

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**VARIACIÓN DE LA VEGETACIÓN, CARBONO Y PROPIEDADES DEL SUELO
EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL DEL PIEDEMONTES ANDINO-
AMAZÓNICO (CAQUETÁ, COLOMBIA)**

NÓRIDA LUCÍA MARÍN CANCHALA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Facultad de Ciencias

Departamento de Biología

Bogotá D.C.

2020

**VARIACIÓN DE LA VEGETACIÓN, CARBONO Y PROPIEDADES DEL SUELO
EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL DEL PIEDEMONTE ANDINO-
AMAZÓNICO (CAQUETÁ, COLOMBIA)**

Nórida Lucía Marín Canchala

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencias – Biología

Director: Diego Giraldo Cañas, Ph.D. Profesor Asociado, Instituto de Ciencias Naturales,
Universidad Nacional de Colombia

Codirector: Juan Fernando Phillips Bernal, MSc., Ph.D. (c) Candidato a doctor en
Ecología, Universidad Nacional de Colombia

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Facultad de Ciencias

Departamento de Biología

Bogotá D.C.

2020

Agradecimientos

Agradezco a la universidad Nacional quien me abrió las puertas y me lleno del conocimiento para el desarrollo y ejecución de la tesis. Al Instituto de Investigaciones Científica Sinchi, especialmente a la directora general Luz Marina Mantilla Cárdenas y al coordinador de la sede Florencia Carlos Hernando Rodríguez por su apoyo financiero y humano en toda la implementación de la metodología. Al proyecto "Restauración de áreas disturbadas por implementación de sistemas productivos agropecuarios en zonas de alta intervención en Caquetá SGR Convenio 060 de 2013 Gobernación del Caquetá" - Instituto Sinchi, por el apoyo logístico en la implementación de las parcelas. A Dairon Cárdenas por su constante apoyo laboral, apoyo en la identificación taxonómica del material colectado y sobre todo, por su continua enseñanza para formarnos en el campo profesional. A mis directores Juan Fernando Phillips y Diego Alonso Giraldo Cañas, por su guía durante el trabajo, demostrando ser unos excelentes biólogos con las cualidades que los caracterizan. A la profesora Olga Lucía Montenegro a quien aprecio profundamente y considero una excelente académica y persona, por todo su apoyo en la formación de futuros profesionales, por su paciencia y continua enseñanza. Al profesor Álvaro Duque y Sebastián Gonzales por su gran aporte al enriquecimiento y apoyo en la culminación del documento. A mis compañeros y amigos por compartir el proceso de formación conmigo durante la maestría. A mis amigos, Wilson Álvaro Alba, Nicolás Castaño, David Luna, Natalia Peláez, Jorge Contreras, Mónica Henao, Nelson Salinas, Mateo Jaimes, María Camila, Gladys Cardona y María Fernanda, por su compañía y apoyo en el desarrollo del proyecto. Por último y no menos importante, agradezco a Dios quien me da la fortaleza de seguir y cumplir mis propósitos, saliendo victoriosa de los obstáculos que se me presentan. A mi familia que amo con el corazón y a los que debo la formación como persona, gracias por estar siempre a mi lado ayudándome y apoyándome en mis proyectos y decisiones.

Resumen

En el presente estudio se determinaron los cambios de la estructura, diversidad alfa y beta a lo largo del gradiente altitudinal de la transición andino-amazónica del departamento de Caquetá (Colombia). El gradiente se dividió en tres bandas de elevación (1: 600-800 m s.n.m.; 2: 1400-1600 m s.n.m. y 3 2200-2400 m s.n.m.). En cada una de las bandas se montaron tres parcelas de 2500 m² donde se midieron todos los individuos con DAP \geq 10 cm, y 3 subparcelas de 400 m² de individuos con DAP \geq 1 -10 cm. Las familias más importantes fueron Lauraceae y Melastomataceae (52 spp.). La altura de los árboles a lo largo del gradiente no varió significativamente; los diámetros mayores se encuentran en la banda media (1400-1600 m s.n.m.) del gradiente, que soportan los mayores contenidos de biomasa aérea. La α -diversidad tiende a disminuir con la elevación, siendo la banda inferior (600-800 m s.n.m.) significativamente diferente a las bandas intermedia (1400-1600 m s.n.m.) y superior (2200-2400 m s.n.m.). Se evidenció un fuerte recambio de especies entre las bandas de elevación, siendo la banda superior (2200-2400 m s.n.m.) la que presenta mayor diferencia con respecto a las otras dos. Ninguna de las variables químicas del suelo tuvo efectos significativos sobre la biomasa y riqueza; sin embargo, la arena y la arcilla si se correlacionó con la riqueza. Los cambios presentes a lo largo del gradiente altitudinal se soportan en la hipótesis de restricciones fisiológicas por cambios en temperatura, que define la abundancia de especies en sus altitudes óptimas.

Palabras claves: Transición andino-amazónica, Diversidad; Estructura vegetal; Biomasa aérea, gradiente altitudinal.

Abstrac

The present study determined the changes in forest structure, as well as changes in alpha and beta diversity, along an altitudinal gradient on the Andes-Amazon transition in the department of Caquetá (Colombia). The altitudinal gradient was divided into three elevation bands (Band 1: 600-800 m alt.; Band 2: 1400-1600 m alt. & Band 3: 2200-2400 m alt.). In each of the elevation bands, three 2500 m² plots were established where all the trees with DBH \geq 10 cm were measured, and three 400 m² subplots were established to evaluate individuals with DBH \geq 1 cm. The most relevant families were the Lauraceae and Melastomataceae (52 spp.). Tree height along the gradient did not exhibit significant variation; the intermediate elevation band exhibited trees with the largest diameters, which also support the largest aboveground biomass contents. Alpha-diversity tends to diminish along the elevation gradient, and the lower band (600-800 m alt.) exhibits significant differences with the intermediate (1400-1600 m alt.) and superior (2200-2400 m alt.) elevation bands. None of the soil chemical variables had significant effects on biomass and richness; however sand and clay did correlate with wealth. Results evidenced a strong change in species along the gradient, with the superior band presenting the most significant differences. Changes along the elevation gradient are supported by the hypothesis of physiological restrictions related to changes in temperature, which define the abundance of species at their optimum elevation.

Keywords: Andean-Amazon transition, diversity, forest structure, aboveground biomass and altitudinal gradient.

Contenido

<u>Resumen.....</u>	<u>VI</u>
<u>Abstract.....</u>	<u>VIII</u>
<u>Lista de figuras</u>	<u>IX</u>
<u>Lista de tablas</u>	<u>X</u>
<u>Introducción</u>	<u>1</u>
<u>1.2 Metodología</u>	<u>3</u>
<u>1.2.1 Área de estudio</u>	<u>3</u>
<u>1.2.2 Diseño del muestreo, toma de datos dasométricos y florísticos</u>	<u>4</u>
<u>1.3 Análisis de datos</u>	<u>7</u>
<u>1.3.2 Diversidad α</u>	<u>7</u>
<u>1.3.2 Diversidad β</u>	<u>7</u>
<u>1.3.1 Análisis de la estructura del bosque</u>	<u>7</u>
<u>1.4 Resultados</u>	<u>8</u>
<u>1.4.1 Composición florística</u>	<u>8</u>
<u>1.4.2 Diversidad α</u>	<u>11</u>
<u>1.4.3 Diversidad β</u>	<u>12</u>
<u>1.4.4 Estructura del bosque</u>	<u>13</u>
<u>1.4.5 Suelos.....</u>	<u>14</u>
<u>1.5 Discusión</u>	<u>16</u>
<u>1.5.1 composición florística</u>	<u>16</u>
<u>1.5.2 Diversidad α</u>	<u>18</u>
<u>1.5.3 Diversidad β</u>	<u>19</u>
<u>1.5.4 Estructura del bosque</u>	<u>20</u>
<u>1.5.5 Suelos.....</u>	<u>21</u>
<u>1.6 Conclusiones</u>	<u>23</u>
<u>1.7 Literatura citada</u>	<u>24</u>
<u>A. Anexo: Familias y especies encontradas en cada rango altitudinal</u>	<u>32</u>
<u>B. Anexo: Familias y especies presentes según intervalo altitudinal</u>	<u>55</u>
<u>C. Anexo: Índice de valor de importancia familiar</u>	<u>58</u>
<u>D. Anexo: Similitud florística utilizando el índice de Jaccard.....</u>	<u>61</u>
<u>E. Anexo: Correlaciones de Pearson entre las variables fisicoquímicas, riqueza y biomasa.....</u>	<u>62</u>

Lista de figuras

<u>Figura 1.</u>	<u>Zona de estudio en el departamento de Caquetá.....</u>	<u>4</u>
<u>Figura 2.</u>	<u>Diseño de parcelas permanentes para el censo.....</u>	<u>5</u>
<u>Figura 3.</u>	<u>Distribución de los puntos para toma de muestras de suelo.....</u>	<u>6</u>
<u>Figura 4.</u>	<u>Familias con mayor número de especies en las subparcelas.....</u>	<u>9</u>
<u>Figura 5.</u>	<u>Familias con mayor número de especies en las parcelas.....</u>	<u>9</u>
<u>Figura 6.</u>	<u>Número de especies esperadas y diversidad α de Fisher.....</u>	<u>12</u>
<u>Figura 7.</u>	<u>Ordenación de la similitud florística usando el índice de Jaccard..</u>	<u>12</u>
<u>Figura 7.</u>	<u>Diferencia en elevación y distancia en términos de composición..</u>	<u>12</u>
<u>Figura 8.</u>	<u>Distribución de diámetros, alturas y biomasa aérea</u>	<u>14</u>
<u>Figura 9.</u>	<u>Correlación entre la arena y arcilla con la riqueza de especies.....</u>	<u>15</u>

Lista de tablas

<u>Tabla 1.</u>	<u>Ubicación geográfica de parcelas permanentes establecidas.....</u>	<u>5</u>
<u>Tabla 2.</u>	<u>Índice de valor de importancia familiar para las 9 parcelas.....</u>	<u>10</u>
<u>Tabla 3.</u>	<u>Número Individuos, familias, géneros y especies por banda.....</u>	<u>11</u>
<u>Tabla 4.</u>	<u>Valores de las propiedades fisicoquímicas del suelo</u>	<u>15</u>

Introducción

Los andes tropicales son considerados como los más diversos del planeta (Myers *et al.* 2000); sin embargo, los procesos que originan tal diversidad son poco conocidos. En los Andes se ha demostrado que el número de especies de plantas y otros grupos de animales disminuye con la elevación (Kessler *et al.* 2002). Estos cambios, pueden ser debido a variaciones en temperatura, los cuales imponen restricciones fisiológicas a los individuos (Currie 1991; Currie *et al.* 2004). Estas restricciones pueden definir los rangos geográficos y por lo tanto afectar los patrones regionales de diversidad. Por ejemplo el gradiente altitudinal, ha sido explicado por la disminución de la temperatura hacia los polos. Si se asume que la mayoría de las especies tienen un origen tropical (i.e. cálido y húmedo; Wiens & Donogue 2004), cuando éstas colonizan otros ambientes, pueden estar limitadas debido a restricciones fisiológicas (Currie *et al.* 2004). Por lo tanto, es de esperar que la tasa de colonización de ambientes fríos va a ser menor, teniendo como consecuencia cambios de diversidad a lo largo del gradiente térmico, lo que hace de los gradientes de elevación un sistema ideal para evaluar el efecto de la temperatura sobre la estructura y composición de las comunidades vegetales. No obstante, estudios comparativos entre la variación de estructura y riqueza simultáneamente son escasos y necesarios para entender la respuesta de los bosques a cambios en temperatura

Por lo tanto se espera que a mayor altitud menor número de especies, ya que no todas pueden tolerar dichas condiciones (Wallace 1878; Pianka 1966; Lomolino 2001), limitando el rango de distribución de cada una (Grinnell 1917). Algunos estudios han encontrado que la riqueza es menor a medida que se asciende en la montaña (Yoda 1967; Hamilton 1975; Gentry, 1988; Girardin *et al.* 2014). Este cambio de riqueza, se ha relacionado con las variables ambientales, la productividad y factores energéticos (Wright *et al.* 1993; Grytnes *et al.* 1999; Lomolino, 2001). Por otro lado, hay quienes afirman que la mayor riqueza puede estar en las partes intermedias del gradiente (Rahbek 1995; Sanders 2002; Sang 2009; Zhu 2007). Entonces, si la temperatura limita la distribución, se espera que el número de especies disminuya en la transición andino amazónica de Caquetá; en contraste, si a alturas intermedia confluyen diferentes floras (será mejor decir linajes), lo que se espera es un patrón unimodal de cambio de la riqueza con la elevación.

La composición florística en un gradiente de elevación puede cambiar drásticamente. Si la mayoría de especies se asocian a condiciones particulares (i.e. especialización), los

cambios abruptos de temperatura que se presentan al cambiar la altitud pueden definir los límites de los rangos altitudinales de las especies (Legendre & Legendre 1998). Algunos de los estudios sobre composición, han encontrado que hay géneros que se distribuyen a lo largo de gradientes marcados, siendo más diversos en sus rangos óptimos (Girardin *et al.* 2014). Además de los géneros, hay familias que también se restringen a ciertos intervalos, evidenciando sus limitaciones para desarrollarse fuera de sus nichos térmicos óptimos. Otras familias por el contrario se encuentran a lo largo del gradiente, pero los géneros varían de una elevación a otra (Marcelo-Peña y Rodríguez, 2014). Por lo tanto, se puede esperar un cambio en la composición de especies, si estas tienen alta afinidad por condiciones particulares.

La estructura de las comunidades de árboles en los sistemas montañosos, se espera que cambie, debido a la disminución en la temperatura y disponibilidad de nutrientes (Girardin *et al.* 2010). Sin embargo, existe controversia entre diferentes estudios realizados a lo largo de gradientes de elevación en regiones tropicales. Algunos de los estudios indican que la altura total, el diámetro de los árboles y la biomasa aérea, disminuye cuando incrementa en elevación (Raich *et al.* 1997; Schawe *et al.* 2007; Malhi *et al.* 2015), mientras que la densidad de individuos aumenta (Girardin *et al.* 2014). En Perú, se ha observado un cambio gradual en la altura de los árboles, que afecta la cantidad de biomasa aérea de estos bosques (Girardin *et al.* 2010). Por el contrario, los individuos del dosel (i.e. los árboles más grandes de la comunidad) no presentan variación en el área basal (Boyle 1996; Peña *et al.* 2018). Si los árboles grandes son el principal factor en definir la cantidad de biomasa aérea de un sitio (Slik *et al.* 2013), entonces se puede esperar que al reducir de tamaño los árboles con la elevación, también disminuirá el diámetro, y en consecuencia la biomasa aérea.

Al igual que en la vegetación, el desarrollo de los suelos se encuentra limitado por las variaciones climáticas (García & Schlatter 2012). En las tierras bajas por ejemplo, se presenta una descomposición de materia orgánica más rápida, favorecida posiblemente por el incremento de la temperatura y precipitación (Zehetner *et al.* 2003; Buytaert *et al.* 2006; Tonneijck *et al.* 2006; Hart & Perry 1999; Kane *et al.* 2005). Por tanto, se puede concluir que existe una fuerte relación entre el clima y los contenidos de carbono en el suelo, que favorece la disposición de nutrientes y la capacidad de retención de agua (Prado 2007; Olsson *et al.* 2009). No obstante, hay quienes afirman que los incrementos de calcio, magnesio, y potasio aumentan a menores altitudes, y que se encuentra directamente relacionado con el contenido de limo y arcilla (Schawe *et al.* 2006). Los altos contenidos de limo y arena que presentan los suelos interandinos son responsables de un bajo nivel de intercambio de iones (Benavides 2000). Por lo anterior, se puede esperar que en las partes medias y altas del gradiente se encuentren bajos contenidos de iones y un incremento de limo y arena.

En la presente investigación se realizó el montaje de nueve parcelas de 0.25 hectáreas en un gradiente desde 600 – 2400 m s.n.m. en Florencia, Caquetá. A partir de los datos obtenidos, se quiso responder las siguientes preguntas de investigación: i) ¿Cómo varía la diversidad alfa (α -diversidad) y la diversidad beta (β -diversidad) en el mismo gradiente de

elevación? Si la temperatura afecta la α -diversidad, se espera que el número de especies y la diversidad local disminuyan con la elevación. Adicionalmente, se espera que las especies cambien entre bandas de elevación, es decir, la β -diversidad aumenta con la diferencia en elevación, sugiriendo que las especies necesitan condiciones particulares para su desarrollo. ii) ¿Cómo cambia la estructura de las comunidades de árboles a lo largo del gradiente de elevación? Si la temperatura es el principal determinante de estos cambios, se espera que la altura total, el diámetro y la biomasa del bosque disminuya con la elevación. iii) ¿las propiedades fisicoquímicas del suelo inciden en el cambio de estructura y diversidad vegetal? Las propiedades del suelo fueron incluidas como un factor de control para entender si los cambios en estructura y diversidad responden principalmente a la temperatura o a otros factores ambientales que pueden determinar estos cambios. Esperamos aportar con estos resultados a entender las comunidades vegetales de la transición andino amazónica y su respuesta al cambio en temperatura.

1.2 Metodología

1.2.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la transición andino-amazónica del departamento del Caquetá, específicamente en el municipio de Florencia, antigua vía Florencia-Neiva (Figura 1). Esta área se ubica entre los 1° 52' y 1° 41' de latitud norte y los 75° 40' y 75° 35' de longitud oeste. Comprende un gradiente altitudinal que se extiende desde los 600 hasta los 2400 m s.n.m. con una extensión de 27 km, y una variación de temperatura media de 20°C en la parte baja y 14°C en la parte alta.

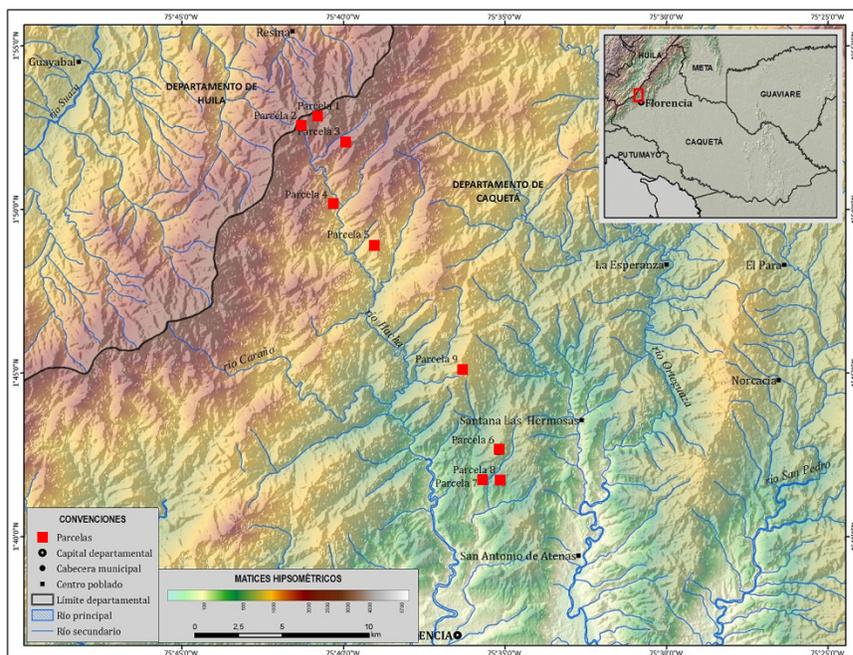


Figura 1. Área de estudio en el departamento de Caquetá, en rojo se observa la ubicación de las nueve parcelas muestreadas.

1.2.2 Diseño del muestreo, toma de datos dasométricos y florísticos

El gradiente altitudinal se tomó desde los 400 hasta los 2400 msnm, y fue dividido en tres bandas de elevación (600-800; 1400-1600 y de 2200-2400 msnm), espaciada una de otra por 800 msnm. En cada una de las bandas altitudinales se establecieron tres parcelas permanentes de 2500 m² (50 m × 50 m) a una distancia mínima de 1000 m entre sí, y tres subparcelas de 20 × 20 m² al interior de cada parcela (Figura 1). Los bosques seleccionados para el establecimiento de las parcelas se encuentran en muy buen estado de conservación, distantes y de difícil acceso, de forma que se garantizará el monitoreo a largo plazo de estas unidades.

Las tres primeras parcelas (P1, P2 y P3) se ubican en la parte alta de la cuenca del río Hacha, en el sector Cerro Gabinete, en los límites de los departamentos de Caquetá y Huila, y corresponden a la primera banda altitudinal de 2200-2400 m s. n. m. Las parcelas P4, P5 y P9 se ubican en la parte media de la cuenca del río Hacha, entre las quebradas Tarquí y Sucre y la vereda San Pacho, y corresponden a la segunda banda altitudinal. Las parcelas P6, P7 y P8, se establecieron en el sector de Sebastopol y corresponden a la tercera banda altitudinal de 600-800 m s. n. m. (Figura 1). Las coordenadas y altitud de cada parcela se encuentran detalladas en la Tabla 1. También, se presentan los datos de temperatura y precipitación, los cuales se obtuvieron a partir de la base de datos global WorldClim (Fick & Hijmans 2017).

Tabla 1. Ubicación geográfica de parcelas permanentes empleadas para la caracterización florística y estructural de unidades boscosas en un gradiente altitudinal en el departamento de Caquetá, Colombia.

Parcelas	Altitud. (m s.n.m.)	Latitud N	Longitud W	Promedio de T° anual	Prec anual
1	2220	1° 52' 50.4"	75° 40' 40,6"	14,9	176,5
2	2261	1° 52' 33.1"	75° 41' 17.4"	14,8	174,4
3	2263	1° 52' 04.1"	75° 39' 56.6"	15,5	178,9
4	1616	1° 50' 08.6"	75° 40' 19.8"	18,8	160,0
5	1658	1° 48' 55.1"	75° 39' 01.7"	19,7	154,9
6	876	1°42'37.80"	75°35'10.70"	23,1	195,2
7	603	1°41'46.20"	75°35'40.70"	24,4	228,8
8	657	1°41'43.20"	75°35'8.40"	24,1	219,4
9	1450	1° 45' 6.26"	75° 36' 17.9"	20,6	162,4

El montaje de las parcelas se realizó siguiendo la metodología de Yepes *et al.* (2011). Los cuatro vértices de la parcela se georreferenciaron, tomando como punto base la esquina de inicio (e.g. 0,0). Al interior de cada parcela, se censaron todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (130 cm de altura, DAP) ≥ 10 cm, y en una parcela de menor tamaño (20 \times 20 m) se censaron todos los individuos con DAP entre 1 y 9,9 cm (Figura 2). Se registró el DAP, altura a la primera ramificación, altura total y colectó la muestra botánica a cada individuo censado. Al 40% de los individuos de cada parcela se le midió la altura a la primera ramificación y la altura total con un hipsómetro láser Haglo vertex IV. Con las alturas del 40% de los individuos, se generó una ecuación de regresión basada en diámetros y alturas para obtener el 100% de las alturas de todos los individuos (Yepes *et al.*, 2011).

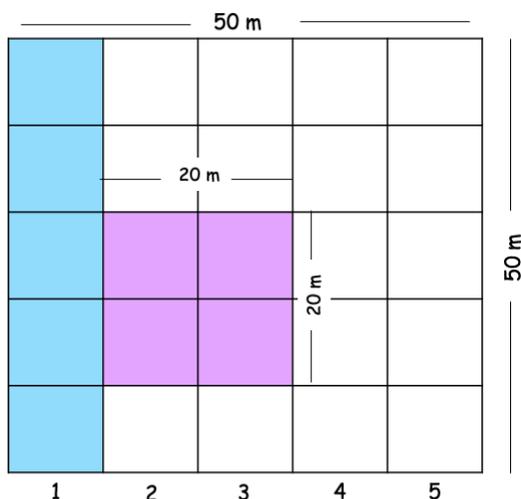


Figura 2. Diseño de parcelas permanentes para el censo de la vegetación arbórea y arbustiva en un gradiente altitudinal en el departamento de Caquetá, Colombia. En azul esta la banda inicial de la parcela y en morado esta la subparcela de 20 × 20 m.

Se recolectó una muestra botánica de cada una de las morfoespecies registradas en las parcelas (bajo la numeración Nórdica Marín 3100-4835), las cuales fueron llevadas al Herbario Amazónico Colombiano-COAH, del Instituto Sinchi, donde fueron identificadas taxonómicamente usando las colecciones de referencia, bases de datos y literatura especializada (floras, guías de campo, etc.). Para los pteridófitos o algunas familias como Myrtaceae, Brunelliaceae, Dilleniaceae, Polygalaceae se contó con la ayuda de especialistas para su determinación.

1.2.3 Muestras de suelo

En cada parcela, se tomaron dos muestras compuestas de suelo de los primeros 30 cm de profundidad (figura 3). Las muestras de suelo se tomaron siguiendo la metodología de Cardona (2004); que consiste en retirar la capa de hojarasca (si está presente), e introducir verticalmente una pala o barreno hasta una profundidad de 0-30 cm. La primera muestra se toma de las dos primeras esquinas y el centro (A, B y C) y la segunda corresponde a las esquinas D, E y Centro (C) (Figura 3). De cada muestra se guardan aproximadamente 500-1000 gramos de suelo en bolsas plásticas con cierre hermético para el análisis físico-químico (Q-01). Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio del Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC) de Bogotá.

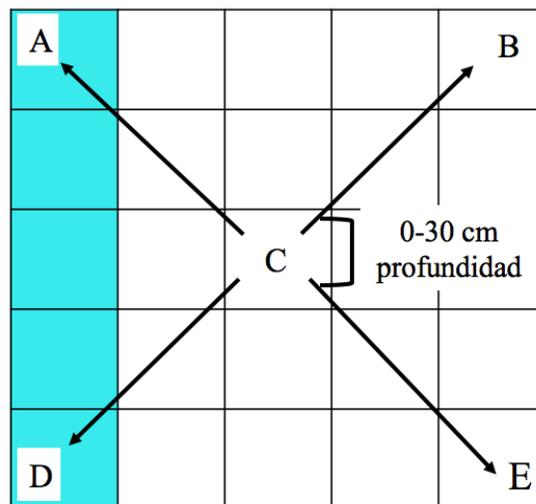


Figura 3. Distribución de los puntos para toma de muestras de suelo en cada una de las parcelas montadas en el gradiente de la transición andino amazónica Caquetá.

Densidad aparente del suelo

Siguiendo la metodología que se utilizó para análisis Q01, se tomaron muestras para determinar la densidad aparente. Las muestras, se colectaron con cilindros de acero

inoxidable de 7 cm de alto por 5,6 cm de diámetro. Los suelos fueron secados durante 7 días a una temperatura de 120 °C en un horno, hasta obtener el peso constante (Yepes *et al.* 2011).

1.2.4 Análisis de datos

1.2.5 Análisis de diversidad

Se realizó un análisis de rarefacción de extrapolación para cada banda de elevación tomando en el eje X el número de individuos y en el eje Y la riqueza de especies (Chao *et al.* 2014). El valor máximo de la extrapolación corresponde al doble del número de individuos de la banda 1400-1600, que es la que menor número de individuos presento. Los intervalos de confianza se compararon para determinar diferencias entre las bandas de elevación.

Adicionalmente se realizó la estimación del alfa de Fisher calculado desde 100 hasta 1000 individuos por banda de elevación. Este índice se estimó usando la función *fisher alpha* del paquete *vegan* en R. Para calcular el intervalo de confianza del alfa de Fisher se replicó su estimación 100 veces por cada individuo colectado.

Análisis de diversidad β

Se compararon las parcelas usando el índice de *Jaccard* (calculada usando la función *vegdist* en el paquete *vegan* en R) el cual es:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde, *c* es el número de especies compartidas, *a* y *b* son el número de especies en cada una de las comunidades comparadas. Esta medida estima el grado de similitud entre dos sitios dependiendo del número de especies compartidas entre ellos relativo al total de especies muestreadas. Esta medida es usada para realizar una ordenación usando el método multidimensional de escalamiento no métrico. Para esto se utilizó la función *metaMDS* en el paquete *vegan* en R.

Luego se evaluó el efecto de la elevación sobre los cambios en composición. Para esto se correlacionaron el recambio de especies estimado con el índice de *Jaccard* y la diferencia en elevación entre las parcelas. Para realizar esta correlación se utilizó una regresión de matrices múltiple, calculada con la función *MRM* del paquete *ecodist* en R.

Análisis de estructura del bosque

Se caracterizó la distribución de diámetro y alturas para cada una de las bandas de elevación y se compararon los valores promedios y los máximos de cada variable entre las tres bandas. Adicionalmente se estimó la biomasa aérea de los árboles, la cual es una

característica que depende de su tamaño y la densidad de la madera. Para obtener los datos de densidad de madera se utilizaron los valores disponibles en la base de datos global (Chave *et al.* 2009) para el 67.45% de los individuos. Para el 32.55% restante se adicionó el valor promedio de la parcela a la cual correspondía. Estos valores fueron obtenidos usando la función *getWoodDensity* del paquete BIOMASS en R. Los diámetros a la altura del pecho (DAP) son obtenidos de mediciones en campo. La altura se estima a partir de una ecuación alométrica que relaciona el DAP con ésta, siguiendo Feldpausch *et al.* (2012). Para esta ecuación se tiene en cuenta los datos medidos del 40 % de los individuos en cada parcela. Esta estimación se realiza usando el paquete *BIOMASS* en R. A partir de estos datos se estima la biomasa aérea de cada árbol con diámetro ≥ 10 cm aplicando la ecuación alométrica propuesta por Chave *et al.* (2014), que se define por:

$$BA = 0,0673 \times (\rho D^2 H)^{0,976}$$

Donde la BA se expresa en función del diámetro normal (D), la densidad específica de la madera (ρ) y la altura de los árboles (H). Esta ecuación fue calculada usando la función *computeAGB* del paquete *BIOMASS* de R. Luego, los valores obtenidos por cada árbol fueron sumados para obtener el valor por parcela.

Las diferencias en la biomasa estimada en cada banda de elevación se evaluaron usando una prueba de *Kruskal-Wallis*, debido al número de datos disponible.

Carbono: La mayoría de los estudios realizados en los bosques tropicales, asumen que el carbono almacenado corresponde al 48% de la biomasa aérea (MacDicken 1977; Chave *et al.* 2005; Aragão *et al.* 2009). Por lo anterior, para este estudio solo se tomaron los contenidos de biomasa aérea de cada banda altitudinal evaluada.

Suelos

Finalmente, se realizaron correlaciones de Pearson para evaluar el posible efecto de los suelos sobre la diversidad local y la biomasa.

1.3 Resultados

1.3.1 Composición Florística

En las 9 parcelas de 2500 m² se censaron 1984 individuos con DAP ≥ 10 cm, que corresponden al estrato arbóreo. Estos se agrupan en 422 especies, 182 géneros y 74 familias. Las familias más abundantes son Lauraceae (38 spp.), Fabaceae (36 spp.) y Melastomataceae (27 spp.) (Figura 4); por otro lado se encontraron 12 familias representadas con 2 especies y 23 con una sola especie. Las especies con mayor número de individuos para este estrato fueron *Wettinia fascicularis*, *Ilex gabinetensis*, *Tibouchina lepidota*, *Colombobalanus excelsa* y *Dictyocaryum lamarckianum*.

Para las 9 subparcelas de 400 m² fueron medidos 1964 arbustos con diámetros mayor a 1 y menor a 10 cm, distribuidos en 408 especies, 179 géneros y 75 familias. Las familias con mayor número de especies son Melastomataceae (41 spp.), Rubiaceae (41 spp.) y Lauraceae (33 spp.) (figura 5). 14 familias encontradas en este estrato registraron dos

Rubiaceae que sobresalen por su abundancia y diversidad relativa. Presentando un alto número de individuos y especies. No obstante, a pesar de que se encuentran distribuidas en todo el gradiente, las especies cambian de acuerdo al incremento de la altitud y solo una especie se distribuye a lo largo de todo el gradiente (Anexo 2). Por otro lado, Arecaceae sobresale por su abundancia, ya que presenta un alto número de individuos, representados en pocas especies. Styraceae, Polygalaceae y Rhizophoraceae presenta los valores de importancia más bajos (Anexo 3), pues solo tienen una especie con un único individuo y se encuentran en un solo rango altitudinal. La familia Styraceae se reportó únicamente para la banda altitudinal media (1400-1600), Polygalaceae para la banda alta (2200-2400) y Rhizophoraceae en la parte baja del gradiente (600-800).

Tabla 2. Índice de valor de importancia familiar para las 9 parcelas establecidas a lo largo del gradiente altitudinal del departamento del Caquetá. Arf = abundancia relativa, Drf= dominancia relativa y Divrf = diversidad relativa.

Familias	Arf	Drf	Divrf	IVI 300%	IVI 100%
Melastomataceae	11,52	2,85	8,17	22,55	7,52
Rubiaceae	11,6	2,85	7,53	21,98	7,33
Arecaceae	13,48	2,85	2,4	18,73	6,24
Lauraceae	4,41	2,53	8,17	15,11	5,04
Fabaceae	3,44	1,9	7,69	13,04	4,35
Euphorbiaceae	4,13	2,85	2,88	9,86	3,29
Sapotaceae	2,99	1,9	4,97	9,86	3,29
Myrtaceae	1,37	2,22	4,33	7,91	2,64
Moraceae	2,53	1,9	3,04	7,48	2,49
Aquifoliaceae	3,8	2,22	1,44	7,46	2,49

Los géneros más importantes en toda la zona de estudio son *Miconia* (34 spp.), *Inga* (23 spp.) y *Pouteria* (20 spp.). Por otro lado, 72 géneros se encuentran representados por 2 especies y 128 por una sola especie (Anexo 1). A lo largo del gradiente se observó que hay géneros que solo se presentan en ciertas bandas de elevación. Las parcelas de 600-800 presentan el mayor número que no se comparten (92), seguida de la de 2200-2400 (29) y 1400-1600 que presentó el menor número compartido (26).

Las especies más abundantes en toda el área de estudio fueron *Wettinia drudei* (164 individuos), *Wettinia fascicularis* (120 individuos), *Ilex gabinetensis* (100 individuos), *Colombobalanus excelsa* (95 individuos), *Palicourea andrei* (92 individuos) y *Tibouchina lepidota* (80 individuos). La presencia de estas especies se restringe a una sola banda altitudinal, como es el caso de *Ilex gabinetensis*, *Tibouchina lepidota* y *Palicourea andrei* se presentan únicamente en las parcelas de 2200-2400 m s.n.m. *Wettinia drudei*, *Wettinia fascicularis* y *Colombobalanus excelsa* se registraron para la banda dos de 1400-1600 m s.n.m. En cuanto a las más abundantes encontradas solo para las parcelas del rango altitudinal de 600-800 m s.n.m. fueron *Pseudosenefeldera inclinata* (65 individuos) y *Virola elongata* (42 individuos).

Por último, el mayor número de familias (64) y especies (362) se encontró en las parcelas de 600-800 msnm y el menor en las de 2200-2400 msnm (Tabla 3). Así mismo, se observa un gran número de familias con un solo registro (singletons), por tanto, la mayor riqueza de especies la presentan las 6 primeras familias (Anexo 1; figura 4 y 5) con el 47% aproximadamente. Es importante resaltar que en los bosques del intervalo altitudinal medio (1400-1600), se evidencia una disminución en cuanto al número de individuos (Tabla 4).

Tabla 3. Número de Individuos, familias, géneros y especies presentes en cada banda altitudinal de la transición andino amazónica Caquetá

Intervalo de elevación (m s. n. m.)	# Individuos	# Familias	# Géneros	# Especies
600-800	1458	64	166	362
1400-1600	1149	51	110	192
2200-2400	1341	47	80	154
Total	3948	162	362	708

1.3.2 Diversidad α

La curva de rarefacción muestra que las bandas de elevación son diferentes en términos de diversidad, siendo la banda de 600-800 msnm la que mayor riqueza de especies presenta (promedio = 174,8) comparada con la 1400-1600 m s.n.m. y la de 2200-2400 m s.n.m. (101,78, 97,35, respectivamente) (Figura 5). Para ninguna de las bandas de elevación se obtuvo una asíntota en la curva de rarefacción indicando que el esfuerzo de muestreo debería incrementarse.

Adicionalmente, se estimó la diversidad usando el índice de alfa de Fisher, el cual confirma los resultados anteriores siendo la parte baja del gradiente 600-800 m s.n.m. la de mayor diversidad (600-800 = 142,01; 1400-1600 = 52,73; 2200-2400= 44,61). Entre la parte alta y media se observan diferencias significativas a más de 700 individuos en el muestreo. El intervalo de confianza de 600-800 ms.n.m. es el más amplio comparado con las de 1400-1600 y 2200-2400 a 1000 individuos, lo que implica que la de 600-800 es la que requiere mayor esfuerzo de muestreo.

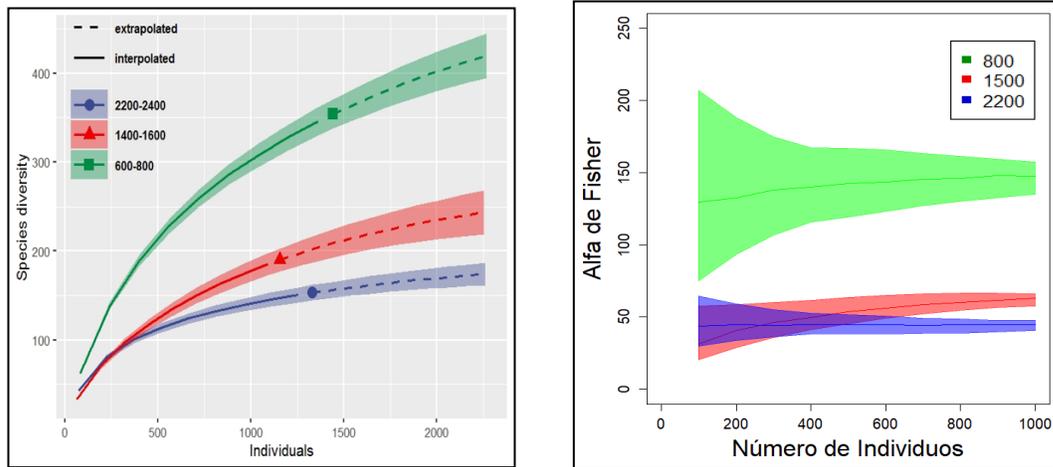


Figura 5. Número de especies esperadas por bandas de elevación dependiendo del número individuos muestreados (parte izquierda). Diversidad α de Fisher por bandas de elevación para un número de individuos determinado entre 100-1000 (parte derecha). Los colores representan la banda de elevación, verde 600-800 msnm, rojo 1400-1600 msnm y azul 2200-2400 msnm.

1.3.3 Diversidad β

Las parcelas muestreadas presentan altas diferencias entre sí en términos de composición (promedio de distancia de *Jaccard* = 0.035) (figura 6; Anexo 4). Sin embargo la ordenación muestra que las parcelas de la banda de 600-800 msnm y la de 1400-1600 msnm son más parecidas entre sí en el primer eje de la ordenación, mientras que las de 2200 msnm conforman un grupo diferente. Este efecto de la elevación es confirmado por la regresión de matrices que presenta una relación negativa significativa con la elevación ($r = 0.25$; $F = 11.34$; $p = 0.005$).

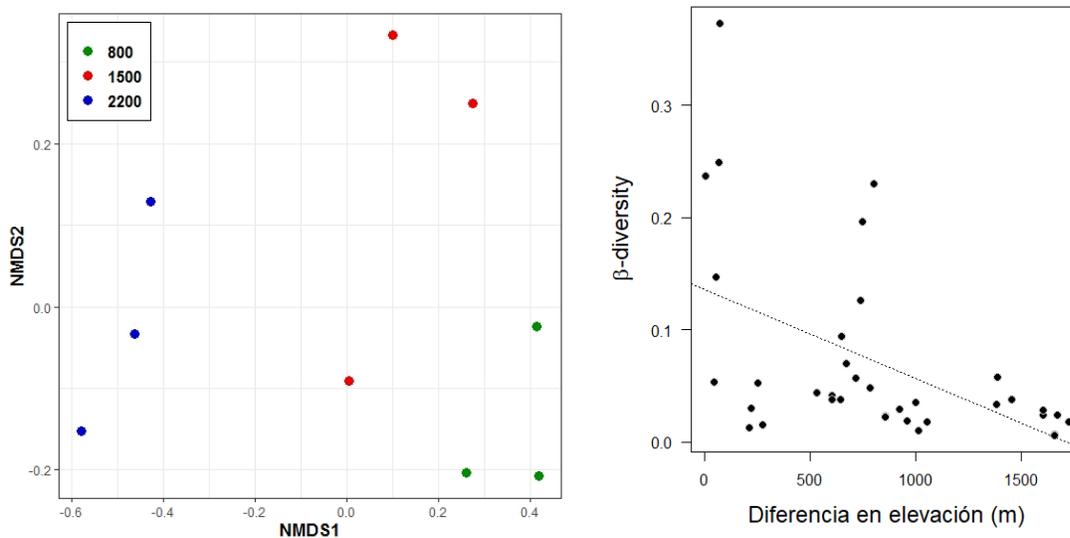


Figura 6. Ordenación de la similitud florística usando el índice de *Jaccard*. Las bandas elevación están representadas por colores (panel izquierdo). Diagrama de puntos entre la

diferencia en elevación entre cada parcela y su distancia en términos de composición florística usando el índice de *Jaccard* (Panel derecho).

1.3.4 Estructura del bosque

El diámetro promedio de los árboles varió a lo largo del gradiente altitudinal desde las zonas bajas, medias y altas, con valores de 9,4 cm, 5,8 cm y 10,5 cm, respectivamente. Los valores de diámetro máximo por banda de elevación fueron 74,6 cm, 106,4 cm y 47,1 cm, donde se evidencia la presencia de los árboles más grandes en la banda intermedia alrededor de 1500 m s.n.m. (Figura 4). Las alturas de los árboles fueron de 12,45 m ($\pm 6,18$), 12,81 m ($\pm 6,69$) y 12,93 m ($\pm 5,23$) y no presentan diferencias significativas entre sí; entre las diferentes bandas.

La biomasa promedio por parcela fue de $288,8 \pm 120,36$ Mg /ha, siendo el valor máximo de 529,37 Mg /ha registrado a 1658 m s.n.m. El análisis de *Kruskal-Wallis* no mostró diferencias significativas en biomasa aérea entre las bandas de 600-800 y la de 1400-1600 ($p= 0,297$), pero sí con la de 2200-2400 msnm ($p= 0,011$). Sin embargo, existe una tendencia hacia un incremento de biomasa aérea en elevaciones intermedias (1400-1600 msnm) (Figura 5), donde la biomasa promedio es de $403,47 \pm 123,2$ Mg /ha, seguida de la elevación inferior a 600-800 msnm con un promedio de $283,6 \pm 70,4$ Mg/ ha y por último 2200-2400 msnm con un promedio de $179,3 \pm 8,42$ Mg /ha.

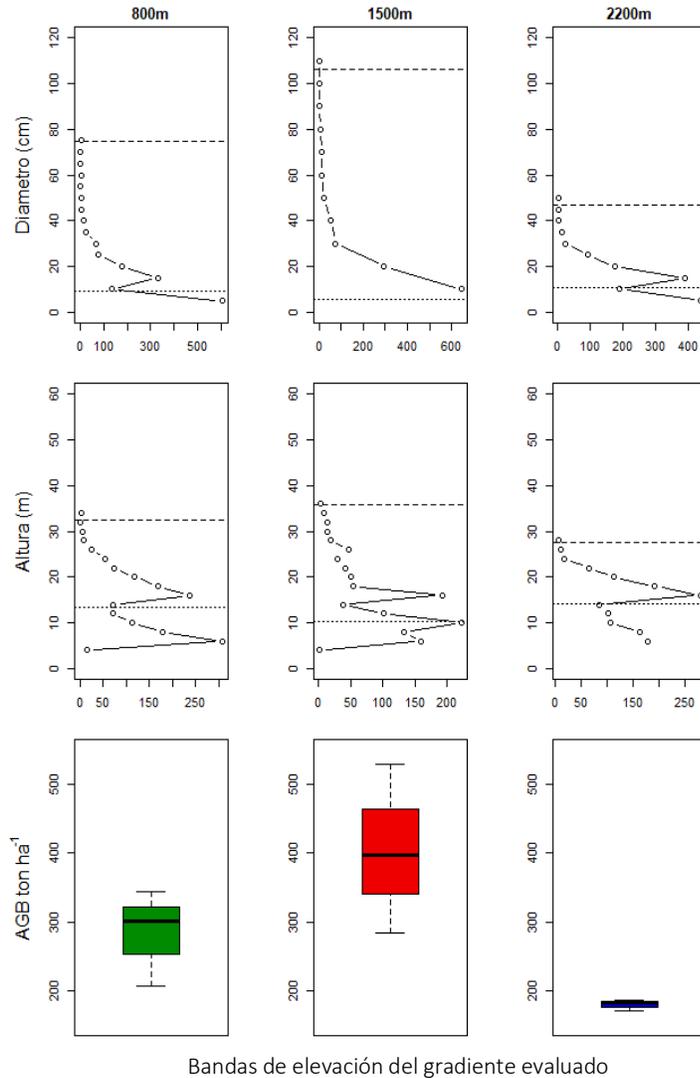


Figura 4. Distribución de diámetros (paneles superiores), alturas (paneles intermedios) y biomasa aérea (paneles inferiores) para las tres bandas de elevación analizada. Las líneas de punteado fino muestran la media de los datos y las líneas de punteado separado muestran el valor máximo de cada distribución. Los colores representan la banda de elevación, verde 600-800 m s.n.m., rojo 1400-1600 m s.n.m. y el azul 2200-2400 m s.n.m.

1.3.5 Suelos

Los suelos del área de estudio presentan un promedio de pH de $3,95 \pm 4,75$, un contenido de arcilla de $6,2 \pm 38,65$, limo de $8,25 \pm 27,45$ y arena de $33,9 \pm 80,6$. La Capacidad de Intercambio Catiónico es equivalente $9,5 \pm 35,0$; las concentraciones de cationes en meq/100 g suelo son de Ca $0,039 \pm 0,586$, Mg $0,094 \pm 0,425$, K $0,09 \pm 0,39$, Na $0,004 \pm 0,358$, B.T. $0,294 \pm 1,425$ y Acidez intercambiable es de $3,16 \pm 7,79$. Las concentraciones de P en todo el gradiente varían desde $0,605 \pm 12,52$ mg/Kg y el carbono total de $2,215 \pm 11,6$ %.

Las únicas propiedades del suelo que presentaron diferencias significativas entre las bandas fueron el pH ($p=0,02$), arcilla ($p=0,002$) y la arena ($p=0,002$), que corresponden principalmente a propiedades físicas del suelo. A pesar que las otras propiedades no presentaron diferencias a lo largo del gradiente sus valores cambian de una elevación a otra (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de las propiedades fisicoquímicas del suelo por banda de elevación.

	A. I.	Ar%	L %	A %	C. total	pH	B.T.	K	Mg	Ca	Na	CIC	P
Banda 1	4,5	9,03	17,3	73,7	7,77	4,5	0,84	0,3	0,3	0,2	0,1	24,5	5,35
Banda 2	3,8	12,4	12,4	75,2	6,9	4,4	0,74	0,2	0,2	0,2	0,2	24,6	5,4
Banda 3	6,6	22,1	20,6	42,7	2,95	4	0,37	0,1	0,1	0,1	0,1	12,1	3,94

No obstante, ninguna de las variables químicas del suelo tuvo efectos significativos sobre las variables de respuesta (riqueza y biomasa) (Anexo 5). Las únicas propiedades que presentaron una relación con la riqueza de especies fueron, la arena y arcilla que corresponden a variables físicas (Figura 5).

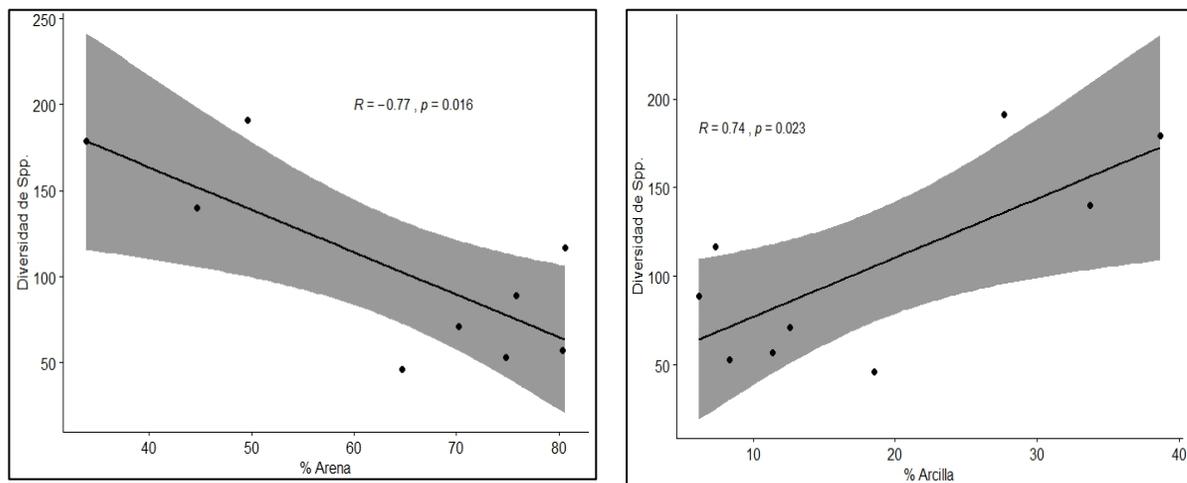


Figura 5. Correlación entre la arena (panel izquierdo) y arcilla (panel derecho) con la riqueza de especies

1.4 Discusión

En este estudio se encontró que el tamaño de los árboles es mayor a elevaciones intermedias (i.e. 1.400-1.600 msnm), la diversidad α tiende a disminuir con la elevación, siendo la banda inferior (600-800 msnm) significativamente diferente a las bandas intermedia (1400-1600 msnm) y superior (2200-2400 msnm). También, se evidencio un fuerte recambio de especies entre las bandas de elevación siendo la banda superior la que presenta mayor diferencia con respecto a las otras dos bandas. Sin embargo, los resultados presentes en este gradiente altitudinal no soportan el efecto de la temperatura como un factor determinante de los cambios de la estructura del bosque. En contraste, la temperatura influye en la diversidad restringiendo a las especies a condiciones específicas a lo largo del gradiente donde pueden tener su óptimo de desempeño (Willdenow 1805; Tang 1997; Odland & Birks 1999; González-Caro *et al.* 2014). Por lo tanto, la respuesta de las especies a la temperatura puede ser específica y no todas responder de igual manera a dichos cambios.

1.4.1 Descripción florística

El gradiente altitudinal evaluado presentó un alto número de especies (629), que pueden ser producto de los cambios ambientales, los cuales imponen restricciones fisiológicas, y por tanto determinan rangos óptimos para el desarrollo y adaptación de las entidades biológicas (Körner 1998; Currie *et al.* 2004). Otros estudios en gradientes altitudinales realizados en diferentes partes del mundo, han reportado un menor número de especies (Odland & Birks. 1999; Homeier *et al.* 2010; Krömer *et al.* 2013). El estudio de Marcelo-Peña y Rodríguez (2014) en Perú registro 102 en un gradiente de 800-2275 msnm, siendo mucho menor que el reportado en este estudio. De igual forma, el estudio de Campo (2010) en Tolima entre los 2260-2500 msnm con 75 especies fue mucho menor, comparado con el registrado entre 2200-2400 msnm con 154 para la zona de estudio. Contrario a esto, Linares (2008) en el estado de Mérida (Venezuela) en un gradiente entre 2250-3065 msnm reporto más especies (208 spp.) que el alcanzado (154 spp.) entre los 2200-2400 msnm de la transición evaluada en este estudio.

A pesar de ser diferente los métodos de muestreo en este estudio, la semejanza florística con los resultados encontrados por Marcelo-Peña y Rodríguez, (2014), en bosques del distrito de Río Negro (Perú) es bastante alta, en cuanto al porcentaje de familias compartidas; donde resalta la abundancia de Cunoniaceae, Cyatheaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Melastomataceae, Meliaceae, Moraceae, Myrtaceae, Myristicaceae y Rubiaceae, en un gradiente desde los 800 hasta los 2275 m s.n.m. Otros estudios donde sobresalen la abundancia de Melastomataceae, Rubiaceae, Arecaceae y Lauraceae son el de Homeier *et al.* (2010) en Ecuador, Linares (2008) en su tesis doctoral en el estado de Mérida y el de Gentry (1988) en los bosques tropicales. La abundancia de estas familias en todo el gradiente, muestran el amplio rango de distribución que presentan, y la capacidad de adaptación a los diferentes cambios de temperatura. Por otro lado Homeier *et al.* (2010) en las montañas de Ecuador a 2100 msnm encontró familias típicas de zonas bajas como Chrysobalanaceae, Moraceae, Sapotaceae y los géneros *Quiina* y *Vochysia*, las cuales en el

área evaluada del presente estudio solo se reportaron entre los 600-800 ms.n.m. que coinciden con las características de bosques húmedos tropicales reportadas por Gentry (1988). Adicionalmente este autor también destaca la abundancia de las leguminosas a estas altitudes, siendo Fabaceae la que presentó más especies (38) en la banda inferior (600-800 msnm) del área de estudio.

En cuanto a los géneros, *Miconia* (34 spp.) presentó el mayor número de especies en el área de estudio, también reportado por Linares (2008) como el más abundante. Si bien, *Miconia* se encontró en todo el gradiente, el mayor número de especies lo presentó entre 200-2400 msnm (16 spp.). Este género es considerado como el grupo de plantas leñosas de angiospermas mejor representado en el neotrópico con cerca de 1100 especies (Mendoza & Posada 2018). En Colombia presenta el mayor número (380 spp.), especialmente para las zonas andinas con 270 (Almeda *et al.*, 2016), lo que explica su abundancia entre los 2200-2400 msnm en la transición evaluada. En esta parte alta de la montaña también se encontró la presencia de *Ilex*, *Symplocos* y *Weinmannia*, reportadas por Homeier *et al.* (2010) y Marcelo-Peña y Rodríguez (2014) como taxones típicos de zonas andinas. Al igual que en las zonas altas, la parte baja del gradiente presenta particularidades vegetales como son *Pseudolmedia*, *Clarisia*, *Socratea*, *Garcinia*, entre otros, más propios de los bosques amazónicos (Marcelo-Peña y Rodríguez 2014). Lo anterior evidencia una clara estratificación vegetal a lo largo del transecto altitudinal, evidenciando aún más que las condiciones ambientales son las principales determinantes del remplazo de vegetación en los sistemas montañosos.

La estratificación se ve reflejada aún más a nivel de especies, siendo claramente diferenciados los atributos andinos, amazónicos y de transición. Dentro de los taxones andinos se encontraron *Weinmannia elliptica* y *Symplocos mucronata*, que presentan un rango de distribución entre los 2100-2600 msnm (Bernal *et al.* 2016), con requerimientos particulares de los bosques andinos. Las especies *Dictyocaryum lamarckianum* y *Colombobalanus excelsa* con una distribución restringida al intervalo altitudinal de 1400-1600 msnm para este estudio. Galeano y Bernal, (2010) indican que el rango de distribución de *Dictyocaryum lamarckianum* se encuentra entre los 800 – 2100 y Cárdenas & Salinas, (2006) que *Colombobalanus excelsa* se encuentra entre los 1500 y 2200 m de altitud. Además, las poblaciones de estas especies se encuentran constituidas por miles de individuos, que representan el elemento dominante en algunos bosques de montaña (Cárdenas & Salinas, 2006; Galeano & Bernal, 2010). Por otro lado, las especies *Adenocalymma cladotrichum*, *Agonandra silvatica*, *Alibertia latifolia* y *Croton lechleri* son especies con distribución restringida a la amazonia colombiana con rangos de distribución que no superan los 700 msnm (Bernal *et al.* 2016).

Por otra parte, existen algunas especies que se distribuyen a lo largo del gradiente, siendo excepciones al patrón de especialización a condiciones particulares. Por ejemplo, algunas especies que logran sobrepasar diferentes condiciones ambientales son *Billia rosea*, *Ocotea aciphylla* y *Hieronyma oblonga*. Sin embargo, las dos últimas especies presentan un máximo número de individuos en la parte baja del gradiente. Estas especies presentan

un rango de distribución bastante amplio que va desde los 0 m s.n.m. para el caso de *H. oblonga* y *B. rosea* y los 200 m s.n.m. para *O. acyphylla* (Tropicos, 2019).

Por último, los cambios de composición florística en el gradiente altitudinal evaluado pueden estar vinculados a condiciones ambientales específicas como el aumento de la humedad relativa, disminución de la temperatura, fisiografía muy irregular y abrupta (Mark *et al.* 2000), las cuales no fueron analizadas en esta investigación.

1.4.2 Diversidad α

El pico más alto de diversidad encontrada en el área de estudios se presentó entre los 600-800 msnm, con una disminución leve entre los 1400-1600 msnm y una reducción más notoria entre los 2200-2400 msnm, que coinciden con los picos y descensos de diversidad reportados en la literatura. Odland & Birks (1999) encontraron la mayor diversidad entre los 600-700 msnm. Grytnes & Vetaas (2002) reportan el mayor número hasta los 1500 msnm, con una disminución drástica después de esa altitud. Por último, en el estudio de Hua (2004) la mayor riqueza se presenta entre los 400-1000 msnm, con una clara disminución por encima de los 1600 msnm.

Como se esperaba siguiendo la hipótesis de limitación fisiológica impuesta por la disminución de la temperatura, el número de especies y la diversidad basada en el alfa de Fisher disminuye en las bandas intermedia y superior respecto a la banda inferior. Este patrón también se ha reportado en muchos estudios realizados en sistemas montañosos de diferentes partes del mundo (Hamilton 1975; Gentry 1988; Currie 1991; Odland & Birks. 1999; Mark 2000; Grytnes & Vetaas 2002; Becker 2005; Homeier *et al.* 2010; Tello *et al.* 2015). Este cambio en el número de especies, se ha asociando principalmente con los efectos ambientales (temperatura, precipitación, humedad, radiación solar, estacionalidad, características del suelos), los cuales han determinado ser una poderosa influencia sobre la vegetación (Willdenow 1805; Currie 1991; Lomolino 2001). Körner (2007) en su estudio determina que la presión es importante en el intercambio de gases en las plantas, por tanto cambios en ella pueden repercutir sobre la riqueza forística de cada zona. No obstante, la mayoría de estudios relacionan la temperatura como la variable con mayor peso en este cambio de riqueza (Malhi & Phillips 2004; Odland 2009). Odland & Birks (1999) estimaron una pérdida de aproximadamente 30 especies por cada 1° de temperatura que disminuye, mostrando que las especies presentan un límite de distribución inferior y superior claramente definido. Las altas temperaturas que se presentan en las partes bajas, se asocian con tasas evolutivas, tasas de especiación y de mutación más altas y procesos fisiológicos más rápidos (Rohde 1992; Currie *et al.* 2004) posiblemente por las interacciones bióticas relativamente más fuertes (Schemske 2002), por lo tanto cuanto más cálido sea el clima, mayor será el número de plantas que allí se desarrollan (Whittaker & Niering 1965).

Un claro ejemplo de los taxones adaptados a condiciones particulares es *Ilex gabinetensis* que se encontró muy abundante en las parcelas entre 2200-2400 msnm, lo que indica que su desarrollo se encuentra estrictamente relacionado a condiciones de baja temperatura.

Esta especie, se presenta en bosques muy húmedos pre-montanos de la cordillera central y los bosques húmedos montanos bajos de la cordillera oriental donde se ha reportado el mayor número de individuos (Tropicos 2019). Por su parte, la especie *Wettinia fascicularis* presenta el mayor número de individuos en las parcelas establecidas entre 1400 y 1600 msnm. Esto evidencia, que presenta unas características adaptativas a condiciones medias de temperatura y otras variables que pueden estar implicadas en su adaptación. El rango de distribución de esta especie reportado en la literatura va desde los 1200 a 2200 msnm (Galeano & Bernal 2010), lo que explica su presencia y dominancia únicamente en este rango. Contrario a *Wettinia fascicularis*, las poblaciones de *Wettinia drudei* se reportan por primera vez en un rango de distribución de 1400-1600 msnm. Esta especie se había encontrado únicamente desde los 75 msnm hasta los 700 y muy rara vez alcanzaba altitudes de 1100 msnm (Galeano & Bernal 2010).

Esto sugiere que las especies que se encuentran en las partes altas de la montaña tienen características particulares que les permiten habitar en las condiciones impuestas por la reducción en la temperatura, sumado a la alta nubosidad de los bosques de niebla (i.e. reducción de la radiación solar) que no fue analizada en este estudio. Si estas especies se encuentran altamente adaptadas a bajas temperaturas, cambios en la misma pueden tener efectos negativos sobre su distribución y/o rango de elevación, reduciéndolo en el límite inferior en caso de continuar el incremento en temperatura (i.e. calentamiento global).

Conocer el comportamiento de las especies en los sistemas montañosos permite dar una idea clara de que pasaría si las condiciones o nichos climáticos cambiaran a lo largo de un gradiente de elevación. Colwell *et al.* (2008) predice la extinción de las especies que se encuentran en la cima de la montaña, a menos que sean especies con poblaciones naturales que se encuentren distribuidas en otros sistemas montañosos, pues los nichos climáticos de cada especie está totalmente expresados por las distribuciones que actualmente presentan. Thuiller *et al.* (2011) exponen que el ritmo de cambios actuales, superan los cambios que han enfrentado por las plantas en el pasado, a lo largo de su historia evolutiva. Lo anterior sumado a que la capacidad de respuesta de cada especie se vería afectada por el estado de conservación de la vegetación y por factores como la deforestación (Villers y Trejo 2000).

1.4.3 Diversidad β

La baja similitud (índice jaccard) encontrada en todo el gradiente de elevación evidencia que los bosques son unidades diferentes con características ecológicas y florísticas únicas. La diversidad β fue mayor en las partes bajas y disminuyó significativamente con el incremento en elevación observada también por Tello *et al.* (2015) y Kraft *et al.* (2011); mostrando la incorporación y reemplazo de los taxones a medida que la altitud se incrementa, corroborada por la correlación inversa entre la similitud determinada a partir del índice de Jacard y la diferencia en elevación de cada parcela establecida (figura 6). Por otro lado López & Duque (2009) en su estudio sobre los patrones de diversidad en los

Andes colombianos, también encontraron este mismo patrón de similitud (índice Jacard) entre los bosques de la Reserva Forestal La Forzosa ubicada a 1750 msnm, Reserva El Romeral a 2100 msnm y el Área de Manejo Especial Sistema de Páramos y Bosques Alto Andinos 2 900 msnm. Las bandas de elevación entre 1400-1600 msnm y la de 600-800 msnm son las únicas que comparten especies con 43 que representan el 8% de las 509 recolectadas. Sin embargo la parcela cuatro ubicada a 1616 msnm fue la que más similitud florística presentó con la banda de 600-800 msnm (figura 6), esta parcela fue la única establecida al lado derecho del río Hacha, por tanto se puede inferir que las condiciones en este lado de la montaña son semejantes a las encontradas en los bosques bajos y por tanto su composición florística se comparte. A partir de los 1600 msnm el reemplazo de la vegetación baja y de transición por los atributos andinos se marca más claramente y coincide con los resultados obtenidos en otras partes del mundo por Odland & Birks (1999) en la cuenca del río Aurland (Noruega).

Lo anterior, muestra que algunas plantas amazónicas alcanzan su máximo de elevación hacia los 1500 msnm (Fin de la zona de transición) y por debajo de esa altitud se encuentran bosques de piedemonte que no superan los 800 msnm, con elementos más afines a la Amazonia, dentro de los cuales se encuentran *Pseudosenefeldera inclinata* (Euphorbiaceae), *Socratea exorrhiza* (Arecaceae) y *Garcinia madruno* (Clusiaceae) que alcanzan los 1400 m s.n.m., encontradas también en los estudios de Antón & Reynel (2004) y Marcelo-Peña y Rodríguez (2014) a estas altitudes. Por otro lado, vegetación de los 2200-2400 msnm son típicas de bosques montanos con *Brunellia littlei*, *Tibouchina lepidota*, *Weinmannia pinnata* y *Drymis granadensis* (Antón & Reynel, 2004). El recambio en el gradiente, sin duda está fuertemente influenciado por los cambios en la temperatura que limitan la adaptación. Este piedemonte presenta una variación de 20°C promedio para la parte baja, que desciende a los 14°C en la parte alta (Fick & Hijmans 2017), en un rango de tan solo 24 km. Esto implica que las especies se encuentran restringidas a condiciones particulares, reduciendo las limitaciones fisiológicas cerca de su óptimo ecológico.

1.4.4 Estructura del bosque

El mayor contenido de biomasa aérea se presentó entre 1400-1600 msnm, determinada principalmente por la presencia y densidad de árboles grandes (>80cm) influenciado principalmente por los diámetros, dado que las alturas no presentaron grandes diferencias a lo largo del gradiente (Figura 1). No obstante, la biomasa aérea en los bosques de Perú, Bolivia y Ecuador son determinadas principalmente por las alturas, dado que los diámetros no presentaron diferencias significativas en un rango de elevación desde 480-3116 msnm (Girardin *et al.* 2014). La presencia de estos árboles grandes es fundamental determinando la variación de la biomasa aérea en la zona de estudio, alcanzando casi el doble de biomasa aérea (~526Mg ha⁻¹) que el promedio reportado para Amazonia (i.e. 300 Mg ha⁻¹; Phillips *et al.* 2009). El principal determinante de este incremento en la biomasa es el Roble Negro (*Colombobalanus excelsa*), una especie de Fagaceae endémica de Colombia que forma grandes rodales y almacena grandes cantidades de carbono dado su gran tamaño. Para este caso aporta cerca del 40% de la biomasa de las parcelas donde fue reportado. Estos

resultados son similares a los reportados para bosques de montaña en Antioquia (Colombia), donde la especie roble andino (*Quercus humboldtii*) hace grandes rodales e incrementa significativamente la biomasa aérea de algunos bosques por encima de los 2.000 msnm (Giraldo-Pamplona *et al.* 2012; Peña *et al.* 2018). De igual forma que en Amazonia, en los Andes tropicales pueden existir especies de árboles altamente dominantes que influyen significativamente la estructura de los bosques andinos, por lo tanto, identificarlas y entender su papel en estos ecosistemas es fundamental para la conservación de unos de los ecosistemas más amenazados del planeta.

Por otra parte, los árboles de la banda superior (2200-2400 msnm) si reducen drásticamente su tamaño como se predice de acuerdo a la hipótesis de reducción en la temperatura (Flenley 1996, Leuschner *et al.* 2007). La temperatura puede afectar directamente el metabolismo de los árboles reduciendo su tasa de crecimiento o indirectamente reduciendo la tasa de descomposición de materia orgánica, ya que afecta la tasa metabólica de los microorganismos, limitando la disponibilidad de nutrientes (Schawe *et al.* 2006; Hart & Perry 1999; Zehetner *et al.* 2003; Kane *et al.* 2005). En este estudio se encontró que los contenidos de nutrientes esenciales (e.g. nitrógeno, fósforo etc.) no afectan significativamente la estructura de las parcelas estudiadas. Por lo tanto, se sugiere que el efecto de la temperatura está directamente relacionado con su desempeño (i.e. tasa de crecimiento). Por lo cual, se puede pensar que respuestas individuales de las especies, como el roble negro, a las variables ambientales tienen un efecto significativo sobre la estructura actual de los ecosistemas andinos, dado a que esta especie es la que más biomasa aérea aporta. Por tanto, establecer sistemas de monitoreo a largo plazo en los Andes tropicales puede permitir conocer la respuesta de estos bosques al calentamiento global y como las especies individualmente están respondiendo a este fenómeno (Duque *et al.* 2015; Fadrique *et al.* 2018).

1.4.5 Suelos

Los mayores contenidos de limo y arcilla se encontraron en los bosques de tierras bajas y van disminuyendo con el incremento de la altitud. Contrario estos resultados, otros estudios evidencia la variación de las propiedades y estructura del suelo en un gradiente altitudinal; donde a mayores elevaciones el contenido de limo y arcilla aumentan al igual que la materia orgánica (García & Schlatter 2012; Schawe *et al.* 2006). Por su parte, los contenidos de calcio, magnesio y potasio aumentaron con el incremento de la altitud. Este resultado, difieren de los reportados por Schawe *et al.*, (2006); Hart & Perry, (1999); Zehetner *et al.*, (2003) y Kane *et al.*, (2005), quienes reportan que en las tierras bajas las altas temperaturas y precipitación favorecen la descomposición de la materia orgánica y el incremento de calcio, magnesio, y potasio, lo que está directamente relacionado con el contenido de limo y arcilla. Los altos contenidos de arcilla, la alta acidez del suelo con pH de 3,9 y los bajos contenidos de K, Mg, Ca y P en las partes bajas del gradiente (600-800 msnm), coincide con las características de los bosques amazónicos presentadas por Peña-Venega & Cardona (2010); Estos autores argumentan esta pérdida de cationes a la acción

prolongada del clima calido y húmedo, además de ser suelos con mucha antigüedad formados desde el precámbrico, trayendo como consecuencia la pérdida de la mayoría de los cationes y su sustitución por aluminio.

El carbono del suelo presentó una relación inversa con la altitud. Entre más se asciende, las concentraciones de carbono disminuyen. Este resultados, se encuentra influenciado principalmente por propiedades físicas y químicas del suelo que cambian también con el incremento de la altitud. El COS, a través de los efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo ha resultado ser el principal determinante de su productividad (Benavides, 2000). El desarrollo de los suelos y la vegetación, se encuentran determinados por la disponibilidad de agua, temperatura y cambios en el clima, como principal factor de los procesos de meteorización y erosión (Cerdá *et al.*, 1996; García & Schlatter, 2012). Las variaciones climáticas influyen en las condiciones del suelo y por ende en la vegetación natural, lo que puede llevar a cambios en la distribución de especies, dinámica y diversidad de los ecosistemas (Cerdá *et al.* 1996; García & Schlatter 2012).

Sin embargo, nuestros resultados muestran que no hay correlación de las propiedades químicas de los suelos con los cambios de diversidad y biomasa vegetal (Anexo 5). Las propiedades físicas fueron las únicas que se relacionaron con cambios en la riqueza, donde los contenidos de arcilla se encuentran directamente relacionado con el incremento de la riqueza, contrario a la arena que mostro una disminución en el número de especies con su incremento (figura 5). Nuestros resultados difieren de los encontrados por Quinto & Moreno (2014) en los bosques del Choco, quienes reportan una asociación positiva de la mayoría de los índices de diversidad y riqueza de especies con Al del suelo. Por otro lado, Gentry (1988) en los bosques tropicales encontró que la única variable que se realciona con la riqueza de especies es el K; y por último Quesada *et al.* (2012) en los bosques amazónicos muestra que la mayoría de los parámetros de fertilidad no resultaron significativamente correlacionados con S, con excepción de Ca y Mg, así como la suma de bases, que mostraron correlaciones débiles pero significativas.

Los suelos que presentan alto porcentaje de arena son suelos que se lavan más facil y por tanto no tienen la capacidad de retener cationes, disminuyendo su riqueza disminuye, como ocurre con los bosques de arenas blancas encontrados en la Guayana. En nuestro estudio los mayores contenidos de arena se encontro en los bosques entre 1400-1600 msnm, los cuales presentaban la abundancia de pocas especies, presentando menor diversidad que los bosques de 600-800 msnm. Por el contrario, los suelos arcillosos retienen más cantidad de agua y nutrientes, pero esta retención de agua hace que estos suelos sean menos aireados y mantengan encharcados (Andrades & Martínez.2014). No obstante, al retener más nutrientes puede aumentar el número de especies, como se evidencia entre 600-800 msnm con un total de 362 (tabla 4).

1.5 Conclusiones

El número de especies disminuye drásticamente con la elevación. Las especies que se encuentran en tierras altas y tierras bajas son diferentes, soportando la hipótesis de que cambios en la temperatura afectan la diversidad de las comunidades de árboles tropicales. Se evidencia diferencias significativas entre la diversidad regional a lo largo de gradiente de elevación, lo que implica que la conservación de especies a escalas regionales requiere incorporar los bosques andinos dentro de los programas de conservación más eficientemente. A su vez, la estructura cambia de manera no sistemática en el gradiente de elevación siendo la parte intermedia del gradiente muestreado la que acumula una mayor cantidad de biomasa aérea, lo cual es altamente relevante para su conservación ya que son bosques con una capacidad mayor que los bosques amazónicos para acumular carbono y pueden ser un objetivo clave para proyectos REDD+. La variación de biomasa aérea a lo largo del gradiente se encuentra determinada principalmente por la variación de los diámetros, dado que las alturas no presentaron diferencias significativas. Los mayores contenidos de biomasa aérea a lo largo del gradiente lo aporta la especie *Colombobalanus excelsa*, por tanto el efecto de esta especie es importante para la estructura de dichos bosques, por lo cual se requieren estudios florísticos más amplios que permitan determinar las especies fundamentales en el funcionamiento de los ecosistemas andinos. Por último, las variables químicas del suelo no presentan diferencias significativas a lo largo del gradiente de elevación. Los suelos no presentaron influencia sobre los cambios de estructura, lo cual sugiere que el principal determinante de estos cambios es la temperatura. Las únicas propiedades del suelo que tuvieron relación con cambios en riqueza son los contenidos de limo y arcilla, sin embargo, no son las que determinan los patrones de diversidad a lo largo del gradiente.

1.6 Literatura citada

- 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.
- ANDRADES, M. & MA E. MARTÍNEZ. 2014. Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Tercera edición, 29 p. ; v. digital. – (Material didáctico. Agricultura y alimentación; 03). 29 p.
- ANTÓN, B.D. & REYNEL, C. 2004. Diversidad y composición florística de la ora arbórea en un área de ladera de colinas en bosque premontanos: Microcuenca de Tirol, valle de Chanchamayo, 1000–1500 m s.n.m. In: Antón, D. & Reynel, C. (eds.). Relictos de bosque de excepcional diversidad en los Andes centrales de Perú. Perú Darwin Project-PBR – APRODES- Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima. Pp. 221-262.
- ARAGÃO, L., Y. MALHI, D.B. METCALFE, J.E. SILVA-ESPEJO, E. JIMÉNEZ, D. NAVARRETE, S. ALMEIDA, AC..L. COSTA, N. SALINAS, O.L. PHILLIPS, L.O. ANDERSON, E. ALVAREZ, T.R. BAKER, P.H. GONCALVEZ, J. HUAMÁN-OVALLE, M. MAMANI-SOLÓRZANO, P. MEIR, A. MONTEAGUDO, S. PATIÑO, M.C. PEÑUELA, A. PRIETO, C.A. QUESADA, A. ROZAS-DÁVILA, A. RUDAS, J.A. SILVA & R. VÁSQUEZ. 2009. Above- and below-ground net primary productivity across ten Amazonian forests on contrasting soils *Biogeosciences*, 6, 2759-2778.
- BECKER, T., H. DIETZ, R. BILLETER, H. BUSCHMANN, P. J. EDWARDS. 2005. Altitudinal distribution of alien plant species in the Swiss Alps. *Plant Ecology, Evolution and Systematics* 7 (2005) 173–183
- BENAVIDES, C., R. E. 2000. Caracterización de sitios con *Pinus radiata* D. Don en un transecto altitudinal con suelos vitrans de los páramos del Cotopaxi, Ecuador. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2000. 83 p. Tesis grado Ingeniero Forestal.
- BERNAL, R., GRADSTEIN, S.R. Y CELIS, M. (EDS.). 2016. Catálogo de líquenes y plantas vasculares de Colombia. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://catalogoplantascolombia.unal.edu.co/es/>
- BOYLE BL. 1996. Changes on altitudinal and latitudinal gradients in Neotropical Montane forests. A dissertation Graduate School of Arts and Sciences of Washington University. p. 280.
- BUYTAERT, W., J. DECKERS, G. WYSEURE. 2006. Regional variability of volcanic ash soils in south Ecuador: The relation with parent material, climate and land use. *Catena*, v.70, n.2, p.143- 154, 2006. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816206001573>>. 17 Mar. 2011. doi:10.1016/j. catena.2006.08.003.
- CAMPO-K, J. M. 2010. Estructura, riqueza y composición de plantas arborescentes en un bosque de niebla entresacado del tolima (colombia). *Acta biol. Colomb.*, Vol. 15 N.o 2, 2010 247 - 262

- CÁRDENAS, D. Y SALINAS, R. (EDS.). 2006. Libro rojo de plantas de Colombia. Primera parte: Especies maderables amenazadas. La serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto Amazónico de investigaciones científicas Sinchi. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. p. 162 - 167.
- CARDONA, G. 2004. Evaluación de la diversidad de actinomicetos en suelos bajo tres coberturas vegetales en el sur del trapezio amazónico colombiano. Tesis e maestría, facultad de ciencia, pontificia universidad javeriana. Bogotá. 175 p.
- CERDÁ A. 1996. Soil aggregate stability in three Mediterranean environments. *Soil Technology* 9 (1996) 133-140
- CHAO, A., N. J. GOTELLI, T. C. HSIEH, E. L. SANDER, K. H. MA, R. K. COLWELL & A.M. ELLISON. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 2014, pp. 45–67
- COLWELL, R.K., G. BREHM, C. L. CARDELÚS, A. C. GILMAN & J. T. LONGINO. 2008. Global Warming, Elevational Range Shifts, and Lowland Biotic Attrition in the Wet Tropics. *Science* vol 322 10 october 2008. www.sciencemag.org
- CURRIE, D. J., G. G. MITTELBAACH, H. V. CORNELL, R. FIELD, J.F. GUÉGAN, B. A. HAWKINS, D. M. KAUFMAN, J. T. KERR, T. OBERDORFF, E. O'BRIEN Y J. R. G. TURNER. 2004. Predictions and tests of climate-based hypotheses of broad-scale variation in taxonomic richness. *Ecology Letters* 7:1121-1134
- CURRIE, D.J. 1991. Energy and large-scale patterns of animal- and plant- species richness. *The American Naturalist* 137:27.
- CHAVE, J., ANDALO, C., BROWN, S., CAIRNS, A., CHAMBERS, J.Q., FOLSTER, H., FROMARD, F., HIGUCHI, N., KIRA, T., LESCURE, J.P., NELSON, B.W., OGAWA, H., PUIG, H., RIERA, B., YAMAKURA, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145, 87–99.
- CHAVE, J., COOMES, D.A., JANSEN, S., LEWIS, S.L., SWENSON, N.G., ZANNE, A.E., 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecol. Lett.* 12, 351–366.
- CHAVE, J., RÉJOU-MÉCHAIN, M., BÚRQUEZ, A., CHIDUMAYO, E., COLGAN, M.S., DELITTI, W.B. C., DUQUE, A., EID, T., FEARNSIDE, P.M., GOODMAN, R.C., HENRY, M., MARTÍNEZ-YRÍZAR, A., MUGASHA, W.A., MULLER-LANDAU, H.C., MENCUCCINI, M., NELSON, B.W., NGOMANDA, A., NOGUEIRA, E.M., ORTIZ-MALAVASSI, E., PÉLISSIER, R., PLOTON, P., RYAN, C.M., SALDARRIAGA, J.G., VIEILLEDENT, G., 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biol.* 20, 3177–3190.
- CURRIE, D.J., G. G. MITTELBAACH, H.V. CORNELL, R. FIELD, J. F. GUÉGAN, B. A. HAWKINS, D. M. KAUFMAN, J. T. KERR, T. OBERDORFF, E. O'BRIEN & J. R. G. TURNER. 2004. Predictions and tests of climate-based hypotheses of broad-scale variation in taxonomic richness. *Ecology Letters*, (2004) 7: 1121–1134
- CURRIE D. J. 1991. Energy and large-scale patterns of animal- and plant- species richness. *The American Naturalist* Vol. 137, pp. 27-49.
- DUQUE, A., STEVENSON, P. R. Y FELEEY, K. J. 2015. Thermophilization of adult and juvenile tree communities in the northern tropical Andes. *Proceedings of the*

- National Academy of Sciences, 112(34), 10744-10749.
- FADRIQUE, B., S. BÁEZ, Á. DUQUE, A. MALIZIA, C. BLUNDO, J. CARILLA, O. OSINAGA-ACOSTA, L. MALIZIA, M. SILMAN, W. FARFÁN-RÍOS, Y. MALHI, K. R. YOUNG, F. CUESTA C., J. HOMEIER, M. PERALVO, E. PINTO, O. JADAN, N. AGUIRRE, Z. AGUIRRE & K. J. FEELEY. 2018. Widespread but heterogeneous responses of Andean forests to climate change. *Nature* 564 (7735): 1–207.
- FELDPAUSCH, T. R., J. LLOYD, J. LEWIS, R.J.W. BRIENEN, M. GLOOR, M. A. MONTEAGUDO & O.L. PHILLIPS. 2012. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. *Biogeosciences*, 9(8), 3381-3403. doi: 10.5194/bg-9-3381-2012.
- 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>
- FLENLEY, JR. 1996. Problems of the Quaternary on mountains of the Sunda-Sahul region. *Quart. Science Review*, 15: 549-555.
- GALEANO, G. & R. BERNAL. 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.
- GARCÍA, L.C. & J. E. SCHLATTER. 2012. Caracterización de suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* v.7, n.3, p.456-464, jul.-set., 2012
- GENTRY, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals Missouri Botanical Garden* 75: 1-34.
- GIRALDO-PAMPLONA, W., A. CORRALES-OSORIO, A. YEPES-QUINTERO, Á. J. DUQUE-MONTOYA. 2012. Caracterización estructural de bosques tropicales a lo largo de un gradiente altitudinal en el departamento de Antioquia, Colombia. *Revista Actualidades Biológicas* 34 (97): 187-197, 2012.
- GIRARDIN, C.A.J., W. FARFAN-RÍOS, K. GARCIA, K. J. FEELEY, P. M. JØRGENSEN, A. A. MURAKAMI, L. C. PÉREZ, R. SEIDEL, N. PANIAGUA, A. F. FUENTES, C. MALDONADO, M. SILMAN, N. SALINAS, C. REYNEL, D. A. NEILL, M. SERRANO, C. J. CABALLERO, M. LA TORRE CUADROS, M. J. MACÍA, T. J. KILLEEN & Y. MALHI. 2014. Spatial patterns of above-ground structure, biomass and composition in a network of six Andean elevation transects. *Plant Ecology & Diversity*, 2014, Vol. 7, Issues 1–2, 161–171.
- GIRARDIN, C.A., Y. MALHI, L. ARAGÃO, M. W. MAMANI, HUARACA HUASCO, L. DURAND, K. FEELEY, J. RAPP, J.E. SILVA-ESPEJO, M. SILMAN, N. SALINAS & R. WHITTAKER. 2010. Net primary productivity allocation and cycling of carbon along a tropical forest elevational transect in the Peruvian Andes. *Global Change Biology* 16: 3176-3192.
- 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* VolumE 7, NumbEr 2, PagEs 145–153 aPril 2014.
- GRINNELL, J. (1917). The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk*, 34, 427-433.
- GRYTNES, J.A. & O. R. VETAAS. 2002. Species Richness and Altitude: A Comparison between Null Models and Interpolated Plant Species Richness along the Himalayan Altitudinal Gradient, Nepal. *the american naturalist march* vol. 159, no. 3 2002
- GRYTNES, J.A., BIRKS, H.J.B. & PEGLAR, S.M. 1999. Plant species richness in Fennoscandia: evaluating the relative importance of climate and history. *Nordic Journal of Botany* 19: 489-503.
- HAMILTON, A.C. 1975. A quantitative analysis of altitudinal zonation in Uganda forests. *Vegetatio* 30: 99-106.
- HART, S. C. & D. A. PERRY. 1999. Transferring soils from high- to low-elevation forests increases nitrogen cycling rates: climate change implications. *Global Change Biology*, v.5, n.1, p.23-32, 1999. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2486.1998.00196.x/pdf>>. 17 Mar. 2011. doi:10.1046/j.1365-2486.1998.00196.x.
- HOMER, J., S. W. BRECKLE, S. GUNTER, R. T. ROLLENBECK & C. LEUSCHNER. 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
- HUA, Y. 2004. DISTRIBUTION OF PLANT SPECIES RICHNESS ALONG ELEVATION GRADIENT IN HUBEI PROVINCE, CHINA. NANJING 210093, PEOPLE’S REPUBLIC OF CHINA.
- KANE, E. S., D. W. VALENTINE, E. A. SCHUUR & K. DUTTA. 2005. Soil carbon stabilization along climate and stand productivity gradients in black spruce forests of interior Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*, v.35, n.9, p.2118–2129, 2005. <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/x05-093>>. 15 Abr. 2011. doi:10.1139/x05-093.
- KESSLER, M., S.K. HERZOG, J. FJELDSA Y K. BACH. 2001. Species richness and endemism of plant and bird communities along two gradients of elevation, humidity and land use in the Bolivian Andes. *Diversity and Distribution* 7 :61-77.
- KRÖMER, T., A. ACEBEY, J. KLUGE, M. KESSLER. 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.
- KÖRNER, C. 2007. The use of ‘altitude’ in ecological research. *TRENDS in Ecology and Evolution* Vol.22 No.11
- KÖRNER, C. 1998. A reassessment of high elevation treeline positions and their explanation. *Oecologia* 115: 445-459.
- KRAFT, N. J., L. S. COMITA, J. M. CHASE, N. J. SANDERS, N.G. SWENSON, T. O. CRIST, J.

- C. STEGEN, M. VELLEND, B. BOYLE, M. J. ANDERSON, H. V. CORNELL, K. F. DAVIES, A. L. FREESTONE, B. D. INOUE, S. P. HARRISON & J. A. MYERS. 2011. Disentangling the Drivers of β Diversity Along Latitudinal and Elevational Gradients. *Science* Vol 333 23 September 2011.
- LEGENDRE, P. & L. LEGENDRE. 1998. *Numerical ecology*. 2nd English ed. Elsevier Science, Amsterdam, NL.
- LEUSCHNER, C., G. MOSER, C. BERTSCH, M. RÖDERSTEIN & D. HERTEL. 2007. Large altitudinal increase in tree root/shoot ratio in tropical mountain forests of Ecuador. *Basic and Applied Ecology*, 8: 219-230.
- LINARES, A. M. 2008. Análisis florístico y estructural de la vegetación de una selva nublada en un gradiente altitudinal, en la Mucuy, estado Mérida. Tesis de doctorado en Ecología Tropical. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias, instituto de ciencias Ambientales y Ecológicas, Bogotá D.C.
- LOMOLINO, M.V. 2001. Elevation gradients of species-richness, historical and prospective views. *Global Ecology and Biogeography* 10: 3-13.
- LÓPEZ, W. & A. DUQUE. 2009. Patrones de diversidad alfa en tres fragmentos de bosques montanos en la región norte de los Andes, Colombia. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* Vol. 58 (1): 483-498, March 2010
- MACDICKEN, K.G. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program, Virginia, EEUU.
- MALHI, Y., DOUGHTY, C.E., GOLDSMITH, G.R., GIRARDIN, I.L.E.A.J., MARTHEWS, T.R., & DEL, J. 2015. The linkages between photosynthesis, productivity, growth and biomass in lowland Amazonian forests. *Global Change Biology*, 21, 2283–2295.
- MALHI, Y., & O. PHILLIPS. 2004. Tropical forests and global atmospheric change: a synthesis. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* (2004) 359, 549–555.
- MARCELO-PEÑA, J. & 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.
- MARK, A.F., DICKINSON K.J.M. & HOFSTEDE R.G.M. 2000. Alpine vegetation, plant distribution, life forms, and environments in a humid New Zealand region: Oceanic and tropical high mountain affinities. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 32: 240-254.
- MENDOZA-CIFUENTES, H., J. M. POSADA-HERRERA. 2018. Una nueva especie de *Miconia* (Melastomataceae) de hojas rojizas de los andes de Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 42(162):74-79
- MYERS, N., MITTERMEIER R.A., MITTERMEIER C.G., DA FONSECA G.A.B. AND 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 (2009) 409–421
- ODLAND, A. & H. J. B. BIRKS. 1999. The altitudinal gradient of vascular plant richness in

- Aurland, western Norway. *Ecography* 22 548-566. Copenhagen 1999.
- OLSSON, M.T., M. ERLANDSSON, L. LUNDIN, T. NILSSON, A. NILSSON & J. STENDAHL. 2009. Organic carbon stocks in Swedish Podzol soils in relation to soil hydrology and other site characteristics. *Silva Fennica*, v.43, n.2, p.209–222, 2009
- PEÑA, M. A., FEELEY, K. J., & DUQUE, A. 2018. Effects of endogenous and exogenous processes on aboveground biomass stocks and dynamics in Andean forests. *Plant ecology*, 219(12), 1481-1492.
- PEÑA-VENEGA, P. & G. CARDONA. 2010. Dinámica de los suelos amazónicos: Procesos de degradación y alternativas para su recuperación. Instituto Sinchi. Bogotá, Colombia. 2010. 115 p
- PHILLIPS, O.L., L.E.O.C. ARAGÃO, S.L. LEWIS, J.B.FISHER, J. LLOYD, G. LÓPEZ-GONZÁLEZ, Y. MALHI, A. MONTEAGUDO, J. PEACOCK, C.A. QUESADA, G. VAN DER HEIJDEN, S. ALMEIDA, I. AMARAL, L. ARROYO, G. AYMARD, T.R. BAKER, O. BÁNKI, L. BLANC, D. BONAL, P. BRANDO, J. CHAVE, A.C. ALVES DE OLIVEIRA, N. DÁVILA-CARDOZO, C.I. CZIMCZIK, T.R. FELDPAUSCH, M.A. FREITAS, E. GLOOR, N. HIGUCHI, E. JIMÉNEZ, G. LLOYD, P. MEIR, C. MENDOZA, A. MOREL, D.A. NEILL, D. NEPSTAD, S. PATIÑO, M.C. PEÑUELA, A. PRIETO, F. RAMÍREZ, M. SCHWARZ, J. SILVA, M. SILVEIRA, A.S. THOMAS, H. TER STEEGE, J. STROPP, R. VÁSQUEZ, P. ZELAZOWSKI, E. ALVAREZ-DÁVILA, S. ANDELMAN, A. ANDRADE, K.J. CHAO, T. ERWIN, A. DI FIORE, E. HONORIO, H. KEELING, T.J. KILLEEN, W.F. LAURANCE, A. PEÑA-CRUZ, N.C.A. PITMAN, P. NÚÑEZ-VARGAS, H. RAMÍREZ-ANGULO, A. RUDAS, R. SALAMÃO, N. SILVA, J. TERBORGH, A. TORRES-LEZAMA, A., 2009. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science* 323, 1344–1347.
- PIANKA, E.R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity, a review of concepts. *The American Naturalist* 100: 33-46.
- PRADO, B.; DUWIG, C.; HIDALGO, C.; GÓMEZ, D.; YEE, H.; PRAT, C.; ESTEVES, M.; ETCHEVERS, J. D. 2007. Characterization, functioning and classification of two volcanic soil profiles under different land uses in Central Mexico. *Geoderma*, v.139, p. 300–313, N.3-4, 2007.
- QUESADA C.A., O. L. PHILLIPS, M. SCHWARZ, C. I. CZIMCZIK, T. R. BAKER, S. PATIÑO, N. M. FYLLAS, M. G. HODNETT, R. HERRERA, S. ALMEIDA, E. ALVAREZ, A. ARNETH, L. ARROYO, K. J. CHAO, N. DEZZEO, T. ERWIN, A. DI FIORE, N. HIGUCHI, E. H. CORONADO, E. M. JIMENEZ, T. KILLEEN, A. T. LEZAMA, G. LLOYD, G. LÓPEZ-GONZÁLEZ, F. J. LUIZÃO, Y. MALHI, A. MONTEAGUDO, D. A. NEILL, P. NÚÑEZ, R. PAIVA, J. PEACOCK, M. C. PEÑUELA, A. PEÑA, N. PITMAN, N. PRIANTE, A. PRIETO, H. RAMÍREZ, A. RUDAS, R. SALOMÃO, A. J. B. SANTOS, J. SCHMERLER, N. SILVA, M. SILVEIRA, R. VÁSQUEZ, I. VIEIRA, J. TERBORGH & J. LLOYD. 2012. Basin-wide variations in Amazon forest structure and function are mediated by both soils and climate. 2012. *Biogeosciences*, 9, 2203–2246, 2012.

- QUINTO H. & F. MORENO. 2014. Diversidad florística arbórea y su relación con el suelo en un bosque pluvial tropical del chocó biogeográfico. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.38, n.6, p.1123-1132, 2014.
- RAHBEK, C. 1995. The elevational gradient of species richness, a uniform pattern? *Ecography* 18: 200-205.
- RAICH, J.W., A.E. RUSSELL & P.M. VITOUSEK. 1997. Primary productivity and ecosystem development along an elevational gradient on Mauna Loa, Hawaii. *Ecology* 78: 707-721.
- ROHDE, K. 1992. Latitudinal gradients in species diversity – the search for the primary cause. *Oikos*, 65, 514–527.
- SANDERS, J. N, 2002. “Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport’s rule”. *Ecography*, 25: 25-32.
- SANG, W. 2009. Plant diversity patterns and their relationships with soil and climatic factors along an altitudinal gradient in the middle Tianshan Mountain area, Xinjiang, China”. *Ecol. Research*, 24: 303-314.
- SCHAWÉ, M.; GLATZEL S.; GEROLD G. 2006. Soil development along an altitudinal transect in a Bolivian tropical montane rainforest: Podzolization vs. hydromorphy. *Catena*, v.69, n.2, p.83–90, 2006.
- SCHAWÉ, M., GLATZEL, S. & GEROLD, G. 2007. Soil development along an altitudinal transect in a Bolivian tropical montane rainforest: Podzolization vs. hydromorphy. *Catena* 69: 83-90.
- SCHEMSKE, D. 2002. Tropical diversity: patterns and processes. In: *Ecological and Evolutionary Perspectives on the Origins of Tropical Diversity: Key Papers and Commentaries* (eds Chazdon, R. & Whitmore, T.). University of Chicago Press, Chicago, IL.
- SLIK, J.W.F., PAOLI, G., MCGUIRE, K., AMARAL, I., BARROSO, J., BASTIAN, M., BLANC, L., BONGERS, F., BOUNDJA, P., CLARK, C., COLLINS, M., DAUBY, G., DING, Y., DOUCET, J.-L., ELER, E., FERREIRA, L., FORSHED, O., FREDRIKSSON, G., GILLET, J.-F., HARRIS, D., LEAL, M., LAUMONIER, Y., MALHI, Y., MANSOR, A., MARTIN, E., MIYAMOTO, K., ARAUJO-MURAKAMI, A., NAGAMASU, H., NILUS, R., NURTJAHYA, E., OLIVEIRA, Á., ONRIZAL, O., PARADA-GUTIERREZ, A., PERMANA, A., POORTER, L., POULSEN, J., RAMIREZ-ANGULO, H., REITSMA, J., ROVERO, F., ROZAK, A., SHEIL, D., SILVA-ESPEJO, J., SILVEIRA, M., SPIRONOLO, W., TER STEEGE, H., STEVART, T., NAVARRO-AGUILAR, G.E., SUNDERLAND, T., SUZUKI, E., TANG, J., THEILADE, I., VAN DER HEIJDEN, G., VAN VALKENBURG, J., VAN DO, T., VILANOVA, E., VOS, V., WICH, S., WÖLL, H., YONEDA, T., ZANG, R., ZHANG, M.-G., ZWEIFEL, N. 2013. Large trees drive forest aboveground biomass variation in moist lowland forests across the tropics. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 22, 1261–1271. <http://dx.doi.org/10.1111/geb.12092>.
- STEVENS, G.C. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport’s latitudinal rule to altitude. *The American Naturalist* 140: 893-911.

- TANG, C.Q. 1997. Zonal transition of evergreen, deciduous, and coniferous forests along the altitudinal gradient on a humid subtropical mountain, Mt. Emei, Sichuan, China. *Plant Ecology* 133:63-78.
- TELLO, J. S., J. A. MYERS, M.J. MACÍA, A. F. FUENTES, L. CAYOLA, G. ARELLANO, M. I. LOZA, V. TORREZ, M. CORNEJO, T. B. MIRANDA, P.M. JØRGENSEN. 2015. Elevational Gradients in β -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
- THUILLER, W., S. LAVERGNE, C. ROQUET, I. BOULANGEAT Y M. B. ARAÚJO. 2011. Consequences of climate change on the Tree of Life in Europe. *Nature* 448: 550-552.
- TONNEIJCK, F. H., PLICHT, J. VAN DER; B. JANSEN, J.M. VERSTRATEN, & H. HOOGHMSTRA. 2006. Radiocarbon dating of soil organic matter fractions in Andosols in northern Ecuador. *Radiocarbon*, v. 48, n.3, p.337-353, 2006.
- TROPICOS.ORG. Missouri Botanical Garden. 05 Apr 2019 <<http://www.tropicos.org/Name/16100033>> [accesado 5 de septiembre de 2019].
- WILLDENOW K.L. 1805. The principles of botany And vegetabl physiology. Blackwood, Cadelland Davies, London.
- VILLERS, L. & I. TREJO. 2000. El cambio climático y la vegetación. In México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México, C. Gay (ed.). Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. p. 57-72.
- WALLACE, A.R. 1878. Tropical nature and other essays. Macmillan, New York.
- WHITTAKER, .H. & NIERING, W.A. 1965. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona: a gradient analysis of the south slope. *Ecology*, 46, 429-452.
- WIENS, J.J., M.J. DONOGHUE, 2004. Historical biogeography, ecology and species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 19:639-644.
- WRIGHT, D.H., CURRIE, D.J. & MAURER, B.A. 1993. Energy supply and patterns of species richness on local and regional scales. En: Ricklefs, R.E. & Schluter, D. (Eds.), *Species diversity in ecological communities, historical and geographical perspectives*. University of Chicago Press, Chicago. pp. 66-74.
- YEPES, A.P., D.A NAVARRETE, A.J. DUQUE, J.F PHILLIPS, K.R. CABRERA, E. ÁLVAREZ, M.C. GARCÍA, M.F. ORDOÑEZ. 2011. Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 162 p
- YODA, K. 1967. A preliminary survey of the forest vegetation of eastern Nepal. *Journal of Art and Science*. Chiba University National Science series 5: 99-140.
- ZEHETNER, F., W.P. MILLER & L.T. WEST. 2003. PEDOGENESIS OF VOLCANIC ASH SOILS IN ANDEAN ECUADOR. *Soil Science Society of America Journal*, v. 67, n.6, p.1797-1809, 2003. <<https://www.soils.org/publications/sssaj/articles/67/6/1797>>. 17 Mar. 2011. doi:10.2136/sssaj2003.1797.

ZHU, Y., Y. JIANG, Q. LIU, M. XIONG, Y M. KANG. 2007. "Altitudinal pattern of vascular plant species richness based on equal-area belts in Mt. Helan". *Biodiversity Sci.*, 15: 408- 418.

Anexo1: Familias y especies encontradas en cada rango altitudinal de la transición andino amazónica del departamento del caquetá

Anexo 1. Familias y especies en cada uno de los rangos altitudinales donde se recolectaron, así como el número representativo de cada espécimen.

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Especimen representativo (Marín-C., N.)
Acanthaceae		
<i>Aphelandra pilosa</i> Leonard	603	4384
Achariaceae		
<i>Carpotroche grandiflora</i> Spruce ex Eichler	657	4735
<i>Lindackeria paludosa</i> (Benth.) Gilg	657	4505
Actinidiaceae		
<i>Saurauia caquetensis</i> R.E. Schult.	2200- 2400	3111
Anacardiaceae		
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	657	4503
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	600-1600	4179
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	600-1600	3980
<i>Toxicodendron striatum</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	2330	3273
Annonaceae		
<i>Anaxagorea brevipes</i> Benth.	657	4583
<i>Anaxagorea dolichocarpa</i> Sprague & Sandwith	657	4546
<i>Anaxagorea phaeocarpa</i> Mart.	657	4482
<i>Anaxagorea rufa</i> Timmerman	1.658	3884
<i>Annona duckei</i> Diels	657	4542
<i>Annonaceae</i> sp.	1.658	3855
<i>Crematosperma cauliflorum</i> R.E.Fr.	600-800	4370
<i>Crematosperma pedunculatum</i> (Diels) R.E.Fr.	1616	3715
<i>Guatteria cargadero</i> Triana & Planch.	657	4224
<i>Guatteria ucayalina</i> Huber	1.658	3.834
<i>Guatteria punctata</i> (Aubl.) R.A.Howard	876	4142
<i>Guatteria stipitata</i> R.E.Fr.	657	4450
<i>Guatteria guianensis</i> (Aubl.) R.E.Fr.	603	4291
<i>Guatteria scytophylla</i> Diels	876	3947
<i>Guatteria</i> sp.	1400- 1600	4783
<i>Oxandra mediocris</i> Diels	657	4710
<i>Oxandra xylopioides</i> Diels	657	4556
<i>Unonopsis guatterioides</i> (A.DC.) R.E.Fr.	876	3987
<i>Unonopsis</i> sp.	657	4727
<i>Xylopia nervosa</i> (R.E. Fr.) Maas	657	4632

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Xylopia parviflora</i> Spruce	657	4610
<i>Xylopia</i> sp.	600-800	4042
Apocynaceae		
<i>Apocynaceae</i> sp.	657	4724
<i>Aspidosperma desmanthum</i> Benth. ex Müll.Arg.	600-800	4032
<i>Aspidosperma excelsum</i> Benth.	603-657	4564
<i>Couma macrocarpa</i> Barb.Rodr.	600-800	4189
<i>Lacmellea</i> sp.	876	4086
<i>Tabernaemontana macrocalyx</i> Müll.Arg.	600-800	4133
Aquifoliaceae		
<i>Ilex laureola</i> Triana	603	3302
<i>Ilex gabinetensis</i> Cuatrec.	2.200- 2.400	3348
<i>Ilex inundata</i> Poepp. ex Reissek	603-657	4235
<i>Ilex nervosa</i> Triana & Planch.	2.200- 2.400	3344
<i>Ilex pernervata</i> Cuatrec.	2.261	3.374
<i>Ilex petiolaris</i> Benth.	876	3911
<i>Ilex</i> sp.1	2.263	3.505
<i>Ilex</i> sp.2	1.600- 2.200	3716
<i>Ilex</i> sp.3	2.200- 2.400	
Araliaceae		
<i>Araliaceae</i> sp.	2.261	3.453
<i>Dendropanax</i> sp.	2.200- 2.400	3158
<i>Schefflera minutiflora</i> Harms	1.658	3.882
<i>Schefflera</i> sp.1	1.600- 2.200	3558
<i>Schefflera</i> sp.2	2.330	3.190
Arecaceae		
<i>Astrocaryum chambira</i> Burret	600-800	4474
<i>Attalea</i> sp.	603	4163
<i>Dictyocaryum lamarckianum</i> (Mart.) H.Wendl.	1.616	3.607
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	800-1.400	3913

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Geonoma interrupta</i> (Ruiz & Pav.) Mart.	603	4337
<i>Geonoma orbignyana</i> Mart.	1.600- 2.200	3579
<i>Geonoma</i> sp.	1.616	3.792
<i>Geonoma undata</i> Klotzsch	1.600- 2.200	3229
<i>Hyospathe elegans</i> Mart.	8600- 1.600	3857
<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.	600-800	4230
<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H.Wendl.	600-1600	4312
<i>Wettinia anomala</i> (Burret) R.Bernal	1.616	5927
<i>Wettinia drudei</i> (O.F.Cook & Doyle) A.J.Hend.	1.399	4800
<i>Wettinia fascicularis</i> (Burret) H.E.Moore & J.Dransf.	1.658	3.830
<i>Wettinia praemorsa</i> (Willd.) Wess.Boer	1.658	5928
Asteraceae		
<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Aristeg.	1.616	3.694
Bignoniaceae		
<i>Adenocalymma cladotrichum</i> (Sandwith) L.G.Lohmann	657	3704
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	657	4477
Boraginaceae		
<i>Cordia exaltata</i> Lam.	2.330	3.103
<i>Cordia</i> sp.	1.616	3.794
Brunelliaceae		
<i>Brunellia littlei</i> Cuatrec.	2.263	3.494
Burseraceae		
<i>Crepidospermum prancei</i> Daly	876	4061
<i>Crepidospermum rhoifolium</i> (Benth.) Triana & Planch.	603	4308
<i>Protium amazonicum</i> (Cuatrec.) Daly	600-800	3950
<i>Protium calanense</i> Cuatrec.	600-800	4088
<i>Protium decandrum</i> (Aubl.) Marchand	603	4187
<i>Protium opacum</i> Swart	603-657	4159
<i>Protium rubrum</i> Cuatrec.	657	4499
<i>Protium</i> sp.1	603	4356
<i>Protium</i> sp.2	603	4229
<i>Protium</i> sp.3	657	4446
<i>Protium subserratum</i> (Engl.) Engl.	603-657	4413

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Especimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Protium trifoliolatum</i> Engl.	603-657	4344
<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	603	4188
Calophyllaceae		
<i>Caraipa punctulata</i> Ducke	600-800	4030
<i>Caraipa</i> sp.1	876	3938
<i>Marila tomentosa</i> Poepp.	876	3966
Capparaceae		
<i>Preslianthus detonsus</i> Triana & Planch.	1.400- 1.600	4757
Caryocaraceae		
<i>Anthodiscus</i> sp.	603	4258
<i>Caryocar glabrum</i> (Aubl.) Pers.	600-800	3922
Celastraceae		
<i>Maytenus amazonica</i> Mart.	876	4136
<i>Salacia cordata</i> (Miers) Menega	2.263	3.554
<i>Tontelea</i> sp.	876	4132
Chloranthaceae		
<i>Hedyosmum cuatrecazanum</i> Occhioni	2.200- 2.400	3353
<i>Hedyosmum sprucei</i> Solms	1.658	3.878
<i>Hedyosmum goudotianum</i> Solms	2.200- 2.400	3101
Chrysobalanaceae		
<i>Chrysobalanaceae</i> sp.1	1.399	4.761
<i>Chrysobalanaceae</i> sp.2	657	4687
<i>Couepia bracteosa</i> Benth.	600-800	3898
<i>Couepia macrophylla</i> Spruce ex Hook.f.	876	4020
<i>Gaulettia canomensis</i> (Mart.) Sothers & Prance	600-800	3986
<i>Hiertella</i> sp.	657	4547
<i>Hirtella americana</i> L.	600-800	4024
<i>Hirtella bicornis</i> Mart. & Zucc.	603	4373
<i>Hymenopus amapaensis</i> (Prance) Hermanos y Prance	876	3910
<i>Licania hypoleuca</i> Benth.	603	4343
<i>Licania guianensis</i> (Aubl.) Griseb.	603-657	4387
<i>Licania harlingii</i> Prance	600-800	3924

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Licania heteromorpha</i> Benth.	600-800	3935
Clethraceae		
<i>Clethra fagifolia</i> Kunth	1.600- 2.200	3100
Clusiaceae		
<i>Chrysochlamys</i> sp.	2.261	3.441
<i>Clusia dixonii</i> Little	1.600- 2.200	3840
<i>Clusia loranthacea</i> Planch. & Triana	600-2400	4731
<i>Clusia hachensis</i> Cuatrec.	2.200- 2.400	3112
<i>Clusia</i> sp.1	2.200- 2.400	3164
<i>Clusia</i> sp.2	2.330	3.181
<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel	657	4534
<i>Symphonia globulifera</i> L.f.	600-800	3897
<i>Tovomita krukovii</i> A.C. Sm.	657	4487
<i>Tovomita schomburgkii</i> Planch. & Triana	876	4019
<i>Tovomita spruceana</i> Planch. & Triana	600-800	3984
<i>Tovomita weddelliana</i> Planch. & Triana	800-1600	3837
Combretaceae		
<i>Buchenavia macrophylla</i> Spruce ex Eichler	600-800	4026
<i>Terminalia</i> sp.	657	4489
Cunoniaceae		
<i>Weinmannia multijuga</i> Killip & A.C.Sm.	2.200- 2.400	3159
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	2.263	3.473
<i>Weinmannia elliptica</i> Kunth	2.200- 2.400	3268
Cyatheaceae		
<i>Alsophila engelii</i> R.M. Tryon	2.330	3.148
<i>Cyathea andina</i> (H. Karst.) Domin	1.616	3.773
<i>Cyathea pallescens</i> (Sodirol) Domin	2.330	3.191
<i>Cyathea ebenina</i> H. Karst.	2.263	3.572
<i>Cyathea lasiosora</i> Domin	600-2.400	4406
<i>Cyathea lindeniana</i> C. Presl	2.261	3.410
<i>Cyathea planadae</i> N.C. Arens & A.R. Sm.	2.330	3.265
<i>Cyathea</i> sp.	657	4604

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Especimen representativo (Marín-C., N.)
Dichapetalaceae		
<i>Tapura amazonica</i> Poepp.	657	4443
<i>Tapura</i> sp.	1.616	3.625
Dilleniaceae		
<i>Diospyros sericea</i> A.DC.	657	4689
<i>Doliocarpus dentatus</i> (Aubl.) Standl.	603-657	4392
Elaeocarpaceae		
<i>Sloanea durissima</i> Spruce ex Benth.	603	4195
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	603	4158
<i>Sloanea rufa</i> Planch. ex Benth.	603	4281
<i>Sloanea floribunda</i> Spruce ex Benth.	876	4043
<i>Sloanea pubescens</i> Benth.	603	4175
<i>Sloanea</i> sp.1	876	4072
<i>Sloanea</i> sp.2	657	4662
<i>Sloanea</i> sp.3	600-800	4001
<i>Sloanea</i> sp.5	876	2028
Ericaceae		
<i>Cavendishia tarapotana</i> Benth. & Hook.f.	2.261	3.432
<i>Ericaceae</i> sp.	2.263	3.495
Erythroxylaceae		
<i>Erythroxylum amazonicum</i> Peyr.	600-800	3916
<i>Erythroxylum citrifolium</i> A.St.-Hil.	603-657	4524
<i>Erythroxylum macrophyllum</i> Cav.	600-800	4017
Euphorbiaceae		
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	1.616-1.658	3887
<i>Alchornea</i> sp.1	2.263	3.464
<i>Aparisthmium cordatum</i> (A.Juss.) Baill.	600-1.600	3866
<i>Conceveiba guianensis</i> Aubl.	657	4637
<i>Conceveiba martiana</i> Baill.	1.399	4.765
<i>Croton cupreatus</i> Croizat	2.200-2.400	4107
<i>Croton lechleri</i> Müll.Arg.	600-1600	4218
<i>Croton</i> sp.	1.616	3.786
<i>Euphorbiaceae</i> sp.1	2.330	3.179

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Euphorbiaceae</i> sp.2	1.616	3.627
<i>Glycydendron amazonicum</i> Ducke	603	4259
<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	603-657	4473
<i>Mabea nitida</i> Spruce ex Benth.	603	3833
<i>Mabea</i> sp.	603	4253
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	600-800	4541
<i>Pseudosenefeldera inclinata</i> (Müll.Arg.) Esser	600-800	4655
<i>Sapium cuatrecasasii</i> Müll.Arg.	2.200- 2.400	3134
<i>Tetrorchidium popayanense</i> Croizat	2.330	3.221
Fabaceae		
<i>Andira macrothyrsa</i> Ducke	1.399	4752
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.)Sandwith	600-800	4550
<i>Diploptropis purpurea</i> (Rich.) Amshoff	603	4393
<i>Diploptropis</i> sp.	1.399	4772
<i>Dussia tessmannii</i> Harms	603	4271
<i>Fabaceae</i> sp.	603	4162
<i>Hymenaea oblongifolia</i> Huber	876	4094
<i>Inga acuminata</i> Benth.	603	4311
<i>Inga auristellae</i> Harms	657	4636
<i>Inga cayennensis</i> Sagot ex Benth.	1.616	3622
<i>Inga capitata</i> Desv.	1.616	3.703
<i>Inga cayennensis</i> Sagot ex Benth.	876	3628
<i>Inga cecropietorum</i> Ducke	1.616	3632
<i>Inga gracilior</i> Sprague	600-800	3914
<i>Inga lateriflora</i> Miq.	1.399	4758
<i>Inga ciliata</i> C.Presl	1.616	3768
<i>Inga heterophylla</i> Willd.	876	3949
<i>Inga longiflora</i> Benth.	603	4243
<i>Inga multijuga</i> Benth.	600-1.400	4742
<i>Inga</i> sp.1	603	4166
<i>Inga</i> sp.10	1.399	5929
<i>Inga</i> sp.2	876	4087
<i>Inga</i> sp.3	603	4206
<i>Inga</i> sp.4	657	4453
<i>Inga</i> sp.5	657	4619
<i>Inga</i> sp.6	603	4153

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Inga</i> sp.7	876	3953
<i>Inga</i> sp.8	1.616	3630
<i>Inga</i> sp.9	1.616	3690
<i>Inga umbellifera</i> (Vahl) Steud.	657	4558
<i>Macrolobium angustifolium</i> (Benth.) R.S. Cowan(Benth.) R.S. Cowan	657	4533
<i>Macrolobium limbatum</i> Spruce ex Benth.	603	4215
<i>Ormosia coarctata</i> Jacks.	876	3933
<i>Parkia</i> sp.	876	4093
<i>Pterocarpus</i> sp.	603	4336
<i>Stryphnodendron</i> sp.	2.263	3482
<i>Swartzia arborescens</i> (Aubl.)Pittier	603-657	4241
<i>Swartzia oraria</i> R.S. Cowan	600-800	4147
<i>Swartzia polyphylla</i> DC.	603-657	4278
<i>Swartzia</i> sp.	603	4289
<i>Tachigali formicarum</i> Harms	876	3971
<i>Tachigali pilosa</i> van der Werff	600-800	4038
<i>Tachigali polyphylla</i> Poepp.	603	4201
<i>Tachigali</i> sp.1	603	4310
<i>Tachigali</i> sp.2	1.399	4805
<i>Zygia basijuga</i> (Ducke) Barneby & J.W. Grimes	603-657	4251
<i>Zygia latifolia</i> (L.)Fawc. & Rendle	603	4375
<i>Zygia</i> sp.1	876	4102
<i>Zygia</i> sp.2	657	4563
Fagaceae		
<i>Colombobalanus excelsa</i> Lozano, Hern. Cam. & Henao	1.400-1.600	3818
<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	1.400-1.600	3827
Hypericaceae		
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana	600-2.400	3220
<i>Vismia macrophylla</i> Kunth	1.658	3.869
<i>Vismia</i> sp.	2.263	3.524
Lacistemataceae		
<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J.Bergius) Rusby	600-1.400	4079

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
Lamiaceae		
<i>Aegiphila</i> sp.	1.600- 2.200	3108
<i>Lamiaceae</i> sp.	2.330	3.205
<i>Vitex</i> sp.	1.616	3.664
Lauraceae		
<i>Aniba panurensis</i> (Meisn.) Mez	1.616	3635
<i>Aniba puchury-minor</i> (Mart.) Mez	603	4397
<i>Aniba hostmanniana</i> (Nees) Mez	1.616	3617
<i>Aniba</i> sp.1	1.600- 2.400	3321
<i>Aniba</i> sp.2	876	4069
<i>Beilschmiedia pendula</i> (Sw.) Hemsl.	1.600- 2.400	3721
<i>Beilschmiedia</i> sp.	600-800	3893
<i>Endlicheria anomala</i> (Nees) Mez	1.600- 2.400	3601
<i>Endlicheria metallica</i> Kosterm.	876	7073
<i>Endlicheria mishuyacensis</i> A.C.Sm.	600-1.600	3651
<i>Endlicheria chalisea</i> Chanderbali	1.399	4831
<i>Endlicheria formosa</i> A.C.Sm.	657	4577
<i>Endlicheria klugii</i> O.C.Schmidt	1.616	3769
<i>Endlicheria robusta</i> (A.C.Sm.) Kosterm.	603-657	4155
<i>Endlicheria</i> sp.1	603	4184
<i>Endlicheria</i> sp.2	600-800	4099
<i>Endlicheria sprucei</i> (Meisn.) Mez	600-1.400	4071
<i>Lauraceae</i> sp.1	600-1.600	3883
<i>Lauraceae</i> sp.2	1.616	3629
<i>Lauraceae</i> sp.3	876	4089
<i>Lauraceae</i> sp.4	600-1600	3642
<i>Lauraceae</i> sp.5	603	4369
<i>Lauraceae</i> sp.6	1.616	3680
<i>Lauraceae</i> sp.7	2.263	3530
<i>Lauraceae</i> sp.8	657	4627
<i>Licaria crassifolia</i> (Poir.) P.L.R. de Moraes	1600	3775
<i>Licaria</i> sp.	2.263	3583
<i>Nectandra</i> sp.1	600-1.600	3638

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Nectandra</i> sp.2	1.616	3634
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees & Mart.) Mez	600-2.400	3487
<i>Ocotea argyrophylla</i> Ducke	657	4597
<i>Ocotea javitensis</i> (Kunth) Pittier	603	4380
<i>Ocotea longifolia</i> Kunth	1.616	3675
<i>Ocotea rhodophylla</i> Vicent.	600-800	3946
<i>Ocotea guianensis</i> Aubl.	876	3932
<i>Ocotea neesiana</i> (Miq.) Kosterm.	603	4478
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	2.330	3194
<i>Ocotea</i> sp.1	603	4172
<i>Ocotea</i> sp.2	1.600	3649
<i>Ocotea</i> sp.3	2.263	3553
<i>Ocotea</i> sp.4	1.616	3734
<i>Ocotea</i> sp.6	1.616	3680
<i>Ocotea</i> sp.7	2.330	3311
<i>Persea areolatocostae</i> (C.K.Allen) van der Werff	800-1600	3889
<i>Persea peruviana</i> Nees	1.600	3605
<i>Persea cuneata</i> Meisn.	2.330	3298
<i>Persea pseudofasciculata</i> L.E.Kopp	1.600-2.400	3307
<i>Persea</i> sp.1	2.263	3470
<i>Pleurothyrium</i> sp.1	1.616	3700
<i>Pleurothyrium</i> sp.2	2.263	3521
<i>Rhodostemonodaphne</i> sp.	1.616	3689
Lecythidaceae		
<i>Eschweilera juruensis</i> R.Knuth	1.399	4753
<i>Eschweilera tessmannii</i> R.Knuth	2.330	3145
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A.Mori	600-1.600	3960
<i>Eschweilera laevicarpa</i> S.A.Mori	600-800	4298
<i>Eschweilera parvifolia</i> Mart. ex DC.	657	4576
<i>Eschweilera</i> sp.1	2.263	3484
<i>Eschweilera</i> sp.2	1.616	3705
<i>Eschweilera</i> sp.3	1.400-1.600	3864
<i>Eschweilera</i> sp.4	1.399	4830

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Eschweilera</i> sp.5	1.616	3704
<i>Gustavia hexapetala</i> (Aubl.) Sm.	603	4208
Loganiaceae		
<i>Strychnos</i> sp.1	603	4436
<i>Strychnos</i> sp.2	603-657	4361
Magnoliaceae		
<i>Magnolia henaoui</i> (Lozano) Govaerts	1.616	3685
Malpighiaceae		
<i>Byrsonima concinna</i> Benth.	603	4164
<i>Byrsonima krukoffii</i> W.R.Anderson	876	3969
Malvaceae		
<i>Matisia bolivarii</i> Cuatrec.	2.330	3124
<i>Matisia lomensis</i> Cuatrec.	657	4774
<i>Matisia floccosa</i> Fern. Alonso	1.616	3610
<i>Matisia ochrocalyx</i> (K.Schum.) Vischer	603-657	4349
<i>Matisia</i> sp.	1.616	3748
<i>Pachira</i> sp.1	603	4301
<i>Pachira</i> sp.2	876	4108
<i>Sterculia frondosa</i> Rich.	657	4520
<i>Sterculia kayae</i> P.E.Berry	603-657	4203
<i>Theobroma subincanum</i> Mart.	600-800	3983
Melastomataceae		
<i>Blakea calyptrata</i> Gleason	1.616	3608
<i>Blakea orientalis</i> Gleason	2.263	3498
<i>Blakea repens</i> (Ruiz & Pav.) D. Don	1.616	3728
<i>Chalybea</i> sp.1	2.200- 2.400	3382
<i>Clidemia sessiliflora</i> (Naudin) Cogn.	600-1.400	4427
<i>Graffenrieda aff. intermedia</i> Triana	1.399	4819
<i>Graffenrieda conostegioides</i> Triana	876	3903
<i>Graffenrieda emarginata</i> (Ruiz & Pav.) Triana	2.263	3535
<i>Graffenrieda gracilis</i> (Triana) L.O. Williams	1.658	3879
<i>Melastomataceae</i> sp.	2.263	3595
<i>Meriania drakei</i> (Cogn.) Wurdack	2.330	3204
<i>Meriania hexamera</i> Sprague	1.399	4755
<i>Meriania phlomoides</i> (Triana) Almeda	2.330	3212
<i>Meriania yalconensis</i> Humberto Mend. & Fern.	2.200-	3130

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
Alonso	2.400	
<i>Miconia aff. multiplinervia</i> Cogn.	2.200- 2.400	3250
<i>Miconia asperrima</i> Triana	2.200- 2.400	3242
<i>Miconia brachygyna</i> Gleason	2.330	3176
<i>Miconia carassana</i> Cogn.	876	4103
<i>Miconia rugosa</i> Triana	603	4408
<i>Miconia decurrens</i> Cogn.	603-657	4170
<i>Miconia elata</i> (Sw.) DC.	1.616	3661
<i>Miconia floribunda</i> (Bonpl.) DC.	2.330	3136
<i>Miconia goniostigma</i> Triana	2.200- 2.400	3233
<i>Miconia lepidota</i> Schrank & Mart. ex DC.	876	3104
<i>Miconia longispicata</i> Triana	876	3921
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	800-2.400	3584
<i>Miconia multiplinervia</i> Cogn.	2.200- 2.400	3230
<i>Miconia nutans</i> Donn. Sm.	1.616	3790
<i>Miconia pterocaulon</i> Triana	603	4399
<i>Miconia punctata</i> (Desr.) D. Don ex DC.	600-800	3920
<i>Miconia resima</i> Cogn.	1.658	3860
<i>Miconia serrulata</i> (DC.) Naudin	603	4417
<i>Miconia</i> sp.1	2.330	3105
<i>Miconia</i> sp.10	2.330	3255
<i>Miconia</i> sp.11	600-1.600	3888
<i>Miconia</i> sp.12	2.200- 2.400	3287
<i>Miconia</i> sp.2	2.200- 2.400	3135
<i>Miconia</i> sp.3	2.200- 2.400	3169
<i>Miconia</i> sp.4	603	4272
<i>Miconia</i> sp.5	600-800	4114
<i>Miconia</i> sp.6	2.330	3283
<i>Miconia</i> sp.7	2.263	3542

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Miconia</i> sp.8	1.658	3872
<i>Miconia</i> sp.9	1.616	5930
<i>Miconia spatellophora</i> Gleason	2.200- 2.400	3282
<i>Miconia splendens</i> (Sw.) Griseb.	600-800	4110
<i>Miconia tomentosa</i> (Rich.) D. Don ex DC.	603	4314
<i>Mouriri myrtifolia</i> Spruce ex Triana	876	4101
<i>Tibouchina lepidota</i> (Bonpl.) Baill.	2.200- 2.400	3360
<i>Tococa</i> sp.1	603	4377
Meliaceae		
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	600-1.600	4730
<i>Guarea purusana</i> C.DC.	1.616	3663
<i>Guarea grandifolia</i> (L.) Sleumer	657	4734
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	2.330	3123
<i>Guarea pubescens</i> (Rich.) A.Juss.	600-2.400	3196
<i>Guarea</i> sp.	2.261	3401
<i>Trichilia septentrionalis</i> C.DC.	800-1.600	3868
<i>Trichilia</i> sp.1	2.330	3262
<i>Trichilia</i> sp.2	1.616	3669
<i>Trichilia</i> sp.3	2.330	3228
<i>Trichilia</i> sp.4	2.330	3280
<i>Trichilia</i> sp.5	2.330	3150
Menispermaceae		
<i>Abuta grandifolia</i> (Mart.) Sandwith	603	4414
Metteniusaceae		
<i>Calatola costaricensis</i> Standl.	1.616	3611
<i>Dendrobangia boliviana</i> Rusby	800-1.600	4033
<i>Metteniusa tessmanniana</i> (Sleumer) Sleumer	1.616	3641
Monimiaceae		
<i>Mollinedia killipii</i> J.F.Macbr.	600-2.400	3423
<i>Mollinedia tomentosa</i> (Benth.) Tul.	2.263	3545
<i>Mollinedia</i> sp.	876	4011
Moraceae		
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber ex Ducke	657	4481
<i>Brosimum lactescens</i> (S.Moore) C.C.Berg	603-657	4260
<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Oken	600-1.600	3623

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Clarisia biflora</i> Ruiz & Pav.	1.616	3659
<i>Ficus americana</i> Aubl.	1.658	3821
<i>Ficus</i> sp.1	603	4389
<i>Ficus</i> sp.2	1.616	3614
<i>Helicostylis scabra</i> (J.F.Macbr.) C.C.Berg	600-800	3943
<i>Helicostylis elegans</i> (J.F.Macbr.) C.C.Berg	600-800	4708
<i>Helicostylis</i> sp.	876	4135
<i>Helicostylis tomentosa</i> (Poepp. & Endl.) J.F.Macbr.	876	4174
<i>Helicostylis towarensis</i> (Klotzsch & H.Karst.) C.C.Berg	1.400- 1.600	3662
<i>Maquira calophylla</i> (Poepp. & Endl.) C.C.Berg	603	4368
<i>Naucleopsis</i> sp.	657	4536
<i>Perebea angustifolia</i> (Poepp. & Endl.) C.C.Berg	600-800	4097
<i>Pseudolmedia macrophylla</i> Trécul	657	4521
<i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	600-800	3912
<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pav.) J.F.Macbr.	603-657	4178
<i>Sorocea muriculata</i> Miq.	600-800	3951
Myristicaceae		
<i>Compsonaura ulei</i> Warb. ex Pilg.	600-800	4000
<i>Compsonaura</i> sp.	1.399	4779
<i>Iryanthera laevis</i> Markgr.	603-657	4266
<i>Iryanthera</i> sp.1	603	4428
<i>Iryanthera ulei</i> (Benth.) Warb.	600-800	4143
<i>Otoba parvifolia</i> (Markgr.) A.H.Gentry	1.616	3744
<i>Virola calophylla</i> (Spruce) Warb.	600-1.600	4185
<i>Virola elongata</i> (Benth.) Warb.	600-1.600	3881
<i>Virola multinervia</i> Ducke	603	4176
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	600-800	4111
<i>Virola decorticans</i> Ducke	603-657	4333
<i>Virola duckei</i> A.C.Sm.	603	4430
<i>Virola pavonis</i> (A.DC.) A.C.Sm.	600-800	4471
Myrtaceae		
<i>Eugenia schunkei</i> McVaugh	1.616	3612
<i>Eugenia</i> sp.1	2.330	3183
<i>Eugenia</i> sp.2	876	4117

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Myrcia</i> sp.1	603-657	4670
<i>Myrcia</i> sp.2	876	4045
<i>Myrcia</i> sp.3	600-800	4067
<i>Myrcia</i> sp.4	876	4100
<i>Myrcia</i> sp.5	603	3743
<i>Myrcianthes</i> sp. 1	2.261	
<i>Myrcianthes</i> sp. 2	1.616	3613
<i>Myrtaceae</i> sp.1	657	4622
<i>Myrtaceae</i> sp.10	600-800	4123
<i>Myrtaceae</i> sp.17	1.399	4763
<i>Myrtaceae</i> sp.2	2.330	3235
<i>Myrtaceae</i> sp.3	2.330	3290
<i>Myrtaceae</i> sp.4	1.616	3785
<i>Myrtaceae</i> sp.5	1.616	3743
<i>Myrtaceae</i> sp.6	1.616	3696
<i>Myrtaceae</i> sp.7	1.600- 2.400	3381
<i>Myrtaceae</i> sp.8	600-1.600	3742
<i>Myrtaceae</i> sp.9	600-1.600	3784
<i>Myrtaceae</i> sp.11		3636
<i>Myrtaceae</i> sp.12		4721
<i>Myrtaceae</i> sp.13		4027
<i>Myrtaceae</i> sp.14		4729
<i>Myrtaceae</i> sp.15		4811
<i>Myrtaceae</i> sp.16		4702
Nyctaginaceae		
<i>Guapira</i> sp.	600-1.600	3780
<i>Neea divaricata</i> Poepp. & Endl.	657	4528
<i>Neea floribunda</i> Poepp. & Endl.	600-800	4236
<i>Neea macrophylla</i> Poepp. & Endl.	603-657	4242
<i>Neea parviflora</i> Poepp. & Endl.	600-800	3991
<i>Neea</i> sp.1	876	3909
<i>Neea</i> sp.2	603	4177
<i>Neea</i> sp.3	1.399	4768
<i>Neea</i> sp.4	1.616	3639
Ochnaceae		
<i>Lacunaria crenata</i> (Tul.) A.C.Sm.	657	4658

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Especimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Lacunaria</i> sp.	876	4080
<i>Ouratea</i> sp.	2.263	3559
Olacaceae		
<i>Heisteria acuminata</i> (Humb. & Bonpl.) Engl.	603	4363
<i>Heisteria barbata</i> Cuatrec.	603	4239
<i>Heisteria</i> sp.1	657	4554
<i>Heisteria</i> sp.2	657	4494
<i>Heisteria</i> sp.3	657	4717
Opiliaceae		
<i>Agonandra silvatica</i> Ducke	657	4511
Passifloraceae		
<i>Dilkea retusa</i> Mast.	600-800	4141
Peraceae		
<i>Pera</i> sp.	603	4145
Phyllanthaceae		
<i>Hieronyma huilensis</i> Cuatrec.	1400-2400	3113
<i>Hieronyma macrocarpa</i> Müll.Arg.	1400-2400	3120
<i>Hieronyma oblonga</i> (Tul.) Müll.Arg.	600-2.400	3427
<i>Hieronyma</i> sp.1	2.261	3419
<i>Hieronyma</i> sp.2	2.263	3578
<i>Richeria grandis</i> Vahl	603-657	4274
Picramniaceae		
<i>Picramnia magnifolia</i> J.F.Macbr.	1400-2400	3248
<i>Picramnia</i> sp.	657	4673
Piperaceae		
<i>Piper calanyanum</i> Trel. & Yunck.	1.399	4821
<i>Piper obliquum</i> Ruiz & Pav.	600-1.400	4299
<i>Piper corpulentispicum</i> Trel. & Yunck.	1.616	3752
<i>Piper lacunosum</i> Kunth	2.261	3421
<i>Piper</i> sp.	1.616	3799
Polygalaceae		
<i>Monnina</i> sp.	2.263	3568

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
Primulaceae		
<i>Cybianthus cuatrecasatii</i> Pipoly	1.400- 1.600	3829
<i>Cybianthus gigantophyllus</i> Pipoly	600-2.400	3552
<i>Cybianthus</i> sp.	1.616	3678
<i>Geissanthus occidentalis</i> Cuatrec.	1.616	3489
<i>Geissanthus mezianus</i> (Mez) G.Agostini	2.200- 2.400	3243
<i>Geissanthus occidentalis</i> Cuatrec.	2.200- 2.400	3142
<i>Gissanthus</i> sp.	2.330	3218
Myrsinaceae sp.1	1.658	3847
Myrsinaceae sp.2	2.263	3565
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	2.200- 2.400	3349
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	1.600- 2.400	3303
<i>Myrsine</i> sp.	1.616	5931
Rhizophoraceae		
<i>Sterigmapetalum obovatum</i> Kuhlman.	876	4055
Rosaceae		
<i>Prunus debilis</i> Koehne	1.400- 1.600	4786
<i>Prunus</i> sp.1	876	4041
<i>Prunus</i> sp.2	1.400- 1.600	4766
<i>Prunus</i> sp.3	657	4626
Rosaceae sp.	2.263	3567
Rubiaceae		
<i>Alibertia latifolia</i> (Benth.) K.Schum.	657	4513
<i>Chimarrhis hookeri</i> K.Schum.	876	3937
<i>Chomelia tenuiflora</i> Benth.	657	4736
<i>Cordia longicaudata</i> C.H.Perss. & Delprete	657	4618
<i>Coussarea ecuadorensis</i> C.M.Taylor	657	4657
<i>Dolichodelphys chlorocrater</i> K.Schum. & K.Krause	603-657	4331
<i>Elaeagia alterniramosa</i> Steyerem.	2.200- 2.400	3163
<i>Elaeagia mariae</i> Wedd.	1.400-	3173

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
	2.400	
<i>Elaeagia pastoensis</i> L.E.Mora	1.400- 1.600	3826
<i>Elaeagia</i> sp.	2.200- 2.400	3109
<i>Faramea capillipes</i> Müll.Arg.	603	4328
<i>Faramea miconioides</i> Standl.	1.616	3646
<i>Faramea glandulosa</i> Poepp.	1.616	3604
<i>Faramea occidentalis</i> (L.) A.Rich.	603-657	4327
<i>Faramea rectinervia</i> Müll.Arg.	657	4612
<i>Faramea</i> sp.1	600-1.600	3772
<i>Faramea verticillata</i> C.M.Taylor	657	4726
<i>Ixora panurensis</i> Müll.Arg.	1.616	3741
<i>Ladenbergia amazonensis</i> Ducke	657	4505
<i>Ladenbergia muzonensis</i> (Goudot) Standl.	1.400- 1.600	3848
<i>Ladenbergia</i> sp.	2.263	3555
<i>Margaritopsis astrellantha</i> (Wernham) L.Andersson	657	4738
<i>Notopleura</i> sp.	876	4084
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	2.330	3224
<i>Palicourea andrei</i> Standl.	2.200- 2.400	3117
<i>Palicourea candida</i> C.M.Taylor	2.200- 2.400	3281
<i>Palicourea garciae</i> Standl.	2.200- 2.400	3154
<i>Palicourea latifolia</i> K.Krause	1.400- 1.600	3683
<i>Palicourea lucidula</i> (Poepp.) Standl.	603	4294
<i>Palicourea luteonivea</i> C.M.Taylor	2.261	3347
<i>Palicourea</i> sp.	1.658	3880
<i>Psychotria boliviana</i> (Standl.) C.M.Taylor	603-657	4400
<i>Psychotria huampamiensis</i> C.M.Taylor	1.399	4813
<i>Psychotria manausensis</i> Steyerm.	1.399	4807
<i>Palicourea nautensis</i> (Standl.) C.M. Taylor	1.616	3737
<i>Psychotria pongoana</i> Standl.	603	4434

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Psychotria</i> sp.1	1.616	3774
<i>Psychotria</i> sp.2	1.399	4802
<i>Psychotria</i> sp.3	2.330	3106
<i>Psychotria suerrensis</i> Donn.Sm.	876	4090
<i>Rubiaceae</i> sp.1	2.200- 2.400	3386
<i>Rubiaceae</i> sp.2	2.330	3127
<i>Rubiaceae</i> sp.3	2.261	3368
<i>Rubiaceae</i> sp.4	1.400- 2.400	3396
<i>Rubiaceae</i> sp.5	2.263	3490
<i>Rudgea verticillata</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	2.200- 2.400	3520
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	603-657	4366
Rutaceae		
<i>Spiranthera parviflora</i> Sandwith	600-800	3979
<i>Zanthoxylum melanostictum</i> Schltdl. & Cham.	2.263	3509
<i>Zanthoxylum</i> sp.1	2.330	3259
<i>Zanthoxylum</i> sp.2	2.330	3239
Sabiaceae		
<i>Meliosma</i> sp.	600-2400	3296
<i>Ophiocaryon heterophyllum</i> (Benth.) Urb.	876	4112
Salicaceae		
<i>Casearia javitensis</i> Kunth	600-1.600	3616
<i>Casearia</i> sp.1	1.616	3681
<i>Casearia</i> sp.2	1.616	3707
<i>Casearia ulmifolia</i> Vahl ex Vent.	603	4180
<i>Ryania speciosa</i> Vahl	800-1.600	4785
<i>Xylosma tessmannii</i> Sleumer	1.616	3738
Sapindaceae		
<i>Billia rosea</i> (Planch. & Linden) C.U.Ulloa & M.Jørg.	600-2.400	3483
<i>Cupania latifolia</i> Kunth	876	4068
<i>Cupania scrobiculata</i> Rich.	800-1.600	3603
<i>Matayba arborescens</i> (Aubl.) Radlk.	657	4682
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	657	4535
<i>Matayba inelegans</i> Radlk.	600-800	3926
<i>Matayba purgans</i> (Poepp.) Radlk.	600-800	4139

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Especimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Matayba</i> sp.	2.263	3477
<i>Sapindaceae</i> sp.1	876	3967
<i>Sapindaceae</i> sp.2	600-1.600	4340
<i>Talisia</i> sp.1	603	4351
Sapotaceae		
<i>Chrysophyllum bombycinum</i> T.D.Penn.	600-1.400	4598
<i>Chrysophyllum manaosense</i> (Aubrév.) T.D.Penn.	603-657	4220
<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> (Pierre) Baehni	600-800	4273
<i>Chrysophyllum</i> sp.	600-800	4456
<i>Ecclinusa lanceolata</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Pierre	1.399	4806
<i>Micropholis guyanensis</i> (A.DC.) Pierre	600-1.600	4214
<i>Micropholis</i> sp.	1.616	4592
<i>Micropholis venulosa</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Pierre	600-1.600	4211
<i>Pouteria arcuata</i> T.D.Penn.	657	4514
<i>Pouteria baehniana</i> Monach.	600-1.600	4161
<i>Pouteria bilocularis</i> (H.J.P.Winkl.) Baehni	657	4442
<i>Pouteria campanulata</i> Baehni	600-800	4007
<i>Pouteria egregia</i> Sandwith	600-800	3952
<i>Pouteria glauca</i> T.D.Penn.	603	4152
<i>Pouteria hispida</i> Eyma	876	3955
<i>Pouteria plicata</i> T.D.Penn.	603	4182
<i>Pouteria cuspidata</i> (A.DC.) Baehni	1.658	3823
<i>Pouteria glomerata</i> (Miq.) Radlk.	603-657	4282
<i>Pouteria guianensis</i> Aubl.	1.616	3757
<i>Pouteria maguirei</i> (Aubrév.) T.D.Penn.	876	3995
<i>Pouteria retinervis</i> T.D.Penn.	603-657	4303
<i>Pouteria scrobiculata</i> Monach. ex T.D.Penn.	600-800	3981
<i>Pouteria</i> sp.1	657	4620
<i>Pouteria</i> sp.2	1.616	3665
<i>Pouteria</i> sp.3	657	4649
<i>Pouteria</i> sp.4	1.616	3805
Sapotaceae sp.1	603	4345
Sapotaceae sp.2	1.616	3606
Sapotaceae sp.3	657	4661
Sapotaceae sp.4	603-657	4254

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
Sapotaceae sp.5	657	4685
Simaroubaceae		
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	1.399	4750
Siparunaceae		
<i>Siparuna cuspidata</i> (Tul.) A.DC.	603-657	4156
<i>Siparuna decipiens</i> (Tul.) A.DC.	657	4549
<i>Siparuna lepidota</i> (Kunth) A. DC.	2.330	3306
<i>Siparuna</i> sp.	1.616	3750
Solanaceae		
<i>Cestrum</i> sp.	1.616	3740
<i>Solanum anisophyllum</i> Van Heurck & Müll. Arg.	2.261	3440
<i>Solanum cyathophorum</i> M. Nee & Farruggia	2.330	3211
Staphyleaceae		
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G.Don	2.200- 2.400	3126
Stemonuraceae		
<i>Discophora guianensis</i> Miers	1.399	4762
Styracaceae		
<i>Styrax macrophyllus</i> Schott ex Pohl	1.399	4823
Symplocaceae		
<i>Symplocos mucronata</i> Bonpl.	2.261	3393
<i>Symplocos</i> sp.	1.400- 2.400	3599
Thymelaeaceae		
<i>Daphnopsis crispotomentosa</i> Cuatrec.	2.200- 2.400	3407
Ulmaceae		
<i>Ampelocera edentula</i> Kuhlm.	657	4488
Urticaceae		
<i>Coussapoa</i> sp.	1.616	3803
<i>Pourouma bicolor</i> Mart.	600-800	3956
<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart.	603	4295
<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	603	4157
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	1.616	3667
Violaceae		
<i>Gloeospermum pilosum</i> Melch.	1.616	3806
<i>Leonia racemosa</i> Mart.	603	4341

Familia / Especies	Rango altitudinal (m s.n.m.)	Espécimen representativo (Marín-C., N.)
<i>Leonia cymosa</i> Mart.	600-800	4113
<i>Leonia glycyarpa</i> Ruiz & Pav.	603-657	4352
<i>Rinorea lindeniana</i> (Tul.) Kuntze	603-657	4355
Vochysiaceae		
<i>Erisma japura</i> Spruce ex Warm.	603	4196
<i>Erisma</i> sp.	657	4556
<i>Qualea insignis</i> G. Shimizu, D.J.P. Gonç. & Kik. Yamam	600-800	3940
<i>Vochysia grandis</i> Mart.	600-800	4034
Winteraceae		
<i>Drimys granadensis</i> L.f.	2.263	3517

Familias y número de especies presentes según intervalo altitudinal

Familias y número de especies presentes a diferentes intervalos altitudinales en la vegetación tanto del estrato superior como inferior, evaluados en parcelas de 2.500 m² en el departamento de Caquetá.

Intervalo altitudinal 600-800	# Especies	Intervalo altitudinal 1400-1600	# Especies	Intervalo altitudinal 2200-2400	# Especies
Acanthaceae	1	Anacardiaceae	2	Actinidiaceae	1
Achariaceae	2	Annonaceae	5	Anacardiaceae	1
Anacardiaceae	3	Aquifoliaceae	1	Aquifoliaceae	6
Annonaceae	17	Araliaceae	2	Araliaceae	4
Apocynaceae	6	Arecaceae	11	Arecaceae	2
Aquifoliaceae	3	Asteraceae	1	Boraginaceae	1
Arecaceae	7	Boraginaceae	1	Brunelliaceae	1
Bignoniaceae	2	Capparaceae	1	Celastraceae	1
Burseraceae	14	Chloranthaceae	1	Chloranthaceae	2
Calophyllaceae	3	Chrysobalanaceae	1	Clethraceae	1
Caryocaraceae	2	Clethraceae	1	Clusiaceae	5
Celastraceae	2	Clusiaceae	2	Cunoniaceae	3
Chrysobalanaceae	12	Cyatheaceae	1	Cyatheaceae	5
Clusiaceae	7	Dichapetalaceae	1	Ericaceae	1
Combretaceae	2	Euphorbiaceae	5	Euphorbiaceae	4
Cyatheaceae	2	Fabaceae	12	Fabaceae	1
Dichapetalaceae	1	Fagaceae	2	Hypericaceae	2
Dilleniaceae	1	Hypericaceae	1	Indeterminada	5
Ebenaceae	1	Indeterminada	1	Lamiaceae	2
Elaeocarpaceae	9	Lacistemataceae	1	Lauraceae	13
Erythroxylaceae	3	Lamiaceae	1	Lecythidaceae	2
Euphorbiaceae	9	Lauraceae	26	Malvaceae	1
Fabaceae	38	Lecythidaceae	6	Melastomataceae	24
Hypericaceae	1	Magnoliaceae	1	Meliaceae	7
Lacistemataceae	1	Malvaceae	2	Monimiaceae	2
Lauraceae	25	Melastomataceae	12	Myrtaceae	5
Lecythidaceae	5	Meliaceae	4	Ochnaceae	1
Loganiaceae	2	Metteniusaceae	3	Phyllanthaceae	5
Malpighiaceae	2	Moraceae	5	Picramniaceae	1

Intervalo altitudinal 600-800	# Especies	Intervalo altitudinal 1400-1600	# Especies	Intervalo altitudinal 2200-2400	# Especies
Malvaceae	7	Myristicaceae	6	Piperaceae	1
Melastomataceae	19	Myrtaceae	9	Polygalaceae	1
Meliaceae	4	Nyctaginaceae	3	Primulaceae	7
Menispermaceae	1	Phyllanthaceae	3	Rosaceae	1
Metteniusaceae	1	Picramniaceae	1	Rubiaceae	16
Monimiaceae	2	Piperaceae	4	Rutaceae	3
Moraceae	16	Primulaceae	6	Sabiaceae	1
Myristicaceae	15	Rosaceae	2	Sapindaceae	2
Myrtaceae	10	Rubiaceae	15	Siparunaceae	1
Nyctaginaceae	7	Salicaceae	5	Solanaceae	2
Ochnaceae	2	Sapindaceae	3	Staphyleaceae	1
Olacaceae	5	Sapotaceae	11	Symplocaceae	2
Opiliaceae	1	Simaroubaceae	1	Thymelaeaceae	1
Passifloraceae	1	Siparunaceae	1	Winteraceae	2
Peraceae	1	Solanaceae	1		
Phyllanthaceae	2	Stemonuraceae	1		
Picramniaceae	1	Styracaceae	1		
Piperaceae	1	Symplocaceae	1		
Primulaceae	1	Urticaceae	2		
Rhizophoraceae	1	Violaceae	1		
Rosaceae	2				
Rubiaceae	19				
Rutaceae	1				
Sabiaceae	2				
Salicaceae	3				
Sapindaceae	10				
Sapotaceae	27				
Siparunaceae	2				
Ulmaceae	1				
Urticaceae	4				
Violaceae	4				
Vochysiaceae	4				

Anexo 3: Índice de valor de importancia familiar para las 9 parcelas y 9 subparcelas establecidas a lo largo del gradiente altitudinal del departamento del Caquetá. Arf = abundancia relativa, Drf= dominancia relativa y Divrf = diversidad relativa.

Familias	Arf Relat	Drf Relat	Divf Relat	IVI 300%	IVI 100%
Melastomataceae	11,52	2,85	8,17	22,55	7,52
Rubiaceae	11,60	2,85	7,53	21,98	7,33
Arecaceae	13,48	2,85	2,40	18,73	6,24
Lauraceae	4,41	2,53	8,17	15,11	5,04
Fabaceae	3,44	1,90	7,69	13,04	4,35
Euphorbiaceae	4,13	2,85	2,88	9,86	3,29
Sapotaceae	2,99	1,90	4,97	9,86	3,29
Myrtaceae	1,37	2,22	4,33	7,91	2,64
Moraceae	2,53	1,90	3,04	7,48	2,49
Aquifoliaceae	3,80	2,22	1,44	7,46	2,49
Myristicaceae	3,32	1,90	2,08	7,30	2,43
Annonaceae	1,65	1,90	3,53	7,07	2,36
Clusiaceae	2,15	2,53	1,92	6,61	2,20
Primulaceae	2,10	2,53	1,76	6,40	2,13
Phyllanthaceae	2,43	2,85	0,96	6,24	2,08
Lecythidaceae	1,19	2,53	1,92	5,65	1,88
Indeterminada	1,60	2,85	0,80	5,25	1,75
Chrysobalanaceae	1,67	1,27	2,08	5,02	1,67
Meliaceae	0,68	2,22	1,92	4,82	1,61
Sapindaceae	1,04	1,90	1,76	4,70	1,57

Familias	Arf Relat	Drf Relat	Divf Relat	IVI 300%	IVI 100%
Cyatheaceae	1,47	1,90	1,28	4,65	1,55
Burseraceae	1,32	0,95	2,24	4,51	1,50
Malvaceae	1,27	1,58	1,60	4,45	1,48
Nyctaginaceae	1,11	1,58	1,44	4,14	1,38
Fagaceae	2,46	0,95	0,32	3,73	1,24
Araliaceae	1,17	1,27	0,80	3,23	1,08
Anacardiaceae	0,61	1,90	0,64	3,15	1,05
Piperaceae	0,66	1,58	0,80	3,04	1,01
Chloranthaceae	1,22	1,27	0,48	2,96	0,99
Elaeocarpaceae	0,53	0,95	1,44	2,92	0,97
Rosaceae	0,25	1,58	0,80	2,64	0,88
Violaceae	0,51	1,27	0,80	2,57	0,86
Hypericaceae	0,51	1,58	0,48	2,57	0,86
Salicaceae	0,30	1,27	0,96	2,53	0,84
Rutaceae	0,30	1,58	0,64	2,53	0,84
Cunoniaceae	1,04	0,95	0,48	2,47	0,82
Apocynaceae	0,38	0,95	0,96	2,29	0,76
Urticaceae	0,51	0,95	0,80	2,26	0,75
Vochysiaceae	0,63	0,95	0,64	2,22	0,74
Siparunaceae	0,30	1,27	0,64	2,21	0,74
Clethraceae	0,53	1,27	0,16	1,96	0,65
Monimiaceae	0,18	1,27	0,48	1,92	0,64
Actinidiaceae	1,01	0,63	0,16	1,81	0,60
Erythroxylaceae	0,30	0,95	0,48	1,73	0,58
Calophyllaceae	0,56	0,63	0,48	1,67	0,56
Olacaceae	0,23	0,63	0,80	1,66	0,55
Metteniusaceae	0,18	0,95	0,48	1,61	0,54
Lamiaceae	0,13	0,95	0,48	1,56	0,52
Ochnaceae	0,13	0,95	0,48	1,56	0,52
Solanaceae	0,10	0,95	0,48	1,53	0,51
Lacistemataceae	0,10	1,27	0,16	1,53	0,51
Caryocaraceae	0,25	0,95	0,32	1,52	0,51
Symplocaceae	0,18	0,95	0,32	1,45	0,48
Sabiaceae	0,10	0,95	0,32	1,37	0,46
Picramniaceae	0,08	0,95	0,32	1,35	0,45

Familias	Arf Relat	Drf Relat	Divf Relat	IVI 300%	IVI 100%
Celastraceae	0,08	0,63	0,48	1,19	0,40
Winteraceae	0,20	0,63	0,32	1,16	0,39
Dilleniaceae	0,10	0,63	0,32	1,05	0,35
Ericaceae	0,10	0,63	0,32	1,05	0,35
Loganiaceae	0,10	0,63	0,32	1,05	0,35
Combretaceae	0,08	0,63	0,32	1,03	0,34
Dichapetalaceae	0,08	0,63	0,32	1,03	0,34
Malpighiaceae	0,08	0,63	0,32	1,03	0,34
Boraginaceae	0,05	0,63	0,32	1,00	0,33
Staphyleaceae	0,18	0,63	0,16	0,97	0,32
Thymelaeaceae	0,10	0,63	0,16	0,89	0,30
Passifloraceae	0,08	0,63	0,16	0,87	0,29
Capparaceae	0,05	0,63	0,16	0,84	0,28
Stemonuraceae	0,28	0,32	0,16	0,76	0,25
Bignoniaceae	0,10	0,32	0,32	0,74	0,25
Achariaceae	0,08	0,32	0,32	0,71	0,24
Acanthaceae	0,13	0,32	0,16	0,60	0,20
Brunelliaceae	0,13	0,32	0,16	0,60	0,20
Simaroubaceae	0,08	0,32	0,16	0,55	0,18
Ulmaceae	0,05	0,32	0,16	0,53	0,18
Asteraceae	0,03	0,32	0,16	0,50	0,17
Magnoliaceae	0,03	0,32	0,16	0,50	0,17
Menispermaceae	0,03	0,32	0,16	0,50	0,17
Opiliaceae	0,03	0,32	0,16	0,50	0,17
Peraceae	0,03	0,32	0,16	0,50	0,17
Polygalaceae	0,025	0,316	0,160	0,502	0,167
Rhizophoraceae	0,025	0,316	0,160	0,502	0,167
Styracaceae	0,025	0,316	0,160	0,502	0,167

Anexo 4. Comparación entre las 9 parcelas establecidas en la transición andino amaxonica (Caquetá) utilizando el índice de Jaccard

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
P1	1	0.120048019	0.099226804	0.02685422	0.017718715	0	0.010192525	0.003161222	0.005025126
P2	0.120048019	1	0.070904645	0.007317073	0.005336179	0.001015228	0.00660066	0.001026694	0.003658537
P3	0.099226804	0.070904645	1	0.017735334	0.010550996	0.00554939	0.007237636	0.003363229	0.008141113
P4	0.02685422	0.007317073	0.017735334	1	0.021383648	0.019047619	0.035620053	0.020531401	0.025147929
P5	0.017718715	0.005336179	0.010550996	0.021383648	1	0.027484144	0.01463964	0.01371308	0.071523179
P6	0	0.001015228	0.00554939	0.019047619	0.027484144	1	0.142684401	0.126681614	0.049200492
P7	0.010192525	0.00660066	0.007237636	0.035620053	0.01463964	0.142684401	1	0.228947368	0.028947368
P8	0.003161222	0.001026694	0.003363229	0.020531401	0.01371308	0.126681614	0.228947368	1	0.018137848
P9	0.005025126	0.003658537	0.008141113	0.025147929	0.071523179	0.049200492	0.028947368	0.018137848	1

Anexo 5. Correlaciones de Pearson entre las variables fisicoquímicas, riqueza y biomasa aérea

Correlaciones de Pearson			
Variables		S	BA
Na	Correlación de Pearson	-0,34	-0,1
	Sig. (bilateral)	0,372	0,806
	N	9	9
Mg	Correlación de Pearson	-0,37	-0,09
	Sig. (bilateral)	0,321	0,81
	N	9	9
CIC	Correlación de Pearson	-0,55	-0,21
	Sig. (bilateral)	0,124	0,579
	N	9	9
P	Correlación de Pearson	-0,28	0,17
	Sig. (bilateral)	0,464	0,657
	N	9	9
CT	Correlación de Pearson	-0,55	-0,22
	Sig. (bilateral)	0,125	0,559
	N	9	9
logK	Correlación de Pearson	-0,51	-0,19
	Sig. (bilateral)	0,159	0,624
	N	9	9
logCa	Correlación de Pearson	-0,06	-0,2

Correlaciones de Pearson			
Variables		S	BA
pH	Correlación de Pearson	-0,58	-0,21
	Sig. (bilateral)	0,101	0,586
	N	9	9
Ar	Correlación de Pearson	0,74	0,25
	Sig. (bilateral)	0,023*	0,519
	N	9	9
L	Correlación de Pearson	0,39	0,03
	Sig. (bilateral)	0,316	0,94
	N	9	9
A	Correlación de Pearson	-0,76	-0,15
	Sig. (bilateral)	0,016*	0,701
	N	9	9
BT	Correlación de Pearson	-0,25	-0,14
	Sig. (bilateral)	0,509	0,719
	N	9	9
COS	Correlación de Pearson	0,13	-0,09
	Sig. (bilateral)	0,748	0,811
	N	9	9
AI	Correlación de Pearson	0,6	-0,29

Correlaciones de Pearson			
Variables		S	BA
	Sig. (bilateral)	0,869	0,602
	N	9	9

Correlaciones de Pearson			
Variables		S	BA
	Sig. (bilateral)	0,086	0,442
	N	9	9