

## Árboles de la estación de monitoreo de biodiversidad en el centro de investigaciones macagual (Florencia-Caquetá)

### Trees from the biodiversity monitoring station at the macagual research center (Florencia-Caquetá)

DOI: 10.34188/bjaerv4n3-064

Recebimento dos originais: 04/03/2021

Aceitação para publicação: 30/06/2021

#### **Javier Aldana García**

Biólogo de la Universidad de la Amazonia / Facultad de Ciencias Básicas

Institución: Universidad de la Amazonia

Dirección: Calle 17 Diagonal 17 con Carrera 3F - Barrio Porvenir. Florencia, Caquetá-Colombia

Correo electrónico: j.aldana@udla.edu.co

#### **Marco Aurelio Correa Munera**

Biólogo de la Universidad de Antioquia / Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Institución: Universidad de la Amazonia

Dirección: Calle 17 Diagonal 17 con Carrera 3F - Barrio Porvenir. Florencia, Caquetá-Colombia

Correo electrónico: ma.correa@udla.edu.co

#### **Esteban Álvarez Dávila**

Ingeniero Forestal de la Universidad Nacional de Medellín

Doctor en Ecología, Conservación y Restauración de Ecosistemas de la Universidad de Alcalá de Henares

Institución: Fundación ConVida

Dirección: Calle 9 # 43A-33 Oficina 306 Multicentro Aliadas. Medellín, Antioquia-Colombia.

Correo electrónico: esalvarez3000@gmail.com

#### **RESUMEN**

Se determinó la diversidad y estructura de la vegetación arbórea con  $DAP \geq 10$  cm, en la Estación de Monitoreo de Biodiversidad, ubicada en el Centro de Investigaciones Amazónicas Cesar Augusto Estrada González - MACAGUAL, Florencia-Caquetá. Su vegetación corresponde a un bosque secundario, sobre el paisaje de lomerío. El área de la parcela es de una (1) hectárea de 20x500 m. Se censaron los individuos en las subparcelas de 20x20 m, siguiendo los parámetros para el establecimiento de parcelas permanentes. Se evaluó la diversidad verdadera de orden 0, 1 y 2 ( $q=0$ ,  $q=1$  y  $q=2$ ), así como la estructura vertical y horizontal. Se censaron 569 árboles, 29 palmas y 4 arbustos, para un total de 602 individuos representados por 145 especies. La parcela cuenta con dos coberturas en diferentes estados sucesionales y una zona de transición (TN): 1) Bosque Intervenido (BI) con 16 años de recuperación, presenta mayor diversidad y estructura heterogénea, predominada por especies esciófitas; y 2) Rastrojo alto (RT), con más de 25 años de recuperación, predominado por especies pioneras y heliófilas de poblaciones abundantes.

**Palabras claves:** Macagual, bosque secundario, bosque intervenido, rastrojo, parcelas permanentes.

## ABSTRACT

The diversity and structure of the arboreal vegetation were determined with  $\geq 10$  cm DBH, at the Biodiversity Monitoring Plot, located at the Cesar Augusto Estrada González Amazon Research Center - MACAGUAL, Florencia- Caquetá. Its vegetation corresponds to a secondary forest, on the hilly landscape. The area of the plot is one (1) hectare of 20x500 m. Individuals were census in the subplots of 20x20 m, following the parameters for the establishment of permanent plots. The true diversity of orders 0, 1, and 2 ( $q=0$ ,  $q=1$ , and  $q=2$ ) was evaluated, 569 trees, 29 palms, and 4 shrubs, for a total of 602 individuals represented by 145 species. The plot has two hedges in different successional states and a transition zone (TZ): 1) Intervened forest (IF) with 16 years of retrieval, presents greater diversity and heterogeneous structure, predominated by sciophytes species; and 2) Tall Stubble (TS), with more than 25 years of recovery, predominated by pioneer and heliophils species with abundant populations.

**Keywords:** MACAGUAL, secondary forest, intervened forest, stubble, permanents plots.

## 1 INTRODUCCIÓN

Los bosques amazónicos presentan alta diversidad florística, con valores que alcanzan las 300 especies por hectárea (Gentry, 1988). Juegan un papel importante en el ciclo del carbono por sus altos aportes en la productividad primaria terrestre en el mundo, siendo un repositorio enorme de dióxido de carbono (Grace, 2004; Aragao *et al.* 2009; Pan *et al.* 2011). Con su deforestación, degradación o perturbación se propician sucesiones en las comunidades del bosque, generando dinámicas de cambio que afecta aspectos tan importantes como el ciclo hidrológico (Terradas 2001).

Actividades humanas como la ganadería, la agricultura, la fragmentación de los ecosistemas y la creación de senderos, generan impactos ecológicos que ocasionan la degradación de los bosques y la pérdida de especies (Zamora 2003). Estas dinámicas de uso del suelo, propician el aumento de la formación de bosques secundarios, luego de su abandono y representan el 1.98 % de la amazonia colombiana, con funciones ecológicas importantes como captura de carbono, recuperación de fertilidad del suelo, productos maderables y no maderables, entre otros (Murcia *et al.* 2011; Murcia *et al.* 2014).

El desconocimiento de esta diversidad florística y los procesos de transformación del bosque son parte de la problemática que conduce a la pérdida de diversidad biológica y cultural (Cárdenas *et al.* 2007). En el departamento del Caquetá existen grandes vacíos de información de algunas áreas, ya que la mayoría de los estudios florísticos se han realizado en el medio Caquetá y pocos en bosques secundarios de montaña, piedemonte y lomerío, algunos con resultados sin publicar (Cárdenas *et al.*, 2007; Pérez *et al.* 2011; Jiménez 2010; Trujillo *et al.* 2015).

En ese sentido, la Universidad de la Amazonia cuenta con el Centro de Investigaciones Amazónicas Cesar Augusto Estrada González-MACAGUAL, ubicado en Florencia-Caquetá, con aproximadamente 30.3 Ha de bosque secundario, donde se estableció una parcela permanente de

monitoreo de biodiversidad (PPMB) de una hectárea, por el Grupo de Investigación en Botánica. La presente investigación determinó y evaluó la composición y estructura de la vegetación arbórea con  $DAP \geq 10$  cm en la parcela, que incluye dos tipos de vegetación: Bosque Intervendio (BI) y Rastrojo (RT). El objetivo de este trabajo es presentar una descripción de la diversidad y estructura de los dos tipos de bosque.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio. La Estación de Monitoreo de Biodiversidad (EMB) está ubicada en el Centro de Investigaciones Amazónicas Cesar Augusto Estrada González – MACAGUAL de la Universidad de la Amazonia, en la vereda La Viciosa, municipio de Florencia-Caquetá, con coordenadas geográficas  $1^{\circ}30'4.39''$  N y  $75^{\circ}39'44.86''$  W (Figura 1). Se encuentra a 250 m.s.n.m., con precipitación promedio anual entre 3000 a 3500 mm; temperatura promedio de  $24^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa del 85.1 % (Estrada & Rosas, 2008; Martínez *et al.* 2014; Instituto Alexander von Humboldt & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IAvH & IDEAM, 2014). Los suelos son Ultisoles, con pH inferior a 4.6, porcentaje de materia orgánica en un rango medio y deficiencia de N (IGAC 1993, Calderón *et al.* 2009, Rosas *et al.* 2012).

El área corresponde a la zona de vida según Holdridge de bosque húmedo tropical bh-T, en el paisaje de lomerío, inmerso en una matriz de potreros y cultivos con pequeños relictos de bosque secundario, producto de usos del suelo como ganadería, agricultura y actividad forestal (IGAC 1993, IGAC 2014). Las dimensiones de la parcela son de 20 x 500 m, para un total de 1 hectárea, dividida en subparcelas de 20 x 20 m. Cuenta con dos tipos de coberturas vegetales: Bosque Intervenido (BI) y Rastrojo (RT), que cubren el 40% y 60% del área de la parcela, respectivamente.

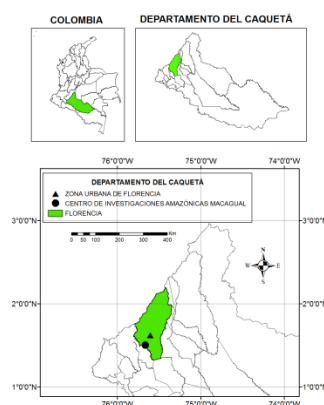


Figura 1. Ubicación del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual, Florencia-Caquetá.

**Trabajo de campo.** En los meses de agosto y septiembre de 2013 se realizó el censo de la vegetación con  $DAP \geq 10$  cm de la EMB, en el que se incluyeron árboles, palmas arbóreas y algunos

arbustos que alcanzaron el DAP (Londoño & Álvarez 1997); a los individuos se les midió el DAP y con pintura asfáltica se marcó el sitio de medición, asignando un número consecutivo fijado en placas de aluminio a una altura aproximada de 1.80 m; se estimó la altura fustal y total, todo lo anterior siguiendo los parámetros establecidos en el manual “Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia” (Vallejo *et al.* 2005), que reúnen la metodología “Tropical forest census plots” (Condit, 1998). Por último, se colectaron todos los individuos censados, siguiendo técnicas estandarizadas (Correa *et al.* 2012).

**Determinación de las muestras.** Las muestras fueron determinadas por comparación, utilizando las colecciones de referencia del Herbarios Enrique Forero - HUAZ de la Universidad de la Amazonia, el Herbario Amazónico Colombiano-COAH del Instituto SINCHI y el Herbario Nacional Colombiano-COL del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional. Algunos grupos fueron determinados por expertos en flora de la Amazonia. Adicionalmente se consultaron las bases de datos internacionales del Herbario de especímenes neotropicales del Museo de Historia Natural de Chicago y del Missouri Botanical Garden. Las muestras debidamente herborizadas se depositaron en el herbario HUAZ y sus duplicados en el COAH.

**Procesamiento de los datos.** Se estimaron tres medidas de diversidad verdadera con el número efectivo de especies  ${}^qD$  ( $q=0$ ,  $q=1$  y  $q=2$ ) con el programa en línea SpadeR (Chao *et al.* 2015). La diversidad verdadera de orden cero ( ${}^0D$ ), es el equivalente a la riqueza, por lo que  ${}^0D = S$ ; la diversidad de orden uno ( ${}^1D$ ), es el exponencial de Shannon ( ${}^1D = \exp(H')$ ), en la que todas las especies son consideradas con un peso proporcional a su abundancia; y la diversidad de orden dos ( ${}^2D$ ), que da más peso a las especies dominantes (Jost. 2006; Moreno *et al.* 2011).

Se comparó la vegetación entre subparcelas, mediante el índice de similitud de Jaccard, usando el método de aglomeración UPGMA, obtenido con el software PAST (Hammer *et al.* 2001). Con base en la similitud de la vegetación, se obtuvieron conglomerados que representan coberturas vegetales en diferentes estados sucesionales, sobre las que se realizó un análisis de varianza para el número efectivo de especies ( $\exp(H')$ ),  $q=1$ , con el test LSD Fisher con el software InfoStat (Di Riezo *et al.* 2020). La estructura horizontal y vertical se evaluó mediante el Índice de Valor de Importancia (IVI), el perfil vertical de la vegetación y las curvas de distribución diamétricas y altimétrica (Rangel & Velázquez, 1997; Londoño & Álvarez, 1997).

### 3 RESULTADOS

**Diversidad** Se censaron 569 árboles, 29 palmas arbóreas y cuatro arbustos, para un total de 602 individuos distribuidos en 32 familias, 87 géneros y 145 especies (**Anexo 1**). Las familias con mayor riqueza son Fabaceae (23 Sp), Lauraceae (11 Sp), Myristicaceae (10 Sp), Moraceae (10 Sp),

Urticaceae (9 Sp) y Euphorbiaceae (8 Sp), que acumulan el 48.6 % de las especies y reúnen el 34.21 % de la abundancia total, distribuidas mayormente en las primeras diez subparcelas (Figura 2A).

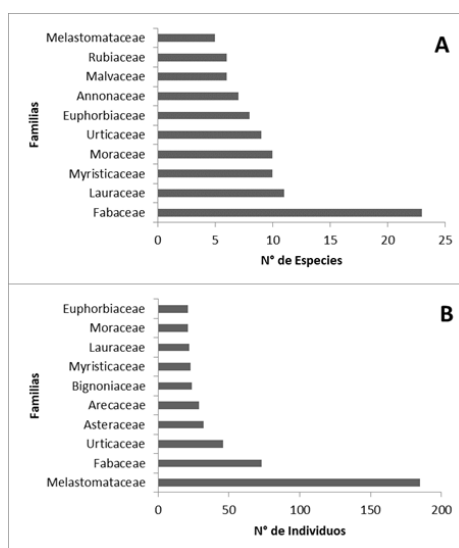


Figura 2. Familias con mayor riqueza (A) y abundancia (B), en la Estación de monitoreo de Biodiversidad, Macagual.

Las familias con mayor abundancia son Melastomataceae, Fabaceae, Urticaceae, Asteraceae, Arecaceae y Bignoniaceae, reúnen el 64.6 % de individuos y están distribuidas en la zona media y final de la parcela (Figura 2B).

La diversidad verdadera de orden 0 ( $q=0$ ) para toda la parcela es de 145 especies efectivas, 54.04 especies efectivas para el orden 1 ( $q=1$ ) y 22.21 especies efectivas para el orden 2 ( $q=2$ ), con un coeficiente de variación de 2.51%. Las diversidades específicas del orden 1 ( $q=1$ ) en las distintas subparcelas oscilan entre 3.76 (Subp 19) y 31.64 especies efectivas (Subp 5), con un coeficiente de variación de 58.8 %, presentando mayores valores en la zona inicial de la parcela. Es decir que la subparcela 19 tiene solo el 11.88 % de las especies que tiene la subparcela 5.

De acuerdo a la diversidad verdadera de orden 2, el comportamiento es similar al orden 1, en el que las subparcelas 5 y 19, presentan la mayor y menor número de especies efectivas, respectivamente.

**Estructura horizontal.** En el dendrograma formado por el coeficiente de similitud de Jaccard, se observan tres (3) agrupaciones (Figura 3). Las subparcelas 1, 2, 3, 4 y 5 forman el primer clado, con valores de similitud entre 0.02 y 0.12; las 6, 7, 8, 9 y 10 componen el segundo clado, en las que el índice de similitud aumenta hasta 0.25; y desde la subparcela 11 se conforma un gran grupo con valores de similitud de hasta 0.47.

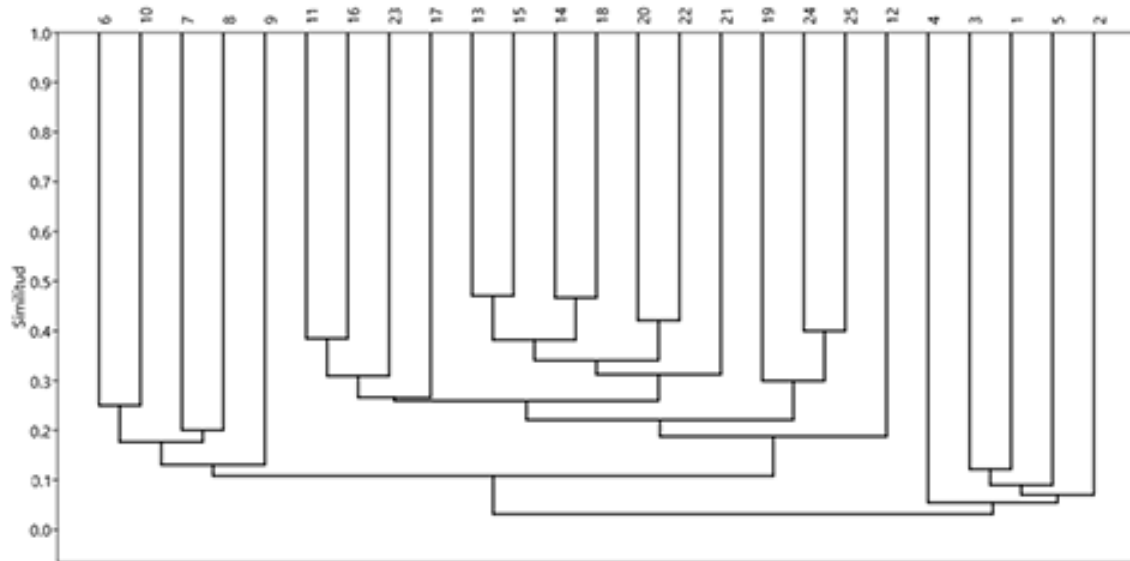


Figura 3. Dendrograma del índice de similitud de Jaccard de las subparcelas en la Estación de monitoreo de Biodiversidad de Macagual, elaborado a partir de una matriz de presencia/ausencia.

Esta organización concuerda con las prácticas de manejo que se han establecido en el área de la parcela, por lo que para efectos del análisis, las subparcelas 1, 2, 3, 4 y 5 se definieron como Bosque Intervenido (BI), las subparcelas 13, 14, 15, 16 y 17 como Rastrojo (RT), dado que son unidades muestrales que presentan continuidad espacial y las subparcelas 6, 7, 8, 9 y 10 es una zona de transición que comparte especies de las dos coberturas (TN). Entre el rastrojo (RT) y la zona de transición (TN) no existen diferencias significativas en el número de especies efectivas ( $p < 0.05$ ), pero si presentan diferencias significativas frente al bosque intervenido (BI). Entre las tres coberturas, el BI presentan mayor diversidad con un promedio de 23.65 especies efectivas, frente a 10.81 y 9.36 del TN y RT, respectivamente.

Las diez especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) en el BI, acumulan menos del 70 %, lo que refleja una comunidad heterogénea (Dueñas *et al.* 2007). *Tachigali* sp. con 8.48 % presentó el mayor IVI, seguido por *Otoba parvifolia* (7.92 %), *Virola sebifera* (7.82 %), *Virola duckei* (7.40 %) y *Protium subserratum* (6.96 %) (Tabla 1).

Tabla 1. Especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en la Estación de Monitoreo de Biodiversidad en Macagual. BI: Bosque intervenido; TN: Transición; RT: Rastrojo.

COBERTURA	ESPECIE	DOR%	DER%	FR%	IVI
BI	<i>Tachigali</i> sp.	6,94	0,73	0,81	8,48
	<i>Otoba parbifolia</i>	2,58	2,92	2,42	7,92
	<i>Virola sebifera</i>	2,48	2,92	2,42	7,82
	<i>Virola duckei</i>	2,87	2,92	1,61	7,40
	<i>Protium subserratum</i>	2,43	2,92	1,61	6,96
	<i>Protium nodulosum</i>	1,69	2,19	2,42	6,30
	<i>Inga auristellae</i>	1,01	2,19	2,42	5,62
	<i>Dialium guianensis</i>	4,05	0,73	0,81	5,59
	<i>Endlicheria sericea</i>	2,42	1,46	1,61	5,49
	<i>Pseudolmedia laevigata</i>	1,76	2,92	0,81	5,49
	<i>Henriettea fascicularis</i>	17,53	18,52	6,20	42,25
	<i>Astrocaryum murumuru</i>	12,21	13,89	7,75	33,85
	TN	<i>Pourouma cucura</i>	7,83	8,33	7,75
<i>Miconia elata</i>		3,00	7,41	4,65	15,06
<i>Casearia fasciculata</i>		4,74	4,63	4,65	14,02
<i>Tapirira guianensis</i>		6,46	1,85	3,10	11,41
<i>Jacaranda copaia</i>		6,00	0,93	1,55	8,48
<i>Inga gracilior</i>		4,64	0,93	1,55	7,11
<i>Protium subserratum</i>		1,99	1,85	3,10	6,94
<i>Pseudolmedia macrophylla</i>		1,62	1,85	3,10	6,575
<i>Piptocoma discolor</i>		26,45	15,91	8,47	50,83
<i>Henriettea fascicularis</i>		16,25	18,94	8,47	43,66
RT	<i>Inga thibaudiana</i>	14,43	10,61	8,47	33,51
	<i>Bellucia pentamera</i>	5,54	12,12	8,47	26,13
	<i>Miconia dolichorrhyncha</i>	2,64	3,79	5,08	11,51
	<i>Cecropia cf engleriana</i>	2,53	3,79	5,08	11,41
	<i>Jacaranda copaia</i>	4,03	2,27	3,39	9,70
	<i>Inga</i> sp2.	2,03	2,27	5,08	9,38
	<i>Casearia fasciculata</i>	3,18	3,03	1,69	7,91
	<i>Ficus insipida</i>	2,98	1,52	3,39	7,88

DOR%: dominancia relativa; DER%: densidad relativa; FR%: frecuencia relativa; IVI: índice de valor de importancia.

El IVI en el RT presenta una distribución diferente en las especies, respecto al BI, dado que las primeras diez especies acumulan más del 230 %. Las especies con mayor IVI, en orden descendente son: *Piptocoma discolor* (50.83 %), *Henriettea fascicularis* (43.66 %), *Inga thibaudiana* (33.51 %), *Bellucia pentamera* (26.13 %) y *Miconia dolichorrhyncha* (11.51 %) (Tabla 1).

En la zona de transición las primeras diez especies acumulan 169.6 %, siendo un valor medio entre el BI y el RT. Entre el BI y la otras dos coberturas, la diferencia radica en las altas abundancias y frecuencia que presentan algunas especies en el Rastrojo y en la zona de Transición,

El 90.86 % de los individuos se encuentran entre los 10 a 30 cm de DAP, distribuidos de manera homogénea en toda la parcela, mientras que los de mayor fuste se encuentran principalmente



en las primeras subparcelas. Al ser graficada esta distribución, se observa el comportamiento de “J” invertida (Figura 4A).

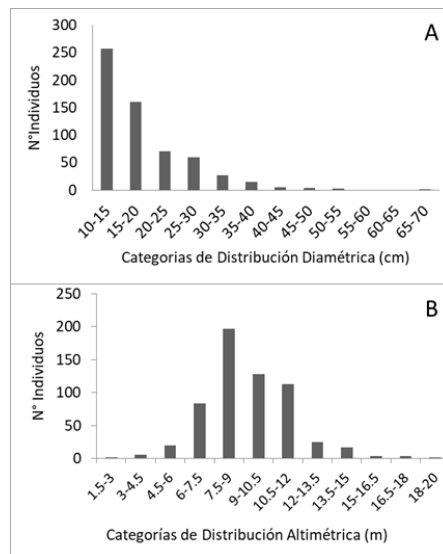


Figura 4. Distribución diamétrica (A) y altimétrica (B) de la vegetación con DAP  $\geq 10$  cm de la Estación de monitoreo de Biodiversidad en Macagual.

**Estructura vertical.** Se establecieron 12 categorías altimétricas, de las cuales el 72.75 % de los individuos se encuentran en tres de estas, entre los 7.5 a 12 m de altura, lo que podríamos reconocer como dosel y algunos árboles emergentes con alturas superiores a los 15 m (Figura 4B) (Rangel & Velázquez, 1997).

Los perfiles de la vegetación muestran que el BI tiene un dosel más alto que el RT, con especies de alto IVI como *Tachigali* sp., *Protium subserratum* y *Dialium guianense* que superan los 15 metros de altura (Figura 5A). El dosel del Rastrojo y la zona de transición, apenas supera los 10 m de altura, conformado entre otras, por las especies *Piptocoma discolor*, *Henriettea fascicularis* e *Inga thibaudiana*, *Pouruma cucura*, *Jacaranda copaia*, presentes en la mayoría de las subparcelas evaluadas (Figura 5B).

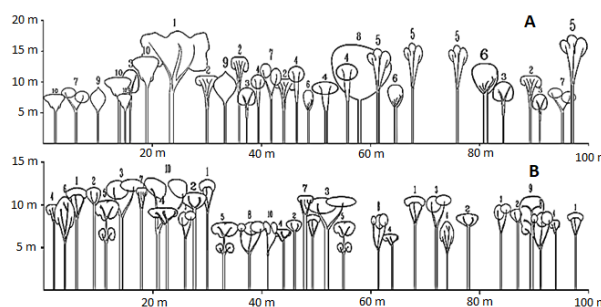


Figura 5. Perfil esquemático de la vegetación con DAP  $\geq 10$  cm en la estación de monitoreo de Biodiversidad de Macagual. A) Bosque intervenido; B) Rastrojo. Los números corresponden a los individuos con mayor IVI.



#### 4 DISCUSIÓN

La densidad en especies encontrada en la EMB, es inferior a bosques primarios de tierra firme de la amazonia colombiana y peruana, (Cano & Stevenson, 2009; Agudelo *et al.* 2011; Pallqui *et al.* 2014). Es levemente similar a la densidad encontrada por Stropp *et al.* (2011), en bosques de tierra firme del Rio Negro en Brasil, pero superior a los bosques encontrados en el Área Natural de Manejo integrado Madidi en Bolivia (De la Quintana, 2005; Calzadilla & Cayola, 2006).

Aunque la densidad de individuos por hectárea de la PPMB, supera los valores hallados en el occidente del Caquetá en bosques y relictos naturales intervenidos (597 y 560 individuos/ha, respectivamente), es superada por la densidad en bosques con mediana intervención en el piedemonte del departamento de Putumayo-Colombia (IGAC 1993, Peñuela & Jiménez, 2010).

Tanto la densidad de individuos como la de especies, se ven afectadas en las subsiguientes fases sucesionales, por las perturbaciones naturales o antrópicas de un bosque, con valores menores en rodales jóvenes frente a rodales maduros, siendo el número de especies un buen parámetro para evaluar el desarrollo de los bosques secundarios (IGAC 1993, Saldarriaga 1994, Morales *et al.* 2012). De esta manera, si comparamos el bosque de la PPMB con bosques maduros o con mediana intervención, observaremos diferencias marcadas por el tiempo de desarrollo de los bosques después de la perturbación, más cuando la perturbación en el sitio fue antrópica, lo que aumenta el impacto por deterioro del suelo y dificulta la recuperación de la diversidad (Connell, 1978, Peñuela & Jiménez, 2010, Agudelo *et al.* 2011).

De acuerdo al estudio “Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del occidente del departamento del Caquetá”, las familias más representativas encontradas en la PPMB, son características de los bosques y relictos naturales intervenidos, donde por las presiones antrópicas se produce un recambio en las especies de los bosques, hacia poblaciones en estados sucesionales posteriores a la perturbación (IGAC 1993).

De estas familias, Fabaceae es el mayor componente arbóreo de los bosques a nivel neotropical (Gentry, 1993; Milliken 1998; Quisbert & Macía, 2005; Cano & Stevenson, 2009). Las leguminosas son diversas, presentan relación simbiótica con bacterias que les ayudan a fijar nitrógeno, sus frutos son dispersados por aves y mamíferos y una vez establecidos crecen rápidamente (Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1988); Peña & Arias, 2009). En la PPMB son la familia más diversa y frecuente, con presencia en el 84 % de las subparcelas, lo que resalta su capacidad de colonizar diversos hábitats con baja fertilidad o perturbados.

Por su parte, Lauraceae, Myristicaceae y Moraceae son familias exclusivas de las primeras 10 subparcelas, a excepción de la especie *Ocotea longifolia*, *Ficus insipida* y *Brosimum guianensis*, que se encuentra al final de esta. Urticaceae está presente en 19 subparcelas, con predominio del

género *Pourouma* en las primeras subparcelas, mientras que el género *Cecropia*, predomina en la parte media y final de la parcela.

Melastomataceae presenta la mayor abundancia, dado que las especies *Henriettea fascicularis* y *Bellucia pentamera* reúnen el 24.6 % del total de árboles censados. Esta familia es una de las primeras que aparece en zonas degradadas, después de su abandono (Guariguata 2002). Fabaceae y Urticaceae, además de ser altamente diversas, ocupan el segundo y tercer lugar en abundancia, respectivamente y reúnen el 13 % entre *Inga thibaudiana*, *Zigya longifolia*, *Inga* sp6, *Cecropia engleriana*, *Pourouma cucura* y *Cecropia ficifolia*.

Las familias Asteraceae (1 Sp) y Bignoniaceae (1 Sp), aunque presentan baja diversidad, tienen 32 y 23 individuos de las especies *Piptocoma discolor* y *Jacaranda copaia*, respectivamente, distribuidos en la parte media y final de la parcela.

Aunque las Palmas presentan su mayor diversidad en los bosques tropicales, con densidades que pueden alcanzar los 168 individuos por hectárea (Galeano & Bernal 2010, Cabrera y Wallace 2007), en la Estación de monitoreo de biodiversidad solo representa el 4.81 % (29 ind) de la abundancia total, dado que las palmas de sotobosque no fueron censadas en el presente estudio y el estado sucesional de rastrojo que ocupa el 60% del área de la parcela, donde el componente de palmas no aparece en las primeras fases de la sucesión.

Según el análisis de varianza realizado con el número de especies efectivas en las dos coberturas evaluadas, el BI es más diverso que el RT, dado que presenta 2.52 veces más diversidad que el RT y este a su vez, contiene solo el 39.57 % de las especies que tiene el BI. Este comportamiento, se debe a que las familias que presentan mayor diversidad y que acumulan el 48.6 % de la riqueza y el 34.21 % de la abundancia, están distribuidas exclusivamente, con algunas excepciones, al inicio de la parcela, mientras que las familias más abundantes están en la zona media y final de la parcela.

Las subparcelas 6 a la 10, se están comportando como una zona de transición, en la que podemos encontrar tanto especies del BI como del RT. Entre estas resalta *V. sebifera*, *Protium subserratum*, *Poruruma cucura*, *Otoba parvifolia*, *Endlicheria seríce*a, *Henriettea fascicularis*, *Miconia elata*, *Casearia fasciculata*, *Tapirira guianensis*, *Jacaranda copaia*, *Piptocoma discolor*, entre otras. Tanto el índice de similitud de Jacard como el análisis de varianza, sugieren que su diversidad se encuentra más relacionada con el rastrojo. Esta situación es probable que se produzca por el rápido crecimiento de las especies pioneras y heliofitas, que encontraron condiciones para su establecimiento por la remoción parcial de la cobertura y han empezado a generar condiciones para el crecimiento de juveniles y el establecimiento de plántulas del bosque intervenido.

De acuerdo a la información proporcionada por funcionarios del Centro de Investigaciones Macagual, quienes laboraron en el sitio por más de 25 años, el relicto de bosque donde está ubicada la parcela permanente de monitoreo, ha tenido varios procesos de perturbación. En la zona inicial de la parcela se extrajeron selectivamente los árboles de mayor porte en el año 2003 con la conservación de la mayor parte de la cobertura vegetal, por tal motivo se clasificó como Bosque Intervenido (BI). Esto explica la presencia de especies esciófitas con individuos de gran porte y la presencia exclusiva de 84 especies en esta zona, características de los bosques naturales del occidente del Caquetá (IGAC 1993).

Este es el caso de especies como *Tachigali* sp. y *Dialium guianense*, que a pesar de contar cada una con un individuo, lo equivalente a baja densidad y frecuencia relativa, son los individuos con mayor DAP (69.14 cm y 52.84 cm), lo que les proporciona un IVI alto en el BI. Este patrón en el que pocas especies con pocos individuos de gran porte ocupan altos valores de importancia ecológica, se observa en otros bosques tropicales, sugiriendo un comportamiento heterogéneo dentro del ecosistema (Dueñas *et al.* 2007; Ariza *et al.* 2009).

*Otoba parbifolia* y *Pseudolmedia laevigata* expresan valores altos en el IVI de la parcela, siendo exclusivas de bosques de tierra firme en la amazonia preandina en Acre Madre de Dios (Araujo *et al.* 2015;). *Virola sebifera* y *P. laevigata* son definidas como esciófitas parciales en un bosque secundario pluvial andino, con alta tasa de crecimiento diamétrico y baja mortalidad en la categoría de latizal. Estos individuos posiblemente no fueron talados en el momento de la intervención antrópica y han utilizado el recurso radiación solar, de acuerdo a la posibilidad en el momento de la creación de los claros (Sáenz *et al.* 1999; Giraldo, 2001; Peñuela y Jiménez 2010).

La zona media y final de la parcela, se utilizó para la producción ganadera por más de cinco años, con un proceso de recuperación de más de 25 años; además en este sitio se han desarrollado propuestas agroforestales, evidenciado en la presencia de individuos de la especie *Capirona decorticans*, sembradas en el sitio bajo los proyectos desarrollados por CORPOICA. Esta área se clasificó como Rastrojo (RT), con presencia abundante de especies pioneras y heliofitas.

Con el valor más alto en el IVI, *Piptocoma discolor* es una de las especies pioneras, que predomina el Rastrojo con 21 individuos. Según Aguirre *et al.* (2014), esta especie presenta una tasa de supervivencia y crecimiento anual alta, lo que podría explicar su alta dominancia en la Estación de monitoreo, sin embargo, es una especie transitoria, con una vida de 6 a 8 años.

*Inga thibaudiana* también requiere alta radiación solar para su desarrollo (heliófita durable), esta característica la relaciona estrechamente con zonas intervenidas y hace que sus poblaciones sean abundantes (Morales, 2010; Morales *et al.* 2013; Peña & Arias, 2009). *Bellucia pentamera*

pertenece igualmente a este gremio, además es indicadora de suelos degradados y facilitadora de su rehabilitación (Yepes *et al.* 2007; Escobar *et al.* (como se citó en Pérez *et al.* 2011).

*Cecropia engleriana* y *C. ficifolia* presentan alta importancia ecológica ocupando el séptimo y undécimo lugar en el IVI. Las especies del género *Cecropia* son árboles considerados pioneros en los bosques neotropicales, que crecen luego de ser abandonado un terreno o cuando se abre un claro y mueren durante los primeros 20 años de la sucesión (Cornelis *et al.* 2005; Saldarriaga, 1994).

*Jacaranda copaia* es una especie heliófita durable, que aparece en los bosques de tierra firme del Alto Río Negro en los rodales entre los 20 a 40 años y domina durante los siguientes 50 años, por lo que puede llegar a ocupar un alto valor ecológico en bosques primarios y secundarios (Morales, 2010; Saldarriaga, 1994; Yepes *et al.* 2007).

Es importante resaltar que los individuos con mayor DAP y Altura Total, se encuentran ubicados en las primeras diez subparcelas (BI), donde la perturbación no fue total y la estructura del suelo se mantuvo a pesar de la intervención. En contraste, el 90.86 % de los individuos con menor DAP están distribuidos de manera homogénea en toda la parcela.

El comportamiento de “J” invertida en la distribución diamétrica, es un patrón típico de los bosques tropicales, con la mayor cantidad de individuos en las clases menores, pero también puede ser interpretado como el proceso de recuperación en el que se encuentra el bosque, después de la extracción selectiva de madera, que disminuye los elementos de gran porte (Mosquera *et al.* 2007, Flores *et al.* 2016, Bonilla *et al.* 2011)

## 5 CONCLUSIONES

La estación de monitoreo de Biodiversidad de Macagual (EMBM), tiene la particularidad de corresponder a un relicto de bosque secundario con capacidad de regeneración continua, ubicado en el paisaje de lomerío de piedemonte amazónico, donde las actividades productivas e investigativas realizadas por CORPOICA, han incidido en su estructura y diversidad actual.

La diversidad entre el bosque intervenido (BI) y el rastrojo (RT) presenta diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), siendo el BI más diverso. Esta diferencia atiende a las dinámicas de uso del suelo que definen la sucesión ecológica. De esta manera, el Bosque Intervenido presenta una estructura heterogénea con una comunidad vegetal más equitativa, predominada por especies esciófitas con individuos de mayor porte y poblaciones menos abundantes, como *Tachigali* sp., *Otoba parbifolia*, *Dialium guianense* y *Virola sebifera*; en contraste, en el Rastrojo presenta una estructura predominada por especies pioneras y heliofitas de menor porte, con poblaciones abundantes que alcanzan altos valores en el IVI y requieren de mayor intensidad lumínica para su

desarrollo, como es el caso de *Piptocoma discolor*, *Cecropia ficifolia*, *Cecropia engleriana*, *Bellucia pentámera*, entre otras.

Existe una zona que se comporta como un ecotono, recepcionando especies del bosque intervenido y del rastrojo, con presencia exclusiva de *Astrocaryum murumuru* y un cuerpo de agua con capacidad de anegar parte de la subparcela seis.

A futuro es necesario hacer estudios que describan la recuperación de las características funcionales del bosque, estimen las tasas de mortalidad, crecimiento e inclusión.

## REFERENCIAS

- Agudelo, E. J., Cardenas, D., & Duque, A. J. (2011). Riqueza y diversidad arbórea del bosque de tierra firme en el parque nacional natural Amacayacu, Amazonia Colombia. *Revista Colombia amazónica*, 4, 97-104.
- Aguirre, Zhofre., León, N., Palacios, B. & Aguirre, N. (2014). Dinámica de crecimiento de 29 especies forestales en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista CEDAMAZ*, 18-36.
- Aragao, L. E. O. C., Malhi, Y., Metcalfe, D. B., Silva-Espejo, J. E., Jiménez, E., Navarrete, D., Almeida, S., Costa, A. C. L., Salinas, N., Phillips, O. L., Anderson, L. O., Álvarez, E., Baker, T. R., Goncalvez, P. H., Huamán-Ovalle, J., Mamani-Solórzano, M., Meir, P., Monteagudo, A., Patiño, S., Peñuela, M. C., Prieto, A., Quesada, C. A., Rozas-Dávila, A., Rudas, A., Silva Jr, J. A. y Vásquez, R. (2009). Above- and below-ground net primary productivity across ten Amazonian foresto on contrasting soils. *Biogeosciences*, 6, 2759-2778.
- Araujo, A., Villarroel, D., Pardo, G., Vos, V. A., Parada, G. A., Arroyo, L. & Killeen, T. (2015). Diversidad arbórea de los bosques de tierra firme de la amazonia boliviana. *Revista Kempffiana*, 11(1), 1-28.
- Arias, D. (2004). Estudio de las relaciones altura-diametro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la zona sur de Costa Rica. *Kurú*, 1(2), 1-11.
- Ariza, W., Toro, J. L. & Loes, A. (2009). Análisis florístico y estructural de los bosques premontanos en el municipio de Amalfi (Antioquia, Colombia). *Revista Colombia forestal*, 12, 81-102.
- Cabrera, W. H. & Wallace, R. 2007. Densidad y distribución espacial de palmeras arborescentes en un bosque preandino-amazónico de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 42(2), 121-135.
- Calderón, C., Correa, M. A. y Muñoz, J. (2009). Potencial del banco de semillas en la restauración natural de la Estación de Monitoreo de Biodiversidad del Centro de Investigaciones Amazónicas Macagual (Florencia-Caquetá, Colombia). *Momentos de ciencia*, 6(1), 21-31.
- Calzadilla, M. H. & Cayola, L. (2006). Estructura y composición florística de un bosque amazónico de pie de monte, área natural de manejo integrado Madidi, La Paz-Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 41(2), 117-129.
- Cano, A. & Stevenson, P. R. (2009). Diversidad y composición florística de tres tipos de bosque en la estación biológica Caparú, Vaupés. *Revista Colombia forestal*, 12, 63-80.
- Cárdenas, D., López, R., Marín, C. A., Arias, J. C. & Sua-Tunjano, S. (2007). Botánica en la amazonia colombiana: doscientos años después de Martius. *Colombia amazónica*, 0, 1-30.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1988). *Legume-Rhizobium Symbiosis Methods Manual for Evaluation, Selection, and Agronomic Management*. Recuperado de [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/2015/37655i\\_pastos.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/37655i_pastos.pdf)
- Chao, A., Ma, K. H., Hsieh, T. C. and Chiu, C. H. (2015) Online Program SpadeR (Species-richness Prediction And Diversity Estimation in R). Program and User's Guide published at [http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software\\_download/](http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/).



Condit, R. (1998). Tropical forest census plots: methods and results from Barro Colorado Island, Panamá and a comparison with other plots. Berlín, Alemania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg and R.G. Landes Company Georgetown.

Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199(4335), 1302-1310.

Cornelis, C. B., Franco, P. & Davidson, D. W. (2005). *Cecropia*. *Flora neotropical*, 94, 1-230.

Correa, M. A., Trujillo, E. & Frausin, G. (2012). Plantas del Campus Uniamazonia-Catálogo ilustrado. Florencia, Colombia: Editorial Universidad de la Amazonia.

De la Quintana, D. (2005). Diversidad florística y estructural de una parcela permanente en un bosque amazónico preandino del sector del Río Hondo, Área Natural de Manejo Integrado Madidi (La Paz, Bolivia). *Ecología en Bolivia*, 40(3), 418-442.

Del Valle, J. I., Restrepo, H. I. & Londoño, M. M. 2011. Recuperación de la biomasa mediante la sucesión secundaria, cordillera central de los Andes, Colombia. *Biología tropical*, 59(3), 1337-1358.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Díez, M. F. & Correa, M. A. (2008). Aporte de hojarasca en la estación de monitoreo de biodiversidad, Centro de Investigaciones Amazonicas Macagual. *Momentos de ciencia*, 5(2), 62-69.

Dueñas, A., Betancur, J. & Galindo, R. (2007). Estructura y composición florística de un bosque húmedo tropical del parque nacional natural Catatumbo Barí, Colombia. *Revista Colombia forestal*, 10(20), 26-39.

Estrada, C. A. & Rosas, G. (2008). Centro de investigaciones amazónicas Macagual (CIMAZ). *Momentos de ciencias*, 5(1-2), 4-9.

Galeano, G. & Bernal, R. (2010). Palmas de Colombia Guía de campo. Bogotá D. C., Colombia: Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Gentry, A. H. & Ortiz, R. (1993). Patrones de composición florística en la amazonia peruana. En: Kalliola, R., Puhakka, M., & Danjoy, W. (Ed.), *Amazonia Peruana vegetación húmeda tropical en el llano subandino*. Jyväskylä, Finlandia: Universidad de Turku, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.

Gentry, A. H. (1988). Changes in plant community and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri botanical garden*, 75(1), 1-34.

Gentry, A. H. (1993). A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú). Washington D. C., Estados Unidos: The University of Chicago Press.

Giraldo, D. (2001). Análisis florístico y fitogeográfico de un bosque secundario pluvial andino, cordillera Central (Antioquia, Colombia). *Darwiniana*, 39(3-4), 187-199.



Grace, J. (2004). Understanding and managing the global carbón cycle. *Journal of Ecology*, 92, 189-202.

Instituto Alexander von Humboldt & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). Informe técnico final de clima insumos y bases de datos SIG: levantamiento de inventarios de estaciones meteorológicas en el país, control de calidad de las bases de datos de información climática, análisis de la climatología nacional y generación de productos cartográficos. Recuperado de <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9579/13-13-014-093CE.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Jiménez, D. A. (2010). Inventario florístico y análisis de la sustentabilidad de rastrojos de lomerío en tres municipios del departamento del Caquetá. (Tesis de pregrado). Universidad de la Amazonia. Florencia, Colombia.

Llerena, C. & Malleux. (1984). Relación DAP-ALTURA comercial en bosques tropicales del Perú. *Revista forestal del Perú*, 12(1-2), 1-11.

Londoño, A. C. y Álvarez, E. (1997). Composición florística de dos bosques (tierra firme y várzea) en la región de Araracuara, amazonia colombiana. *Caldasia*, 19(3), 431-463.

Martínez, N., Romero, J. A., Rodríguez, R. A., Machado, J., y Robles, J. (2014). Medios biofísicos. en: Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (Ed.), *Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Caquetá, escala 1:100.000* (pp 61-139). Bogotá, Colombia: Instituto geográfico Agustín Codazzi.

Milliken, W. (1998). Structure and composition of one hectare of central Amazonian terra firme forest. *Biotropica*, 30(4), 530-537.

Morales, M. (2010). Composición florística, estructura, muestreo diagnóstico y estado de conservación de una cronosecuencia de bosques tropicales del corredor biológico Osa, Costa Rica (Tesis de pregrado). Instituto tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Morales, M. S., Vilchez, B., Chazdon, R. L., Ortiz, E. & Guevara, M. (2013). Estructura, composición y diversidad vegetal en bosques tropicales del corredor biológico Osa, Costa Rica. *Revista forestal mesoamericana Kurú*, 10(24), 1-13.

Morales-Salazar, M., B. Vilchez-Alvarado., R. L. Chazdon., M. Ortega-Gutiérrez., E. Ortiz-Malavassi. & M. Guevara-Bonilla. 2012. Diversidad y estructura horizontal en los bosques tropicales del corredor de Osa, Costa Rica. *Revista forestal mesoamericana Kurú*, 9(23): 19-28.

Mosquera, L. J., Robledo, D. & Asprilla, A. (2007). Diversidad florística de dos zonas de bosque tropical húmedo en el municipio de Alto Baudó, Chocó-Colombia. *Revista Acta biológica colombiana*, 12(3), 75-90.

Murcia, U. G., Huertas, C. M., Rodríguez, J. M., & Augusto, H. O. (2011). Monitoreo de bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, a escala 1:100.000. Cambios multitemporales en el periodo 2002 al 2007. Bogotá D. C., Colombia: Instituto amazónico de investigaciones científicas Sinchi.

Murcia, U. G., Medina, R. M., Rodríguez, J. M., Castellanos, H. O., Hernández, A. M. & Herrera, E. V. (2014). Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia colombiana, a escala

1:100.000. Datos del periodo 2012. Bogotá D. C., Colombia: Instituto amazónico de investigaciones científicas Sinchi.

Pallqui, N. C., Monteagudo, A., Phillips, O., López, G., Cruz, L., Galiano, G., Chavez, W. & Vásquez, R. (2014). Dinámica, biomasa y composición florística en parcelas permanentes Reserva Nacional Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Revista peruana de biología*, 21(3), 235-242.

Pan, Yude., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W., McGuire, A. D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333, 988-993.

Peña, C. P. & Arias, J. C. (2009). Las leguminosas amazónicas y su importancia en la recuperación de suelos. *Revista Colombia amazónica*, 2, 161-172.

Peñuela, M. C. & Jiménez, E. M. (2010). Plantas del centro experimental CEA Mocoa, Putumayo. Bogotá D.C., Colombia: Editorial Panamericana formas e impresos.

Pérez, K. A., Correa, M. A. & Trujillo, E. (2011). Estructura y composición de la comunidad vegetal en la reserva natural el Manantial (Florencia-Caquetá). *Momentos de ciencia*, 8(2), 84-91.

Quisbert, J. & Mací, M. J. (2005). Estudio comparativo de la composición florística y estructural del bosque de tierra firme en dos sitios de tierras bajas de Madidi. *Ecología en Bolivia*, 40(3), 339-364.

Rangel, O. & Velázquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. En Rangel, O., Lowy, P. D. & Mauricio, A. (Ed.), *Colombia diversidad biótica II* (pp. 59-87). Bogotá, Colombia: Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Rosas, P. G., Rodríguez, P. W. y Muñoz, R. J. 2012. Caracterización edafológica de lomeríos bajo sistema agroforestal y rastrojo en el centro de investigaciones Amazónicas Macagual, Caquetá Colombia. *Momentos de ciencia*, 9(2), 153-161

Sáenz, G., Finegan, B. & Guariguata, M. (1999). Crecimiento y mortalidad en juveniles de siete especies arbóreas en un bosque muy húmedo tropical intervenido de Costa Rica. *Revista Biología tropical*, 47(1-2), 45-57.

Saldarriaga, J. G. (1994). Recuperación de la selva de tierra firme en el alto río Negro amazonia colombiana-venezolana. Santa Fé de Bogotá: Editorial Presencia.

Stropp, J., Van der Sleen, P., Assuncion, P. A., Lopes da Silva, A. & Ter Steege, H. (2011). Comunidades de árboles en florestas de campinarana e de terra-firme do alto Rio Negro. *Acta amazónica*, 41(4), 521-544.

Terradas, J. (2001). *Ecología de la vegetación. De la eco fisiología de las plantas a la dinámica de paisajes y comunidades*. Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A.

Trujillo, W., Tovar, K., Vargas, V. & Trujillo, E. (2015). Estudios florísticos y taxonómicos en el piedemonte andino del departamento del Caquetá. *Momentos de ciencias*, 12(1), 43-53.

Vallejo, M. I., Londoño, A. C., López, R., Galeano, G., Álvarez, E. & Devia, W. (2005). Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Bogotá D. C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt IAvH.

Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. & Umaña, A. M. Segunda edición. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Yepes, A. P., Jaramillo, S. L., Del Valle, J. & Orrego, S. A. (2007). Diversidad y composición florística en bosques sucesionales andinos de la región del río Porce, Colombia. *Actualidades biológicas*, 29:(86), 107-117.

Zamora, P. (2003). Contribución al estudio florístico y descripción de la vegetación del municipio de Tenabo, Campeche, México. *Polibotánica*, 15, 1-40.