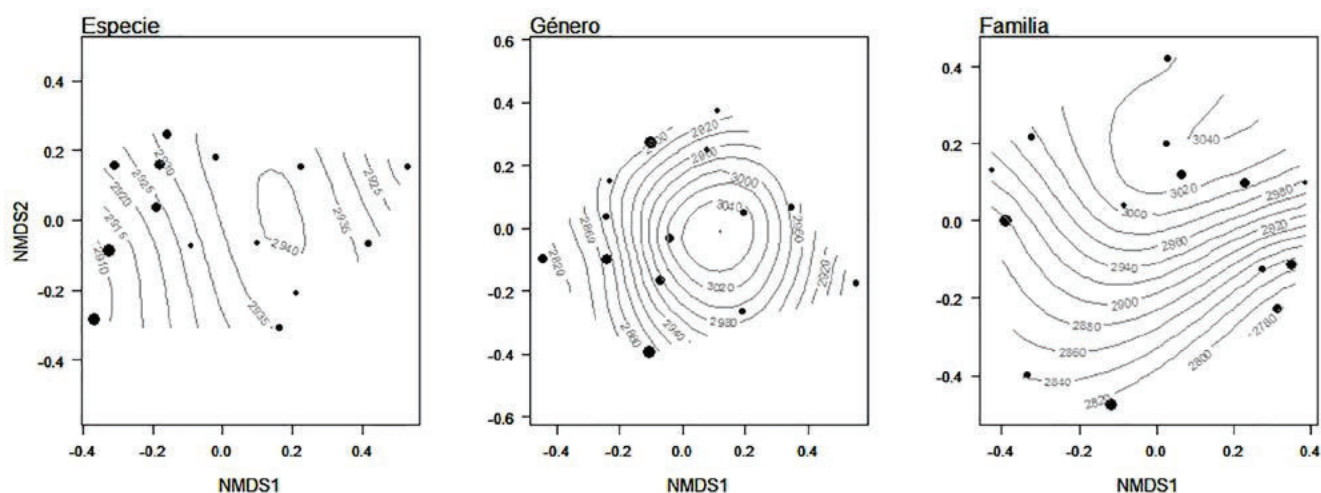


Figura 4. Ordenación NMDS. Las líneas continuas representan la variabilidad en la precipitación promedio anual (el tamaño de los puntos está en función con la altitud a la cual está cada parcela)

Tabla 4. Correlación de Pearson entre los ejes del NMDS frente a la altitud y la precipitación promedio anual

Taxonomía	Eje	Altitud (msnm)		Precipitación (mm año)	
		Correlación	Valor P	Correlación	Valor P
Especie	NMDS 1	-0,773	0,001	0,370	0,193
	NMDS 2	0,101	0,731	0,004	0,989
Género	NMDS 1	-0,466	0,093	0,390	0,169
	NMDS 2	-0,358	0,209	0,172	0,557
Familia	NMDS 1	0,052	0,860	-0,053	0,857
	NMDS 2	-0,496	0,071	0,666	0,009

DISCUSIÓN

El alto número de especies registradas (1434 totales – 1163 angiospermas) excede los reportes de especies para gradientes altitudinales similares en el mismo flanco de los Andes en el departamento de Putumayo (464 angiospermas en 750-2802 msnm- Ramírez *et al.* 2019) y en Perú (102 angiospermas en 900-1500 msnm- Marcleo-Peña & Rodríguez 2014). Lo cual evidencia que el registro de líquenes, plantas no vasculares y helechos, incluidos en el presente estudio, aporta considerablemente a la riqueza (18,8%). A su vez, la riqueza encontrada en el presente estudio, es mayor que lo reportado en estudios florísticos recientes a menos de 30km de distancia para la cuenca alta y media del río Hacha (1289 especies en 500 – 2500 msnm- Marín *et al.* en prensa). La alta diversidad de plantas encontrada corrobora la importancia biológica que tiene la transición andino-amazónica.

Los registros biológicos indican que existen limitaciones para algunos elementos estrictamente amazónicos que solo logran ascender hasta los 500 msnm aproximadamente, tales como *Couma macrocarpa*, *Clusia chiribiquetensis*, *Grias neuberthii*, *Theobroma subincanum*, entre otras; mientras que a los 1500 msnm existen limitaciones para los elementos estrictamente andinenses, tales como *Saurauia aromatica*, *Brunellia acutangula*, *Clethra fagifolia*, *Equisetum bogotense*, *Alfaroa colombiana*, *Elaeagia pastoensis*, *Cyathea nigripes* y *Pholidostachys synanthera*, entre otros. A su vez, de acuerdo con los resultados de la ordenación NMDS y las correlaciones con las variables ambientales, la composición florística cambia a lo largo del gradiente ambiental a nivel de especies en el gradiente de elevación y nivel de familias en el gradiente de precipitación. Esto puede ser el resultado del cambio en las condiciones abióticas y bióticas en el gradiente, lo cual afecta la distribución de las especies, incluso a niveles taxonómicos mayores.

Las 32 especies de palmas encontradas (Arecaceae) exceden las cifras modeladas para esta zona estimada de 15 a 28 especies (Alvez-Valles *et al.* 2018) y coinciden con lo esperado por Pintaud y colaboradores (2008) en cuanto a que, las palmas presentan una gran diversificación entre los 1000 y 2000 msnm, dada la complejidad topográfica y prevalencia de ambientes húmedos en los que predominan géneros como *Wettinia*, *Aiphanes* y *Diclyocaryum*. A su vez, las 43 especies de Orquídeas registradas excede las estimaciones de 39 especies de la familia para un gradiente altitudinal similar, al sur del presente estudio, en el departamento del Putumayo (Restrepo & Naranjo 2007).

Aunque estamos conscientes de que la cantidad de transectos establecidas fue baja, se logra evidenciar el recambio de especies en las comunidades de plantas (beta diversidad) la cual ha sido documentada para áreas semejantes (González-Caro *et al.* 2014, Ramírez *et al.* 2019).

La gran riqueza encontrada, más la presencia de un considerable número de especies endémicas de Colombia (38), así como la presencia de especies nuevas para la ciencia (28) son evidencias que coinciden con la propuesta de alta irremplazabilidad ecosistémica para esta región (Bax & Francesconi 2019) y se sustenta la importancia del Parque Andakí para la conservación de la flora de la transición andino-amazónica.

CONCLUSIONES

El alto número de especies registradas evidencia la importancia biológica del Parque Andakí, más aún si se tiene en cuenta el cuantioso número de especies endémicas y útiles reportadas. Se evidencia el alto recambio de especies y la irremplazabilidad ecosistémica que conserva y se sustenta la importancia del Parque Andakí para la conservación de la flora de la transición andino-amazónica.

El inventario florístico esboza patrones altitudinales, en la que un gran grupo de especies características de los bosques amazónicos ascienden solo hasta los 500 msnm, mientras que algunos grupos característicamente andinos se registran por encima de los 1500 msnm.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al Convenio Especial de Cooperación N°. Fp44842-460-2016 celebrado entre Fiduprevi-sora S.A., actuando como vocera y administradora del Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Fondo Francisco José de Caldas y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. A la iniciativa Colombia Bio de Colciencias (hoy Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación). A la Fundación Tierra Viva, especialmente a Gilma Virgüez por su continuo apoyo para el desarrollo de la expedición por el Camino Andakí. Especial agradecimiento a Edwin Paky y a los co-investigadores de campo de la vereda Las

Verdes: Milzon Rojas, Luis Carlos Luna, Ermington Muñoz, Delio Jaime, Benito Rojas, Jonathan Navarro, Alexander Valencia y Olmes Cerquera por todo el apoyo en la colecta del material. A los especialistas que apoyaron la determinación de las colecciones: Bibiana Moncada-Roberto Lücking (Líquenes), Wilson Rodríguez (Pteridofitos), Ricardo Callejas (Piperaceae), Humberto Mendoza (Melastomataceae), Carlos Parra (Myrtaceae), Diego Giraldo-Cañas (Poaceae), Orlando Rivera (Araliaceae), Nelson Salinas (Ericaceae), Adolfo Jara (Erythroxylaceae y Begoniaceae), Francisco Roldán (Loranthaceae), Laura Rivera (Lauraceae), Laura Clavijo (Gesneriaceae), Stella Suarez (Marantaceae), Paul Maas (Annonaceae), Marcus Lehnert (Cyatheaaceae), Julián Aguirre-Santoro (Bromeliaceae), Fernando Alzate (Liliaceae), Alejandro Zuluaga (Araceae), Gerardo Aymard (Dilleniaceae y Sabiaceae), Cristian Castro (Orchidaceae), José Luis Fernández (Lamiaceae y Bombacaceae), Jackie Kallunki (Olacaceae), Fabian Michelangeli (Melastomataceae), Terry D. Pennington (Sapotaceae y Meliaceae), Ghilleen T. Prance (Chrysobalanaceae, Humiriaceae, Dichapetalaceae y Caryocaraceae), John Pruski (Asteraceae), Charlotte. M Taylor (Rubiaceae), William Trujillo (Piperaceae) y Dino Tuberquia (Cyclanthaceae).

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Santoro J. & J. Betancur. (2019). Taxonomic novelties in the subfamily Bromelioideae (Bromeliaceae) for the Colombian Amazon. *Brittonia* 71: 15–24. <https://doi.org/10.1007/s12228-018-9548-y>.
- Alvez-Valles, C.M., H. Balslev, R. García-Villacorta, F.A. Carvalho & L.M. Neto. (2018). Palm species richness, latitudinal gradients, sampling effort, and deforestation in the Amazon region. *Acta Botanica Brasílica* 32(4): 527–539. DOI: 10.1590/0102-33062017abb0400.
- APG IV—The Angiosperm Phylogeny Group, M. W. Chase, M. J. M. Christenhusz, M. F. Fay, J. W. Byng, W. S. Judd, D. Soltis, D. J. Mabberley, A. N. Sennikov, P. S. Soltis, P. F. Stevens. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181(1): 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.
- Antonelli, A. & I. Sanmartín. (2011). Why are there so many plant species in the Neotropics? *TAXON* 60 (2): 403–414. DOI: 10.1002/tax.602010.
- Aymard C., G. A. (2019). A new species of Ophiocaryon (Sabiaceae) from the Amazonian slope of the eastern Cordillera of Colombia. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 13(1): 147–153. Retrieved from <https://journals.brit.org/jbrit/article/view/835>.
- Barrera, X., J. Constantino, O. Espinosa, L. Hernández, I. Naranjo, R. Niño, J. Polanco, J. Restrepo, C. Revelo-salazar & F. Yepes. (2007). Escenarios de conservación en el piedemonte andino amazónico de Colombia. WWF Colombia. Bogotá DC.
- Bax, V. & W. Francesconi. (2019). Conservation gaps and priorities in the Tropical Andes biodiversity hotspot: Implications for the expansion

- of protected areas. *Journal of Environmental Management* 232: 387–396. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.086>
- Bernal, R., S.R. Gradstein & M. Celis (Eds.). (2019). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>.
- Bold, H. C., C. J. Alexopoulos & T. Delevoryas. (1973). Morphology of plants and fungi. Ed. 2. Harper & Row, New York.
- Brooks T.M, Mittermeier R.A, Da Fonseca G.A.B, Gerlach J., Hoffmann M., Lamoreux J.F., Mittermeier C.G., Pilgrim J.D., Rodrigues A.S.L. (2006). Global Biodiversity Conservation Priorities. *Science* 2006, 31:58–61. DOI: 10.1126/science.1127609.
- Cárdenas, D. & N. Salinas (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
- Cody, S., J.E. Richardson, V. Rull, C. Ellis, & R.T. Pennington. (2010). The Great American Biotic Interchange revisited. *Ecography* 33: 326–332. doi: 10.1111/j.1600-0587.2010.06327.x.
- Dinerstein, E., D. Olson, D.H. Graham, A.L. Webster, S.A. Primm, M.P. Bookbinder & G Ledec. (1995). A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. World wildlife fund and World Bank, Washington DC, USA
- Dinerstein, E., D. Olson, A. Joshi, C. Vynne, N.D. Burgess, E. Wikramanayake, N. Hahn, S. Palminteri, P. Hedao, R. Noss, M. Hansen, H. Locke, E.C. Ellis, B. Jones, C. V. Barber, R. Hayes, C. Kormos, V. Martin, E. Crist, W. Sechrest, L. Price, J.E.M. Baillie, D. Weeden, K. Suckling, C. Davis, N. Sizer, R. Moore, D. Thau, T. Birch, P. Potapov, S. Turubanova, A. Tyukavina, N. De Souza, L. Pintea, J.C. Brito, O.A. Llewellyn, A.G. Miller, A. Patzelt, S.A. Ghazanfar, J. Timberlake, H. Klöser, Y. Shennan-Farpon, R. Kindt, J.P. Barnekow Lillesø, P. van Breugel, L. Graudal, M. Voge, K.F. Al-Shammari & A.M. Saleem (2017). An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm. *BioScience* 67(6): 534–545. doi:10.1093/biosci/bix014.
- Fick, S.E. & R.J. Hijmans. (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. & R. Bernal. (2010). Palmas de Colombia. Guía de Campo. Editorial Universidad nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias – Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 688pp.
- Goffinet B. & WR Buck. (2020). Clasificación de Bryophyta. Versión en línea disponible en <http://bryology.uconn.edu/classification/>. Consultada 10 mayo de 2020.
- González I., Junner F.; Gonzales P., Herasmo y González I., María Isabel. (2013). Plan de Manejo Parque Municipal Natural *Andakí*, Belén de los Andaquíes Caquetá. Fundación Tierra Viva – Municipio Belén de los Andaquíes. 87 pag.
- González-Caro, S., M.N. Umaña, E. Álvarez, P.R. Stevenson & N.G. Swenson. (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. doi:10.1093/jpe/rtt076
- Hazzi, N.A., J.S.S. Moreno; C. Ortiz-Moviliav & R. Palacio (2018). Biogeographic regions and events of isolation and diversification of the endemic biota of the tropical Andes. *PNAS* 115 (31):7985–7990. <https://doi.org/10.1073/pnas.1803908115>.
- Hoorn, C., F.P. Wesselingh, H. ter Steege, M.A. Bermudez, A. Mora, J. Sevink, I. Sanmartin, A. Sanchez-Meseguer, C.L: Anderson, J.P. Figueiredo, C. Jaramillo, D. Riff, F.R. Negri, H. Hooghiemstra, J. Lundberg, T. Stadler, T. Sarkinen & A. Antonelli. (2010). Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *Science* 330: 927–931. DOI: 10.1126/science.1194585.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y Corporación Colombiana De Investigación Agropecuaria (CORPOICA). (2002). Zonificación de los Conflictos de Uso de las Tierras en Colombia. Volumen I. Parte A, Parte B-1 y Parte B-2. En *Zonificación Agroecológica de Colombia*. 240 pag.
- Kattan, G., D. Díaz-Martín, O. L. Hernández, E. Yerena, X. Viteri, E. Corrales y D. Arancibia. (2001). Complejo Ecoregional de los Andes del Norte: Hacia una visión de su biodiversidad. Cali: WWF–Fundación Natura–FUDENA.
- La Torre, J.P, O. Jaramillo. R. Omar. L.P. Corredor. & D.A. Arias. (2014). Condición de las Unidades Ecobiogeográficas Continentales y Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Colombia (Base de Datos Geográfica a Escala 1:100.000). Parques Nacionales Naturales de Colombia. 228 pag.
- Legendre P. & L. Legendre. (1998). *Numerical Ecology*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier. ISBN 978-0444892508.
- Lücking, R., B.P. Hodkinson & S.D. Leavitt. (2017). The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota – Approaching one thousand genera. *The Bryologist* 119(4), 361–416. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-119.4.361>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible- MADS. (2020). Lista de especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica continental y marino-costera de Colombia–Resolución 1912 de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. v2.5. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dataset/ Checklist. <https://doi.org/10.15472/5an5tz>.
- Marcelo-Peña, J.L. & C.R. Rodríguez. (2014). Patrones de diversidad y composición florística de parcelas de evaluación permanente en la selva central de Perú. *Rodriguésia* 65(1): 035–047.
- Marín, N., D. Cárdenas, N. Castaño & S. Sua. (2020). Diversidad Florística en la Cuenca Media y Alta del Río Hacha, Municipio de Florencia (Caquetá). *Colombia Amazónica* 12. En prensa.
- Mittermeier R.A., W.R. Turner, F.W. Larsen, T.M. Brooks & C. Gascon. (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.

- Murad, C.A. & J. Pearse. (2018). Landsat study of deforestation in the Amazon region of Colombia: Departments of Caquetá and Putumayo. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 11: 161–171.
- Murcia U., R. Medina, J. Rodríguez, A. Hernández, E. Herrera & H. Castellanos. (2014). Cambio de uso del suelo: Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia Colombiana, a escala 1:100.000. Cambios multitemporales 2002 al 2012, con énfasis en el periodo 2007–2012. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D.C., 144 p., 126 Anexos.
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., G.A.B. da Fonseca & J. Kent. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>.
- Oksanen, J., F.G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P.R. Minchin, R-B. O'Hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M.H.H. Stevens, E. Szoecs & H. Wagner. (2015). The vegan package. Community ecology package. R package version 2.3-2. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Olson, D.M. & Dinerstein E. (2002). The global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89: 199-224. DOI: 10.2307/3298564
- Parques Nacionales de Colombia. (2007). El Camino Andaquí o de la Quina – Una Aproximación Histórica de Uso. Proyecto de Conservación de los Paramos y Bosques Montanos del Macizo Colombiano.
- Pintaud, J.C., G. Galeano, H. Balslev, R. Bernal, F. Borchsenius, E. Ferreira, J-J. de Granville, K. Mejía, B. Millán, M. Moraes, L. Noblick, F.W. Stauffer & F. Kahn. (2008). Las Palmeras de América del Sur: diversidad, distribución e historia evolutiva. *Revista Peruana de Biología* 15: 7-29.
- Pryer, K.M., H. Schneider, A.R. Smith, R. Cranfill, P.G. Wolf, J.S. Hunt & S.D. Sipes. (2001). Horsetails and ferns are a monophyletic group and the closest living relatives to seed plants. *Nature* 409: 618–622. DOI: 10.1038/35054555
- Ramírez, S., S. González-Caro, J. Phillips, E. Cabrera, K.J. Feeley & A. Duque. (2019). The influence of historical dispersal on the phylogenetic structure of tree communities in the tropical Andes. *Biotropica* 51(4): 500-508. DOI: 10.1111/btp.12661
- Restrepo, J.H & L.G. Naranjo. (2007). Capítulo 4 Diversidad de flora y fauna. En: Barrera, X., J. Constantino, O. Espinosa, L. Hernández, I. Naranjo, R. Niño, J. Polanco, J. Restrepo, C. Revelo-salazar & F. Yepes (eds.). Escenarios de conservación en el piedemonte andino amazónico de Colombia. WWF Colombia. Bogotá DC.
- Söderström, L., A. Hagborg, M. von Konrat, S. Bartholomew-Began, D. Bell, L. Briscoe, E. Brown, D.C. Cargill, D.P. Costa, B.J. Crandall-Stotler, E.D. Cooper, G. Dauphin, J.J. Engel, K. Feldberg, D. Glenney, S.R. Gradstein, X. He, J. Heinrichs, J. Hentschel, A.L. Ilkiu-Borges, T. Katagiri, N.A. Konstantinova, J. Larrain, D.G. Long, M. Nebel, T. Pocs, F. Felisa Puche, E. Reiner-Drehwald, M.A.M. Renner, A. Sass-Gyarmati, A. Schafer-Verwimp, J.G.S. Moragues, R.E. Stotler, P. Sukkharak, B.M. Thiers, J. Uribe, J. Vaña, J.C. Villarreal, M. Wigginton, L. Zhang, R.-L. Zhu. (2016). World checklist of hornworts and liverworts. *PhytoKeys* 59: 1–828. DOI: 10.3897/phytokeys.59.6261
- Swenson, J.J., B.E. Young, S. Beck, P. Comer, J.H. Córdova, J. Dyson, D. Embert, F. Encarnación, W. Ferreira, I. Franke, D. Grossman, P. Hernandez, S.K. Herzog, C. Josse, G. Navarro, V. Pacheco, V.A. Stein, M. Timaná, A. Tovar, C. Tovar, J. Vargas & C.M. Zambrana-Torrel. (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>.
- Torres, B., Vasseur, L., Lopez, R., Lozano, P., García, &, Arteaga, Y., Bravo, C., Barba, C. & García, A., (2020) Structure and above ground biomass along an elevation small-scale gradient: case study in an Evergreen Andean Amazon forest, Ecuador. *Agrofor. Syst.* 94: 1235–1245.

Anexo en: <https://bit.ly/3pEnlbs>





Por el Camino Andakí. Foto: Archivo Expedición Colombia Bio Camino Andakí