



## Estructura y composición florística de bosques asociados a especies de *Theobroma* en la Amazonía colombiana

### Structure and floristic composition of forests associated to *Theobroma* species in the Colombian Amazon

Jairo Rojas Molina<sup>1\*</sup>, Pablo Fernando Ramos Calderon<sup>2</sup>, Mauricio Andrés Castro Zabala<sup>2</sup>, Allende Pesca Moreno<sup>3</sup>, Yeraldine Vargas Valenzuela<sup>2</sup>, Laura Escobar Pachajoa<sup>1</sup>

#### Abstract

The objective of this work was to evaluate the structure, composition and biodiversity of forests associated with wild species of *Theobroma* in the Colombian Amazon. Five circular plots with a diameter of 25.24 m (500 m<sup>2</sup>) were established in the municipality of Cartagena de Chairá department of Caquetá, and in the municipality of Puerto Leguizamo, department of Putumayo. 190 individuals associated to wild *Theobroma* species were registered in the Colombian Amazon, distributed in 35 families, 85 genera, and 123 species. The most representative species found were *Iryanthera laevis*, with 8 individuals; *Brosimum* cf. *potabile*, with 7 individuals; *Eschweilera albiflora*, with 6 individuals; *Iryanthera crassifolia*, with 5 individuals, and *Neea parviflora*, *Theobroma glaucum* and *Parinari campestris*, with 4 individuals each. Of the 35 families found in the study area, the most representative for their IVI were Moraceae (41.04), Fabaceae (37.31), Myristicaceae (34.33), Malvaceae (26.53), Burseraceae (24.67), Lecythidaceae (17.07), Lauraceae (13.47), and Rubiaceae (12.40). The diversity index of Shannon (H) exhibited the following values for the established plots: Palmichales (3.38), El Jordán (3.16), El Guamo (3.58), Las Vegas (3.34), and La Cocha (3.51). Shannon's diversity values showed that the forests of El Guamo and La Cocha have a high degree of diversity (3.58 and 3.51 respectively). The phytosociological and importance value indices allowed the identification of four outstanding tree species *Iryanthera laevis*, *Brosimum* cf. *potabile*, *Eschweilera albiflora* and *Iryanthera crassifolia*, which somehow represent a potential for the conservation of native cocoa materials.

**Key words:** Floristic composition, diameter distribution, importance value index (IVI), diversity indexes, structure, *Theobroma*.

#### Resumen

Conocer estructuralmente el bosque permite entender la relación natural entre especies nativas y silvestres del género *Theobroma*; sin embargo, resulta escasa la información sobre el particular en regiones tropicales. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la estructura, composición y diversidad de bosques asociados a los taxones silvestres de *Theobroma* en la Amazonía Colombiana. Se establecieron cinco parcelas circulares de 25.24 m de diámetro (500 m<sup>2</sup>) en el municipio Cartagena de Chairá departamento del Caquetá y en el municipio Puerto Leguizamo, departamento de Putumayo. Asociados a especies silvestres de *Theobroma* en la Amazonía Colombiana se registraron 190 individuos, distribuidos en 35 familias, 85 géneros y 123 especies. Las familias con mayor índice de valor de importancia fueron Moraceae (41.04), Fabaceae (37.31), Myristicaceae (34.33), Malvaceae (26.53), Burseraceae (24.67), Lecythidaceae (17.07), Lauraceae (13.47) y Rubiaceae (12.40); en cuanto a las especies destacaron por su IVI *Iryanthera laevis*, *Brosimum* cf. *potabile*, *Eschweilera albiflora*, *Iryanthera crassifolia*, *Neea parviflora*, *Theobroma glaucum* y *Parinari campestri*. Los valores de diversidad de Shannon mostraron que los bosques de El Guamo y La Cocha presentan un alto grado de diversidad (3.58 y 3.51, respectivamente). Los índices fitosociológicos y de valor de importancia permitieron identificar cuatro taxones arbóreos sobresalientes: *Iryanthera laevis*, *Brosimum* cf. *potabile*, *Eschweilera albiflora* e *Iryanthera crassifolia*; los cuales de alguna manera representan un potencial para la conservación de materiales criollos de cacao.

**Palabras clave:** Composición florística, distribución diamétrica, estructura, índices de diversidad, índice de valor de importancia (IVI), *Theobroma*.

Fecha de recepción/Reception date: 12 de febrero de 2021

Fecha de aceptación/Acceptance date: 30 de junio de 2021

1Centro de Investigación La Suiza, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Colombia.

2Centro de Investigación Nataima, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. Colombia.

3Centro de Investigación La Libertad, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia. Colombia.

\*Autor para correspondencia; correo-e: [jrojas@agrosavia.co](mailto:jrojas@agrosavia.co)

## Introducción

La Amazonía Colombiana es considerada una de las regiones con mayor biodiversidad y endemismo (Ter Steege *et al.*, 2013). Esta diversidad de especies en los bosques tropicales húmedos es fundamental para su funcionamiento, resiliencia y capacidad de proporcionar bienes y servicios (Gómez *et al.*, 2018). Sin embargo, la ganadería, los cultivos ilícitos y la tala ilegal han provocado su deforestación a un ritmo sin precedentes en Colombia, lo que afecta considerablemente la diversidad florística (Gómez *et al.*, 2018, González-Orozco *et al.*, 2020).

Los bosques de la Amazonía se caracterizan por su gran riqueza florística, faunística y por albergar una amplia variedad de productos forestales maderables y no maderables de inmensurable valor (González-Orozco *et al.*, 2020). La información sobre la estructura y composición florística es una herramienta importante para la evaluación del potencial de un bosque y su definición de estrategias de manejo (Mena *et al.*, 2020). Esto se obtiene a través de ciertos parámetros como la diversidad, frecuencia, densidad, dominancia, distribución diamétrica y espacial que muestran el desarrollo de los bosques (Dionisio *et al.*, 2016).

En este contexto, es importante conocer estructuralmente el bosque para entender la relación natural de las especies nativas con las silvestres del género *Theobroma*. Actualmente, hay algunos estudios de biodiversidad que involucran diferentes taxones de *Theobroma*, entre ellos: *Theobroma cacao* L. "especie cultivada" (Sánchez *et al.*, 2016); *Theobroma grandiflorum* (Wild. ex Spring) Schum (Peña y Alegre, 2017) y *Theobroma subincanum* Mart (Vela, 2019). No obstante, en regiones tropicales resulta escasa la información sobre las relaciones entre ellas

(Gómez *et al.*, 2018) con especies nativas de los bosques, en este caso los de las regiones de Caquetá y Putumayo.

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la estructura, composición y diversidad de bosques asociados a especies silvestres de *Theobroma* en la Amazonía Colombiana.

## **Materiales y Métodos**

### **Área de estudio**

El estudio se realizó en el municipio Cartagena de Chairá departamento de Caquetá, donde se establecieron tres parcelas de muestreo en la zona del bajo Caguán; particularmente, en las veredas Palmichales, El Jordán y El Guamo. Dos parcelas más, se establecieron en el municipio Puerto Leguízamo, departamento de Putumayo en las veredas Las Vegas y La Cocha (Figura 1). Las zonas de estudio en el Caquetá y Putumayo presentan una altitud que varía entre 181 y 228 m. La vegetación corresponde a un bosque húmedo tropical (bh-T) (Holdridge, 2000), que conformaba un bosque natural secundario, sin entresaca subdividido en las categorías: bosque de mesón (El Jordán, El Guamo y La Cocha) y bosque de vega (Palmichales, Las Vegas).





## **Métodos de muestreo**

Los sitios de muestreo se seleccionaron localizando especies del género *Theobroma* que se desarrollan en sus condiciones naturales. Esos especímenes se consideraron como eje central para el establecimiento de cinco parcelas circulares de 25.24 m de diámetro (500 m<sup>2</sup>), lo anterior con base en la metodología adaptada de Barreto *et al.* (2018). En los sitios de muestreo se inventariaron todos los individuos arbóreos con diámetro a la altura del pecho (*DAP*) superior a  $\geq 10$  cm, el cual se midió con cinta diamétrica *Forestry Suppliers*, y altura total (m) con un hipsómetro *Suunto Pm-5*.

Se colectaron muestras de ramas jóvenes, hojas, flores y frutos de las especies presentes (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2021). El material colectado se identificó en el Herbario del Museo de Historia Natural de Unidades con apoyo del Herbario Amazónico Colombiano (COAH), del Instituto de Investigaciones Amazónicas–SINCHI.

## **Composición y diversidad florística**

A partir de información primaria se caracterizaron florísticamente las parcelas, con el fin de identificar la composición de las especies y analizar su estructura horizontal y vertical. Se cuantificó el número de individuos y se determinó a qué familia, género y especie pertenecían (Cano y Stevenson, 2009).



## **Estructura horizontal**

La estructura horizontal se analizó mediante la abundancia, frecuencia y dominancia discriminadas en su valor absoluto y relativo (Mena *et al.*, 2020). Con base en estas variables, se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI), dado por la suma de los parámetros expresados en porcentaje de la abundancia, frecuencia y dominancia relativa (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2021).

La diversidad florística se determinó mediante el índice de riqueza de *Shannon* ( $H'$ ), el índice inverso de *Simpson* ( $1/D$ ), por lo cual se debe interpretar la tendencia a la diversidad con valores mayores del índice; y el índice estructural de diversidad de *Margalef*. Para comparar la composición florística o similitud entre los fragmentos, se calculó el Índice de similitud de *Jaccard* ( $J$ ) (Magurran, 1988).

## **Estructura vertical**

Se realizó un análisis de la distribución de diámetro y altura, a partir de la distribución en clases diamétricas y altimétricas (Manzanilla *et al.*, 2020). Posteriormente, se analizó la estratificación vertical que refleja la distribución de las copas en el perfil vertical respecto a los árboles de cacao nativo, con base en la metodología IUFRO (*International Union of Forest Research Organizations*); las especies presentes se distribuyeron en tres estratos: estrato superior, con un intervalo de altura total mayor o igual a 10 m; estrato medio, de 6 a 10 m; y estrato inferior, menor a 6 m de altura. Una vez que se consolidó la estratificación, con base en las fórmulas planteadas en el Cuadro 1, se calcularon los valores y la posición fitosociológica.

**Cuadro 1.** Indicadores fitosociológicos (Jerez *et al.*, 2011).

Indicador	Fórmula	Descripción
Valor fitosociológico	$VF = \frac{n}{N}$ (a)	<p><math>VF</math> = Valor fitosociológico</p> <p><math>n</math> = Número de individuos del sustrato</p> <p><math>N</math> = Número total de individuos de todas las especies</p>
Posición sociológica absoluta de la especie	$PSa = VF(i) * n(i) + VF(m) * n(m) + VF(s) * n(s)$ (b)	<p><math>PSa</math> = Posición sociológica absoluta de la especie</p> <p><math>VF</math> = Valor fitosociológico del sustrato</p> <p><math>N</math> = No. de individuos de cada especie</p> <p><math>I</math> = Inferior</p> <p><math>m</math> = Medio</p> <p><math>s</math> = Superior</p>
Posición sociológica porcentual de la especie	$PS\% = PSa / \Sigma PSa$ (c)	<p><math>PS\%</math> = Posición sociológica porcentual de la especie</p> <p><math>PSa</math> = Posición sociológica absoluta de la especie</p> <p><math>\Sigma PSa</math> = sumatoria total de los valores absolutos</p>

## Resultados y Discusión

### Composición florística

**Estructura horizontal.** En las cinco parcelas de muestreo establecidas en el Caquetá y Putumayo, se registraron 190 individuos, distribuidos en 35 familias, 85 géneros y 123 especies. Las familias con mayor número de taxones fueron Moraceae, Fabaceae, Myristicaceae, Malvaceae, Burseraceae, Lauraceae y Rubiaceae que en su conjunto agruparon 56 % del total de árboles inventariados (**Cuadro 2**).

**Cuadro 2.** Familias dominantes basadas en el Índice de Valor de Importancia (IVI), número de géneros, especies e individuos en parcelas de Caquetá y Putumayo, Amazonía Colombiana.

<b>Familia</b>	<b>Género</b>	<b>Especie</b>	<b>Individuos</b>	<b>IVI 300 %</b>
Moraceae	7	10	18	41.04
Fabaceae	6	13	17	37.31
Myristicaceae	5	9	25	34.23
Malvaceae	6	10	15	26.53
Burseraceae	5	9	14	24.67
Lecythidaceae	2	4	12	17.07
Lauraceae	6	9	9	13.47
Rubiaceae	7	8	10	12.40
Urticaceae	4	6	7	11.77
Sapotaceae	3	7	7	11.03
Subtotal	51	85	134	229.52
Familias restantes	35	38	56	70.48
<b>Total general</b>	<b>85</b>	<b>123</b>	<b>190</b>	<b>300</b>

Similar a lo registrado en la presente investigación, en estudios de la vegetación de paisajes en la Amazonía Colombiana se citan entre las familias con mayor cantidad de especies a Moraceae, Rubiaceae, Burseraceae, Fabaceae y Lauraceae (Cano y Stevenson, 2009; Meza y Armenteras, 2018). En bosques tropicales de la Amazonía Brasileira se observó que una de las familias con mayor valor de importancia es Fabaceae, la cual en muchos casos tiene el mayor número de especies, al igual que otras familias como Lauraceae, Sapotaceae y Lecythidaceae (Carim *et al.*, 2013). En el caso de las parcelas de Caquetá y Putumayo, a Fabaceae fue la mejor representada con 13 especies y sobresalió con la mayor cantidad de géneros (6), además tuvo el segundo valor en importancia ecológica después de la familia Moraceae (Cuadro 2).



Al realizar un análisis del IVI familiar por parcela se observó que Fabaceae destacó entre las seis familias más importantes para las cinco parcelas en estudio y registró el IVI más alto en tres de ellas (P1-Palmichales, P3-El Guamo y P4-Las Vegas), el taxón con más especies perteneció al género *Inga*. En la evaluación de la composición arbórea de taxones asociados al cacao criollo en bosques secundarios de México, y de la zona amazónica de Brasil y Ecuador se ha consignado a Fabaceae como una de las familias botánicas con mayor número de especies (Roa *et al.*, 2009; Veiga *et al.*, 2015; Paredes *et al.*, 2020; Avendaño-Arrazate *et al.*, 2021; Imaña *et al.*, 2021).

*Iryanthera laevis* Markgr, con ocho individuos; *Brosimum* cf. *potabile* Ducke, con 7 individuos; *Eschweilera albiflora* (DC.) Miers, con seis individuos; *Iryanthera crassifolia* A.C.Sm., con cinco individuos; *Neea parviflora* Poepp. & Endlicher, *Theobroma glaucum* H. Karst. y *Parinari campestris* Aubl., con 4 individuos cada una fueron las más representativas por su abundancia. *Iryanthera laevis*, *Ficus trigona* L.F, *Brosimum* cf. *potabile*, *Theobroma subincanum* Mart y *Eschweilera albiflora* presentaron el valor de importancia más alto (Cuadro 3).



**Cuadro 3.** Estructura horizontal de los principales fustales en parcelas de Caquetá y Putumayo, Amazonía Colombiana.

Especie	AA	AR	FA	FR	DA	DR	IVI
<i>Iryanthera laevis</i> Markgr.	8.00	4.21	4.00	2.50	0.47	5.89	12.60
<i>Ficus trigona</i> L. F	1.00	0.53	1.00	0.63	0.85	10.57	11.72
<i>Brosimum</i> cf. <i>potabile</i> Ducke	7.00	3.68	3.00	1.88	0.42	5.19	10.75
<i>Theobroma subincanum</i> Mart.	3.00	1.58	3.00	1.88	0.42	5.17	8.63
<i>Eschweilera albiflora</i> (DC.) Miers	6.00	3.16	3.00	1.88	0.28	3.47	8.51
<i>Inga</i> cf. <i>nobilis</i> Willd.	1.00	0.53	1.00	0.63	0.46	5.69	6.85
<i>Iryanthera crassifolia</i> A.C.Sm.	5.00	2.63	4.00	2.50	0.05	0.58	5.71
<i>Inga acreana</i> Harms	2.00	1.05	1.00	0.63	0.32	3.99	5.67
<i>Inga</i> sp.6	1.00	0.53	1.00	0.63	0.33	4.15	5.31
<i>Trattinickia rhoifolia</i> Willd. ex Spreng.	1.00	0.53	1.00	0.63	0.32	4.03	5.19
<i>Neea parviflora</i> Poepp. & Endlicher.	4.00	2.11	3.00	1.88	0.08	0.95	4.93
<i>Theobroma glaucum</i> H. Karst.	4.00	2.11	3.00	1.88	0.06	0.78	4.76
<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pav.) J.F Macbr.	2.00	1.05	2.00	1.25	0.18	2.20	4.50
<i>Astrocaryum standleyanum</i> L.H.Bailey	3.00	1.58	3.00	1.88	0.08	0.94	4.39
<i>Parinari campestris</i> Aubl.	4.00	2.11	2.00	1.25	0.08	1.00	4.36
<i>Protium</i> sp.1	2.00	1.05	2.00	1.25	0.16	1.96	4.26
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	2.00	1.05	2.00	1.25	0.15	1.87	4.17
<i>Euterpe precatória</i> Mart.	3.00	1.58	2.00	1.25	0.08	0.96	3.79
<i>Bursera inversa</i> Daly	2.00	1.05	2.00	1.25	0.11	1.31	3.61
<i>Virola calophylla</i> (Spruce) Warb.	3.00	1.58	2.00	1.25	0.06	0.77	3.60
Subtotal	63	33.7	45	28.18	4.96	61.47	123.31
Especies restantes	126	67	115	72	3	39	177
Total general	190	100	160	100	8	100	

AA = Abundancia absoluta; AR: = Porcentaje de individuos/Especie; DA = Dominancia absoluta; DR = Proporción de área basal/Especie; FA = Frecuencia absoluta; FR = frecuencia relativa; IVI = Índice Valor de Importancia de la especie.

Al comparar las especies entre parcelas, se observó una diferencia entre sitios de estudio, en donde las parcelas P1-Palmichlaes, P2-El Jordán y P3-El Guamo (Caquetá) compartieron las especies con mayor IVI a *Brosimum* cf. *potabile* e *Iryanthera laevis*, las cuales no fueron representativas para P4-Las Vegas y P5-La Cocha, dos sitios que forman parte de una región geográfica diferente (Putumayo). En las parcelas P3-El Guamo y P5-La Cocha se registraron entre las cinco especies con mayor IVI a *Eschweilera albiflora*.

Se identificaron tres especies de *Theobroma*: *Theobroma subincanum* Mart, *Theobroma glaucum* H. Karst y *Theobroma obovatum* Klotzch ex Bernoulli; cada una de ellas con tres, cuatro y un individuo, respectivamente; *Theobroma subincanum* y *Theobroma glaucum* fueron comunes entre las parcelas 1 y 5. Destacó *Theobroma subincanum* como una de las cinco especies con mayor índice de importancia (8.63) en las zonas de estudio. En una investigación de diversidad y distribución de parientes silvestres de cacao en Colombia, González-Orozco *et al.* (2020) indican que la variación de microambientes en el paisaje amazónico promueve la presencia de ciertos taxones de *Theobroma*, como las observadas en el presente trabajo; lo cual señalan se relaciona, en parte, con las condiciones hidrológicas en los ríos del Amazonas como fuertes impulsores de la distribución de *Theobroma cacao* silvestre.

## **Diversidad florística**

El índice de diversidad de *Shannon (H)* para Palmichales fue de 3.38; El Jordán, 3.16; El Guamo, 3.58; Las Vegas, 3.4 y La Cocha, 3.51 (Cuadro 4). El análisis de equidad se evaluó mediante el inverso de *Simpson (1/D)*, cuyos valores para Palmichales fue de 0.97, El Jordán 0.95, El Guamo 0.97, Las Vegas 0.96 y La Cocha 0.97. De acuerdo con los resultados hubo alta diversidad en todas las comunidades muestreadas producto del número elevado de especies. En cuanto al índice de

*Margaleff*, en todas las parcelas se registraron valores superiores a 5, lo cual sugiere que son bosques de alta diversidad; sobresalieron los de El Guamo (9.72) y La Cocha (9.34).

**Cuadro 4.** Comparación de la diversidad alfa, riqueza de especies y diversidad entre las parcelas en Caquetá y Putumayo, Amazonía Colombiana.

	<b>Palmichales</b>	<b>El Jordán</b>	<b>El Guamo</b>	<b>Las Vegas</b>	<b>La Cocha</b>
Especies	30	27	38	30	35
Individuos	32	36	45	39	38
Dominancia_ <i>D</i>	0.035	0.050	0.030	0.037	0.031
<i>Simpson_1-D</i>	0.964	0.949	0.969	0.962	0.968
<i>Shannon_ H'</i>	3.379	3.160	3.579	3.344	3.514
<i>Menhinick</i>	5.303	4.500	5.665	4.804	5.678
<i>Margalef</i>	8.368	7.255	9.720	7.916	9.347
Equitatividad_ <i>J</i>	0.993	0.958	0.984	0.983	0.988

En bosque tropicales de la Amazonía, Lima *et al.* (2019) documentan el Índice de Diversidad de *Shannon* ( $H'=3.57$ ) y de equidad ( $J=0.79$ ), por lo que el bosque estudiado tiene una buena diversidad. De acuerdo con autores como Condé y Tonini (2013); Carim *et al.* (2013), los valores para la diversidad de *Shannon* son bajos comparados con registrados en bosque tropicales de otras regiones amazónicas como Roraima en Brasil. Lo anterior, se debe a la dominancia de determinadas especies y a una baja semejanza florística a nivel de género.

Prieto y Arias (2007) afirman que la alta diversidad florística de la Amazonía Colombiana se sustenta en la dominancia de pocos grupos taxonómicos que integran la mayor parte de la riqueza de especies, como se evidenció al analizar la dominancia de familias, lo cual mostró que 28.5 % de las familias representaron 69.1 % de la riqueza en especies.

En el bosque maduro se observaron altos índices de diversidad alfa, característica de la parte alta de la bio-región amazónica, donde se registra la mayor riqueza de especies arbóreas a nivel mundial.

El índice de similaridad de *Jaccard* indicó que las parcelas más parecidas fueron las de Palmichal y El Jordán, así como Palmichal y El Guamo. Mientras que la parcela La Cocha presentó mayor disimilitud con respecto a las demás (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Índice de *Jaccard* para las cinco parcelas establecidas en Caquetá y Putumayo, Amazonía Colombiana.

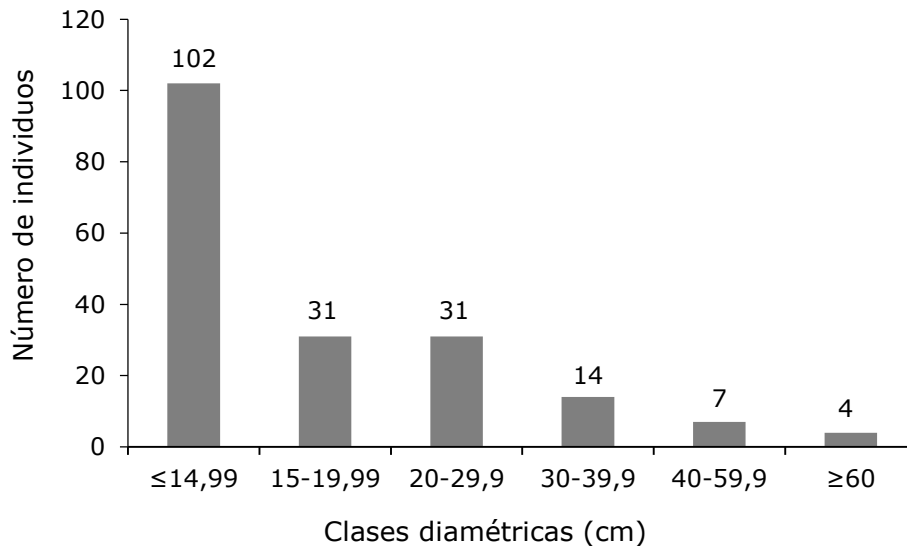
<b>Similitud</b>	<b>Índice de <i>Jaccard</i></b>
Palmichal y El Jordán	0.140
Palmichal y El Guamo	0.133
Palmichal y Las Vegas	0.053
Palmichal y La Cocha	0.121
El Jordán y El Guamo	0.121
El Jordán y Las Vegas	0.018
El Jordán y La Cocha	0.107
El Guamo y Las Vegas	0.046
El Guamo y La Cocha	0.090
Las Vegas y La Cocha	0.016

Las parcelas que presentaron un mayor índice de *Jaccard* correspondieron a las parcelas que compartieron como zona geográfica El Cartagena de Chairá en Caquetá. Por otra parte, los índices más bajos se obtuvieron en Las Vegas y La Cocha; aunque forman parte de la misma zona geográfica (Putumayo) corresponden a dos tipos de bosque diferente: Bosque de Vega y Bosque de Mesón, respectivamente. De igual manera otro de los índices bajos se registró en El Jordán y las Vegas, dos parcelas que difieren tanto en ubicación geográfica como en tipo de bosque. Estos comportamientos se asocian a las condiciones agro-climatológicas y geológicas como el relieve, cambios

de clima, suelos, entre otras; los cuales tienen influencia sobre el comportamiento de la vegetación, ya que inciden en el desarrollo de niveles altos de riqueza de especies y hábitats, asociado a estimaciones altas de biodiversidad para la región del bosque amazónico (Cárdenas, 2014; Andrade *et al.*, 2017).

## Estructura vertical

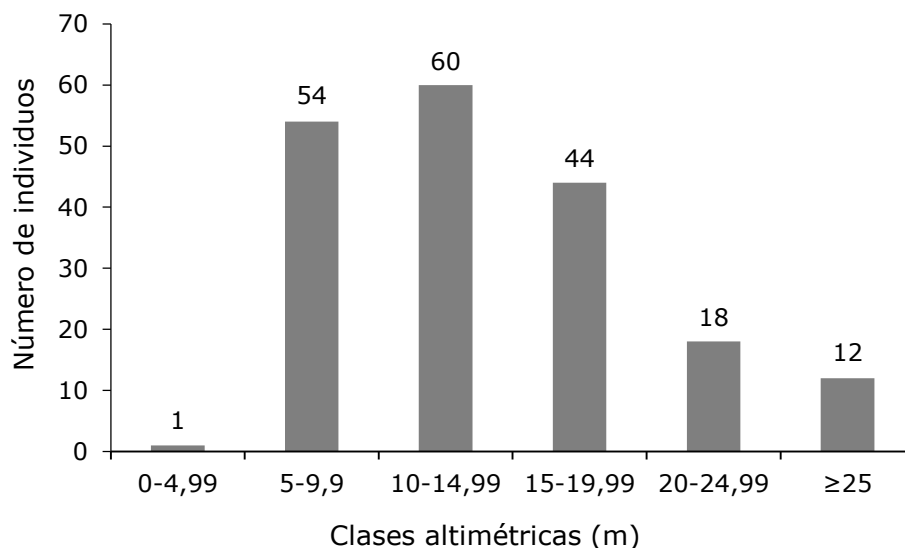
**Distribución diamétrica.** En las parcelas del Caquetá y Putumayo el histograma de distribución diamétrica evidenció que predominan individuos en las tres primeras clases diamétricas que representan 86 % del total. Se determinó que las especies con mayor clase diamétrica fueron *Ficus trigona* L.F, *Inga cf. nobilis* Willd, *Trattinickia rhoifolia* Willd. ex Spreng e *Iryanthera laevis* (Figura 2).



**Figura 2.** Clasificación diamétrica de individuos en parcelas de Caquetá y Putumayo, Amazonía Colombiana.

El comportamiento observado en la distribución diamétrica es similar al citado por Paredes *et al.* (2020) en bosques tropicales, en donde se observó que la estructura del bosque secundario estaba representada en gran cantidad por árboles de fuste pequeño y tendía a acumular especies de plantas leñosas de crecimiento rápido (especies pioneras). Las primeras clases diamétricas incluían la mayor cantidad de individuos, lo cual denota una dinámica de mortalidad y reclutamiento importantes para la regeneración dentro del bosque, ya que las especies presentes en las menores clases diamétricas son parte de un proceso de recambio de taxones que originan otros estadios sucesionales; y con ello se evidencia un equilibrio sostenido entre los individuos que mueren y los que crecen (Rodríguez y Brenes, 2009; Veiga *et al.*, 2015).

**Distribución altimétrica.** En el Caquetá y Putumayo, los individuos se distribuyeron en seis clases altimétricas, 60 % de los individuos (115) se concentró en el estrato medio con alturas menores a 15 m (Figura 3).



**Figura 3.** Clasificación altimétrica de individuos en parcelas en Caquetá y Putumayo, Amazonía Colombiana.

La distribución altimétrica coincide con el comportamiento para la región amazónica señalado por otros autores. Lima *et al.* (2019) indican que en un bosque umbrófilo denso de la amazonía oriental, 69 y 57 % de las especies se presentaron en el estrato medio, con alturas que variaron de 13.5 a 23.5 m. Dionisio *et al.* (2016) en un bosque denso del estado de Roraima registraron 70.29 % de individuos en el estrato medio; Condé y Tonini (2013) en un bosque del mismo estado obtuvieron porcentajes similares de alrededor de 71.3 % en el estrato medio. Andrade *et al.* (2017) en bosques de Rondonia citan que una distribución de individuos con alturas menores a 20 m es característica de bosques jóvenes y garantiza la continuidad de las especies dentro de la estructura del bosque.

Al evaluar la posición fitosociológica de las especies presentes en las parcelas del Caquetá y Putumayo sobresalieron como las más importantes: *Iryanthera laevis* (4.420), *Brosimum cf. potabile* (4.180), *Eschweilera albiflora* (3.523), *Iryanthera crassifolia* (2.867), *Parinari campestris* (1.794) y *Theobroma glaucum* (1.794) (Cuadro 6). La mayoría de los árboles de los taxones silvestres de *Theobroma* existentes en las parcelas de Caquetá y Putumayo de la Amazonía Colombiana, se ubicaron en el estrato superior con alturas entre 13 y 25 m

**Cuadro 6.** Posición fitosociológica de las principales especies en parcelas de Caquetá y Putumayo, Amazonía Colombiana.

<b>Especie</b>	<b>PS Inferior</b>	<b>PS Medio</b>	<b>PS Superior</b>	<b>PSA</b>	<b>PS %</b>
<i>Iryanthera laevis</i> Markgr.	0.000	0.516	4.232	4.747	4.420
<i>Brosimum cf. potabile</i> Ducke	0.000	0.258	4.22	4.489	4.180
<i>Eschweilera albiflora</i> (DC.) Miers	0.000	0.258	3.526	3.784	3.523
<i>Iryanthera crassifolia</i> A.C.Sm.	0.000	0.258	2.821	3.079	2.867
<i>Parinari campestris</i> Aubl.	0.000	0.516	1.411	1.926	1.794
<i>Theobroma glaucum</i> H. Karst.	0.000	0.516	1.411	1.926	1.794
<i>Neea parviflora</i> Poepp. & Endlicher.	0.037	0.258	1.411	1.705	1.588
<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	0.000	0.258	1.411	1.668	1.553



<i>Lacistema nena</i> J.F.Macbr.	0.000	0.258	1.411	1.668	1.553
<i>Theobroma subincanum</i> Mart.	0.000	0.258	1.411	1.668	1.553
<i>Virola calophylla</i> (Spruce) Warb.	0.000	0.258	1.411	1.668	1.553
<i>Virola elongata</i> (Benth.) Warb	0.000	0.258	1.411	1.668	1.553
<i>Anaxagorea brevipes</i> Benth.	0.000	0.000	1.411	1.411	1.313
<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.) R.E.Fr.	0.000	0.000	1.411	1.411	1.313
<i>Coussapoa orthoneura</i> Standl.	0.000	0.000	1.411	1.411	1.313
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	0.000	0.000	1.411	1.411	1.313
<i>Eschweilera coriacea</i> (DC.) S.A. Mori	0.000	0.000	1.411	1.411	1.313
<i>Inga acreana</i> Harms	0.000	0.000	1.411	1.411	1.313
<i>Inga japurensis</i> T.D.Penn	0.000	0.000	1.411	1.411	1.313
<i>Maquira coriacea</i> (H.Karst.) C.C Berg	0.000	0.000	1.411	1.411	1.313
Subtotal	0.04	3.87	37.39	41.28	38.44
Especies restantes	0.22	8.77	57.11	66.10	61.58
Total general	0.26	12.64	94.49	107.39	100.01

Los índices fitosociológicos y de valor de importancia permitieron identificar cinco especies arbóreas sobresalientes: *Iryanthera laevis*, *Brosimum* cf. *potabile*, *Eschweilera albiflora* e *Iryanthera crassifolia*, las cuales representan un potencial para la conservación de materiales silvestres de cacao (*Theobroma* sp). De acuerdo con Avendaño-Arrazate *et al.* (2018), el cacao criollo es un recurso genético que se ha conservado durante muchos años en los ambientes totalmente aislados de poblaciones comerciales, en los que se desarrollan en convivencia con diferentes especies típicas de la selva, en este caso amazónica; de modo que estudios de la composición y estructura arbórea en condiciones naturales favorecerían la emisión de criterios sobre su hábitat y diversidad, y la identificación de taxones forestales asociados de importancia en su entorno; lo anterior coadyuvaría a la promoción de su conservación, así como a conocer especies arbóreas con potencial para implementarlas como sombra en sistemas productivos (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2021).

## Conclusiones

En bosques asociados a *Theobroma* de la Amazonía Colombiana las familias de dosel más importantes son Moraceae, Fabaceae, Myristicaceae, Malvaceae y Burseraceae; destaca *Iryanthera laevis* con mayor importancia ecológica y posición fitosociológica.

Los valores de diversidad de *Shannon* varían entre 3.16 y 3.58; lo cual evidencia alto grado de diversidad que se relaciona con el índice de *Jaccard* que indica baja similitud entre parcelas, que se puede asociar a diferencias geográficas y de tipología del bosque.

Se identifican tres especies de *Theobroma*, de ellas sobresalen *Theobroma subincanum* por su importancia ecológica (IVI 8.63) y *Theobroma glaucum* por su posición fitosociológica (%PS 1.794).

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Innovación de Colombia (COLCIENCIAS) por la financiación del proyecto "Expedición Cacao Colombia Bio" bajo el acuerdo especial de cooperación No. FP44842-142-2018 que permitió la obtención de la información de esta publicación. Igualmente, a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) y a la Universidad de Los Andes por su apoyo en el desarrollo de esta investigación. Agradecemos a la Bióloga Angela Sánchez Galán por su apoyo en la identificación y clasificación de las especies y a las comunidades de Caquetá y Putumayo por su colaboración en este trabajo.

## **Conflictos de interés**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## **Contribuciones por autor**

Jairo Rojas Molina y Pablo Fernando Ramos: diseño del estudio, definición de metodología, análisis de información, recolección de datos en campo y escritura del documento; Mauricio Andrés Castro, Allende Pesca Moreno, Yeraldine Vargas y Laura Escobar: análisis de la información, escritura del documento, revisión y corrección del manuscrito.

## **Referencias**

Andrade, R. T. G., S. Pansini, A.F. Sampaio, M. S. Ribeiro, G. S. Cabral e A. G. Manzatto. 2017. Fitossociología de una floresta de terra firme na amazônia sul-ocidental, Rondônia, Brasil. *Biota Amazônia*, Macapá-ap 7(2): 36-43. Doi: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v7n2p36-43>.

Avendaño-Arrazate, C. H., M. Martínez-Bolaños and A. Mendoza-López. 2018. The Cocoa (*Theobroma cacao* L.) native in México. *Biodiversity International Journal* 2(6): 535-536. Doi:<https://doi.org/10.15406/bij.2018.02.00109>.

Avendaño-Arrazate, C. H., G. M. Suárez-Venero, A. Mendoza-López, M. Martínez-Bolaños, J. Reyes-Reyes y S. Espinosa-Zaragoza. 2021. Composición arbórea de especies asociadas al cacao: selva Lacandona y sistemas agroforestales, Chiapas, México. *Agronomía Mesoamericana* 32(2): 365-381. Doi: [10.15517/am.v32i2.41630](https://doi.org/10.15517/am.v32i2.41630).

Barreto S., J. S., S. Ramírez E., M. A. Peña, C. Capachero, A. P. Barbosa, M. Panev, J. F. Phillips y L. M. Moreno. 2018. Manual de Campo Inventario Forestal Nacional Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. 160 p.

Cano, A. y P. R. Stevenson. 2009. Diversidad y composición florística de tres tipos de bosque en la estación biológica Caparú, Vaupés. Colombia Forestal 12: 63-80. Doi:<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2009.1.a06>.

Cárdenas, M. A. 2014. Estudio comparativo de la composición florística, estructura y diversidad de fustales en dos ecosistemas del campo de producción 50k cpo-09, Llanos del Orinoco Colombiano. Colombia forestal 17(2): 203-229. Doi:<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a06>.

Carim, M. J. V., J. L. B. Guillaumet, J. R. S. e L. C. L. Guimarães. 2013. Composição e estrutura de floresta ombrófila densa do extremo norte do Estado do Amapá, Brasil. Biota Amazônia, Macapá-AP 3(2):1-10. Doi:<http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v3n2p1-10>.

Condé, T. M. e H. Tonini. 2013. Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil. Acta Amazônica 43(3): 247-260. Doi:<https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000300002>.

Dionisio, L. F. S., O. S. Bonfim filho, B. R. S. Crivelli., J. P. Gomes., M. H. S. Oliveira, e J. O. P. Carvalho. 2016. Importância fitossociológica de um fragmento de floresta ombrófila densa no Estado de Roraima, Brasil. Revista Agro@ambiente online 10 (3): 243-252. Doi: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i3.3381>.

Gómez C., E., G. X. Rousseau, D. Celentano, H. Fariñas S., y C. Gehring. 2018. Efecto de la riqueza de especies y la estructura de la vegetación en el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en la Amazonía sur de Bolivia. Revista de Biología Tropical 66(4): 1481-1495. Doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32489>.

González-Orozco, C. E., A. A. Sánchez G., P. E. Ramos and R. Yockteng. 2020. Exploring the diversity and distribution of crop wild relatives of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Colombia. *Genetic Resources and Crop Evolution* 67:2071-2085. Doi:<https://doi.org/10.1007/s10722-020-00960-1>.

Holdridge, L. 2000. *Ecología basada en zonas de vida*. 5ª edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 216 p.

Imaña, J., G. Riesco., O. Antunes., y R. De Camino. 2021. Análisis silvicultural del bosque tropical atlántico a partir de la distribución diamétrica y riqueza florística del arbolado. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 18 (42): 46-54. Doi: [10.18845/rfmk.v16i42.5538](https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i42.5538).

Jerez, M., A. Quevedo, A.Y. Moret, M. Plonczak, V. Garay, L. Vincent, J. D. Silva y L. E. Rodríguez. 2011. Regeneración natural inducida y plantaciones forestales con especies nativas: potencial y limitaciones para la recuperación de bosques tropicales degradados en los llanos occidentales de Venezuela. *In: Herrera, F. e I. Herrera (eds.). La Restauración Ecológica en Venezuela: Fundamentos y Experiencias*. Ediciones IVIC. Caracas, Venezuela. pp. 35-60.

Lima, R. V., B. M., Silva, E. D. Sotta, P. Couteron, P. S. Aparicio, V. F. Dos Santos, R. L. Bueno, Y. K. Dos Santos e B. B. Ramos. 2019. Análise fitossociológica de um trecho de floresta ombrófila densa na Amazônia Oriental. *Revista Arquivos Científicos (IMMES)* 2 (2): 89-100. Doi: [10.5935 / 2595-4407 / rac.immes.v2n2p89-100](https://doi.org/10.5935/2595-4407/rac.immes.v2n2p89-100).

Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey, NJ, USA. 179 p.

Manzanilla, G. E., J. M. Mata, E. J. Treviño, O. A. Aguirre, E. A. Rodríguez y J. I. Yerena. 2020. Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11 (61). Doi:<https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.703>.

- Mena, V. E., H. J. Andrade y J. J. Torres. 2020. Composición florística, estructura y diversidad del bosque pluvial tropical de la subcuenca del río Munguidó, Quibdó, Chocó, Colombia. *Entramado* 16 (1):204-215. Doi:<https://dx.doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.6109>.
- Meza-Elizalde, M. C. y D. Armenteras. 2018. Uso del suelo y estructura de la vegetación en paisajes fragmentados en la amazonía, Colombia. *Colombia Forestal* 21(2): 205-223. Doi: 10.14483/2256201X.12330.
- Paredes, C.O., J. Ferro., y P. Lozano. 2020. Estructura arbórea en el bosque secundario de la Estación Biológica Pindo Mirador, Pastaza, Ecuador. *Arnaldoa* 27(2): 535-552. Doi: <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.272.27206>.
- Peña, J. y J. C. Alegre. 2017. Tipificación de prototipos de sistemas de producción agroforestal en la provincia de Tambopata, Madre de Dios. *Aporte Santiaguino* 10(2): 233. Doi: <https://doi.org/10.32911/as.2017.v10.n2.166>.
- Prieto, A. y J. C. Arias. 2007. Diversidad biológica del sur de la Amazonía colombiana. *In*: Ruiz, S. L., E. Sánchez, E. Tabares, A. Prieto, J. C. Arias, R. Gómez, D. Castellanos, P. García y L. Rodríguez (Eds.). *Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonía colombiana–Diagnóstico*. Corpoamazonía, Instituto Humboldt, Instituto Sinchi, UAESPNN. Bogotá, Colombia. pp. 73-197.
- Roa H. A., M.G. Salgado., y H.J. Álvarez. 2009. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Soconusco, Chiapas – México. *Acta Biológica Colombiana* 14(3): 97-110. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v14n3/v14n3a7.pdf> (19 de agosto de 2020).
- Rodríguez A., C. y L. Brenes C. 2009. Estructura y Composición de dos Remanentes de Bosque Premontano Muy Húmedo en la Reserva Madre Verde, Palmares, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual* 9 (12-13): 115-124.
- Sánchez, F., J. Pérez, J. J. Obrador, Á. Sol y O. Ruiz. 2016. Árboles maderables en el sistema agroforestal de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana*

de Ciencias Agrícolas 14: 2711-2723.  
Doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i14.440>.

Ter Steege, H., N. C. A. Pitman., D. Sabatier, C. Baraloto, R. P. Salomão, J. E. Guevara, O. L. Phillips., C. V. Castilho, W. E. Magnusson, J. F. Molino, A. Monteagudo, P. N. Vargas, J. C. Montero, T. R. Feldpausch, E. N. H. Coronado, T. J. Killeen, B. Mostacedo, R. Vasquez, R. L. Assis and M. R. Silman. 2013. Hyperdominance in the Amazonian tree flora. *Science* 342(6156).  
Doi:<https://doi.org/10.1126/science.1243092>.

Veiga, M., J. R. Da Silva, L. T. Luciedi de Cássia, L. R. Takiyama and F. Wittmann. 2015. Composition, structure, and floristic diversity in dense rain forest in the Eastern Amazon, Amapá, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* 37(4): 419-426. Doi:[10.4025/actasciobiolsci.v37i4.27536](https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v37i4.27536).

Vela, F. 2019. Composición florística y estructura de bosque reservado de la universidad nacional agraria de la selva, en parcela permanente de medición, Tingo María-Perú. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria de la selva, Perú. 105 p.

[http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1658/TS\\_VPF\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1658/TS_VPF_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (28 de agosto de 2020).



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.