

## Composición florística y estructura de las especies de sombrío en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la subregión de los Montes de María, Bolívar-Colombia

### Floristic composition and structure of shade species in cacao agroforestry systems (*Theobroma cacao* L.) in Montes de María subregion, Bolívar-Colombia

Darwin J. Ebratt-Matute 

Asociación Nacional Cacaotera de Colombia (Red Cacaotera), San Juan Nepomuceno, Bolívar, Colombia

#### Resumen

Con el fin de conocer la composición florística y la estructura de sistemas agroforestales de cacao en la subregión de los Montes de María, se realizó una caracterización de las especies de sombrío en 60 plantaciones de cacao en los municipios de El Carmen de Bolívar, San Jacinto y San Juan Nepomuceno. En las 15 hectáreas muestreadas, se hallaron 26 especies de sombrío distribuidas en 14 familias y 1302 individuos. La densidad promedio fue de 87 individuos por hectárea. El 42 % de estas especies son caducifolias, el 27 % perennifolias y el 31 % semiperennes. En cuanto a origen y estado de conservación, el 77 % son especies nativas, el 19 % exóticas y el 4 % introducidas y naturalizadas; así mismo, se encontraron siete especies con algún grado de conservación. De acuerdo con el índice de valor de importancia, las especies más relevantes fueron *Gliricidia sepium* y *Persea americana*, mientras que las familias más destacadas fueron Fabaceae y Lauraceae. En cuanto a la estructura, se encontró que el mayor número de individuos (592) correspondió a plantas cuyo diámetro a la altura del pecho osciló entre 16,01 y 32 cm, mientras que, en lo que respecta a la altimetría, el mayor número de ejemplares (190) se ubicó en el intervalo 12,01-15 m. En cuanto a área basal, las especies de sombrío significaron un total de 270,01 m<sup>2</sup> (18 m<sup>2</sup>/ha). A nivel regional, el índice de Shannon arrojó una diversidad media (2,6); además, el valor del índice de Pielou (0,8) indicó una homogeneidad relativamente alta, mientras que el índice de Simpson (0,11) reflejó baja dominancia. Las curvas de acumulación de especies arrojaron una completitud por encima del 85 % en los estimadores no paramétricos, exceptuando el de Jackknife-2, que registró un valor de 83,2 %, sugiriendo una cobertura muestral satisfactoria.

**Palabras clave:** Bosque Seco Tropical; agroforestería; sostenibilidad; Índice de diversidad

#### Abstract

To know the floristic composition and structure of the cacao agroforestry systems in Montes de María subregion, a characterization of the shade tree species was carried out in 60 cacao plantations located in the municipalities El Carmen de Bolívar, San Jacinto and San Juan Nepomuceno. In the 15 hectares sampled, 26 species were found distributed in 14 families and 1302 individuals. The density was 87 individuals per hectare. 42 % of the species are deciduous, 31 % semi-evergreen and 27 % evergreen. Regarding origin and state of conservation, 77 % are native species, 19 % exotic and 4 % introduced and naturalized; likewise, seven species were found with some special degree of conservation. According to importance value index, the most relevant species were *Gliricidia sepium* and *Persea americana*, while the most outstanding families were Fabaceae and Lauraceae. Regarding the structure, it was found that the largest number of individuals (592) corresponded to individuals whose diameter at breast height ranged between 16.01 and 32 cm, while, as far as altimetry is concerned, the largest number of specimens (190) was located in the interval 12.01-15 m. In terms of basal area, shade species represented a total of 270.01 m<sup>2</sup> (18 m<sup>2</sup>/ha). At the regional level, the Shannon index showed a medium diversity (2.6); in addition, the value of the Pielou index (0.8) indicated a relatively high homogeneity, while the Simpson index (0.11) reflected a low dominance. Species accumulation curves showed completeness above 85 % in all non-parametric estimators, except for Jackknife-2, which recorded a value of 83.2 %, results that suggest satisfactory sampling coverage.

**Key words:** Tropical Dry Forest; agroforestry; sustainability; diversity index

\*Autor de correspondencia: [darwinebratt@gmail.com](mailto:darwinebratt@gmail.com)

**Editor:** Luis M. Manjarrés Martínez

**Recibido:** 10 de enero de 2022

**Aceptado:** 20 de junio de 2022

**Publicación en línea:** 30 de junio de 2022

**Citar como:** Ebratt-Matute, D.J. 2022. Composición florística y estructura de las especies de sombrío en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la subregión de los Montes de María, Bolívar-Colombia. Intropica 17(1): xx. Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.4495>

## Introducción

Colombia es el quinto país productor de cacao en América; en él existen aproximadamente 65,341 familias cacaoteras, las cuales en el año 2020 cosecharon 63,416 ton de grano en 189,185 ha de cultivos (MADR, 2021). La importancia de la actividad cacaotera en el país se evidencia por una fuerte industria local, un importante consumo interno de productos elaborados, un 95 % de sus exportaciones catalogadas como de cacao fino de aroma y una política de apoyo abierta y diversa, con un claro enfoque hacia el incremento de la producción y el desarrollo de la institucionalidad local (Ríos *et al.*, 2017).

En la subregión de los Montes de María, el cultivo de cacao tuvo su primer impulso en el año 2010, el cual se hizo con el fin de promover el retorno al territorio de aquellas personas desplazadas por la violencia (Aguilera-Díaz, 2013). Se estima que existen 700 ha del cultivo en la subregión, dominados por materiales híbridos y clones introducidos y regionales (CCN-51, EET-8, ICS-60, ICS-39, ICS-95, TSH-565, CNCH-12 y CNCH-13), los cuales benefician aproximadamente a 600 familias de productores (Red Cacaotera, doc. ined.).

En la última década la actividad cacaotera de Montes de María ha sido impulsada por diversas instituciones (Burbano-Figueroa, 2019); sin embargo, a pesar de las acciones que ayudan a incrementar la importancia del cacao en la subregión, aún se evidencia un rendimiento bajo del cultivo (Aguilera-Díaz, 2013; Burbano-Figueroa, 2019), lo que es semejante a la tendencia nacional, problemática que es ocasionada por problemas fitosanitarios y baja o ineficiente implementación de prácticas agronómicas (podas, fertilizaciones) (Abbott *et al.*, 2019; MADR, 2021).

En vista de lo anterior, y aprovechando que en Colombia los cultivos de cacao se encuentran como explotaciones agroforestales mixtas (Ríos *et al.*, 2017; Abbott *et al.*, 2019), el correcto manejo de estos sistemas y sus sombríos se convierte en un medio para incidir sobre la fertilidad, la recirculación de nutrientes, el estado fitosanitario, el rendimiento de los cultivos, la oferta de recursos ecosistémicos y la captura de carbono atmosférico (Somarriba, 2004; Somarriba y Beer, 2011; Ordoñez-Espinosa *et al.*, 2021). No obstante, para aprovechar las bondades de los sistemas agroforestales, es necesario conocer su composición florística y estructura, debido a que las interacciones biológicas, económicas, y agronómicas de las especies de sombrío con los cacaotales, cambian de acuerdo con los ecosistemas, los taxones, la cultura y las necesidades de los productores de cada región (Somarriba, 2004; Somarriba y Beer, 2011).

En Colombia se han realizado algunos estudios para comprender la composición florística de los sombríos asociados a los cacaotales, donde se citan los trabajos desarrollados por Ordoñez-Espinosa *et al.* (2020) en el departamento del Huila y el desarrollado en la región amazónica por Rojas *et al.* (2021), evidenciándose en ellos la diferencia en cuanto a la diversidad de los ecosistemas y sus regiones, pasando de 36 especies en zonas de bosque seco tropical (BsT) del Huila a 136 especies en bosques húmedos amazónicos, y teniendo en común que las especies que la conforman corresponden a vegetación diversa y propia de dichos ecosistemas. Así mismo, existen otros estudios asociados a ecosistemas de bosque seco tropical, en los cuales a partir de la estructura y diversidad del arreglo agroforestal de cacao se ha ayudado a comprender la fijación del carbono atmosférico, como es el caso del estudio desarrollado por Marín *et al.* (2016) en el departamento del Tolima. Por su parte, Burbano-Figueroa (2019) ha mencionado que *Persea americana* Mill., es una importante especie de sombrío en los cacaotales de Montes de María, pero su trabajo se ha enfocado a ofrecer un panorama comprensible de los sistemas de producción agroforestales de aguacate, quedando en evidencia la falta de esfuerzos en investigación para el cultivo de cacao en esta zona (Williams, 2019).

Teniendo en cuenta que en la actualidad no existe un paquete tecnológico para la producción de cacao en la subregión, y esta a su vez se caracteriza por ser un ecosistema de bosque seco tropical (Pizano y García, 2014), se propone la hipótesis que la diversidad de especies de sombrío asociadas a cacao en Montes de María está dominada por flora nativa de dicho ecosistema. Por tanto, el objetivo del presente estudio consistió en definir la composición y estructura de las especies de sombrío asociadas a los sistemas agroforestales de cacao en la subregión de los Montes de María, en el departamento de Bolívar.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

Los predios donde se realizaron los muestreos están ubicados en el departamento de Bolívar, en la subregión de los Montes de María, y forman parte de la región Caribe colombiana (9°49'45" N, 75°7'46" O) (figura 1). La subregión se encuentra a una altitud de 800 msnm; no obstante, el gradiente altitudinal de los predios evaluados fluctuó entre 102 y 520 msnm. El tipo de formación vegetal es de bosque seco tropical o sus equivalentes: bosque tropical caducifolio, selva veranera decidua y bosque deciduo por sequía de baja altitud

(Hernández-Camacho y Sánchez, 1992). La temperatura ambiental varía entre 26 y 30°C (Aguilera-Díaz, 2013), la precipitación anual oscila entre 1500 y 2000 mm y la humedad relativa entre 80 % y 85 % (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2022). De acuerdo con el mapa

trazado por Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC (1997), los suelos donde se ubican los predios censados son ligeramente ácidos a neutros, con alta saturación de bases, moderadamente profundos y con litología de areniscas calcáreas intercaladas con arcillolitas.

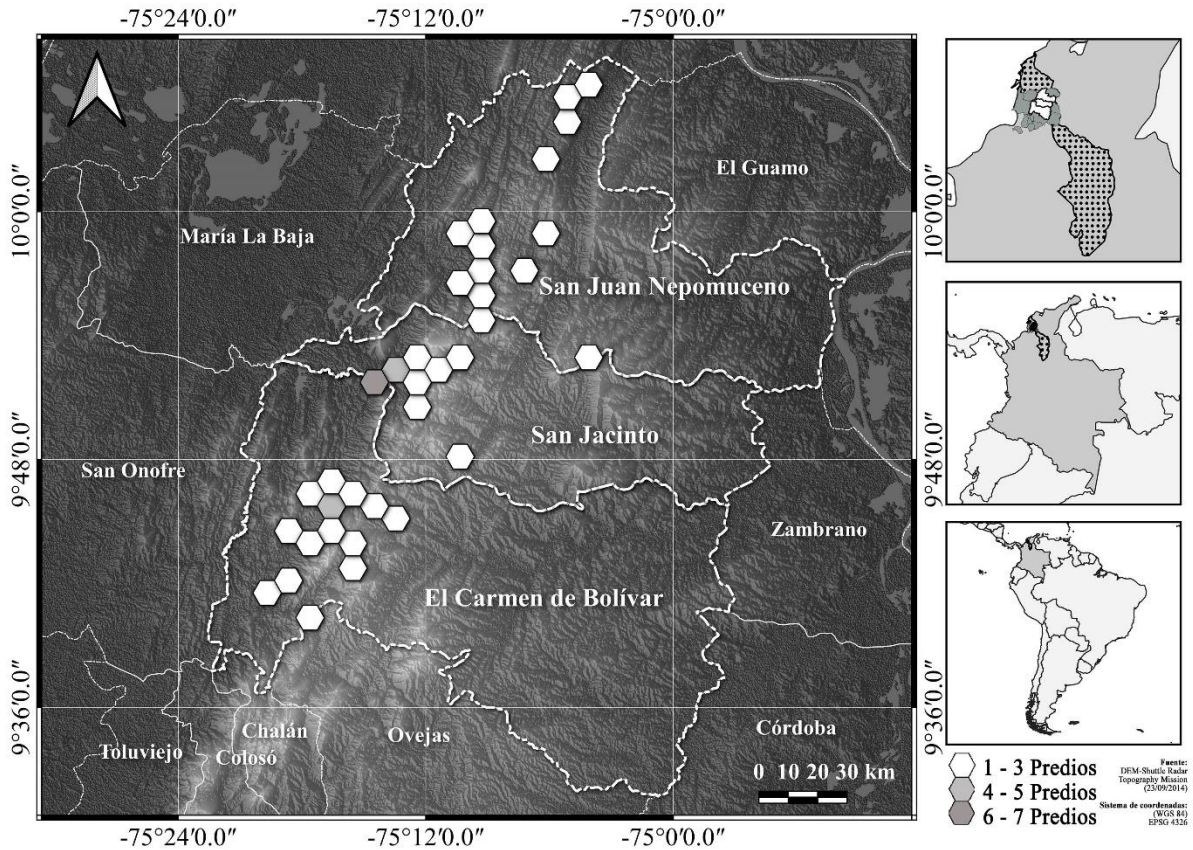


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. Se observan agrupados los 60 predios censados en la malla hexagonal.

**Muestreo**

A través de un muestreo aleatorio se seleccionaron tres sitios de estudio con 20 parcelas cada uno, lo que arrojó un total de 60 plantaciones de cacao (unidades de muestreo), siguiendo los métodos propuestos por Gentry (1982) y Rangel-Ch. y Velázquez (1997), modificados por Roa-Romero et al. (2009) para aumentar la unidad de muestreo a 2500 m<sup>2</sup>, obteniendo de esta manera un área de cobertura muestral de 15 ha. De las 60 plantaciones de cacao seleccionadas, 20 pertenecen a la Asociación de Productores de Cacao de los Montes de María (Asprocamm), 20 a la Corporación para el Desarrollo Integral Regional (Corintegral) y 20 a la Asociación Integral de Campesinos de la vereda Hayita y Vecinos (Asichav), las cuales abarcaron los municipios del Carmen de Bolívar, San Jacinto y San Juan Nepomuceno, respectivamente (figura 1).

Para el censo de individuos, se escogieron aquellos ejemplares

con un diámetro a la altura del pecho (DAP) superior o igual a 10 cm (Gentry, 1982; Guiracocha *et al.*, 2001; Rojas-Molina *et al.*, 2021). A los individuos de cada unidad de muestreo se les midió el DAP a 1,3 m de distancia del suelo y se les estimó la altura, en metros; así mismo, se indagó con el productor sobre los usos asignados a las especies identificadas, la persistencia o fenología de las hojas (caducifolia, perennifolia, semiperenne) y el hábito de crecimiento. Con la finalidad de verificar este último aspecto y conocer el estado de conservación, se consultó el trabajo desarrollado por Pizano y García (2014).

El proceso de determinación de las especies se llevó a cabo a partir de colectas de material vegetal, observaciones realizadas en campo, información suministrada por el propietario de la parcela y literatura especializada (Mendoza-C, 1999; Cordero y Boshier, 2003; Pizano y García, 2014; López *et al.*, 2016; Bernal *et al.*, 2019). De igual forma, se apoyó la labor con la

comparación de ejemplares reseñados en herbarios digitales, como los del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN, 2021), el del Royal Botanic Gardens, Kew (POWO, 2022), y el del Missouri Botanical Garden (Tropicos, 2021). Además, para establecer en el listado florístico la nomenclatura correcta de las especies se utilizó la herramienta "The International Plant Index" (IPNI, 2021).

### Análisis de la información

A partir de la información de altura y DAP de los individuos censados se establecieron las clases altimétricas y diamétricas, empleando la fórmula de Sturges  $K = 1 + 3,333 \cdot \log(N)$ , donde  $K$  = número de clases, y  $N$  = total de individuos (abundancia) (Martínez-Sánchez, 2016); así mismo, se complementó la altimetría clasificando los individuos de acuerdo con la metodología propuesta por Somarriba (2004), donde el estrato bajo lo componen los individuos con menos de 8 m de altura, el estrato medio entre 8,01 y 24 m y el estrato alto más de 24,01 m. A partir de las medidas del DAP, se calculó el área basal en  $m^2$ , utilizando la fórmula  $\pi/4 \cdot (DAP)^2$  (Rangel-Ch. y Velázquez, 1997).

Para evaluar la importancia ecológica de los taxones en la estructura del ecosistema, se calculó el índice de Valor de Importancia para especies (IVI) y familias (IVF). Para el IVI se empleó la fórmula Densidad Relativa + Frecuencia Relativa + Dominancia Relativa (Martínez-Sánchez, 2016), donde:

Densidad relativa= (individuos para cada especie/total de individuos de la comunidad) \*100

Frecuencia relativa= (ocurrencia de cada especie en las unidades de muestreo/suma de las frecuencias de todas las especies de la comunidad) \*100

Dominancia relativa= (área basal de cada especie/total del área basal de la comunidad) \*100.

Para el caso del IVF, se empleó la fórmula Densidad Relativa + Dominancia Relativa + Diversidad Relativa, donde los cálculos de Densidad y Dominancia Relativa son los mismos usados para calcular el IVI, mientras que Diversidad Relativa= (Especies por familia/Total de especies) \*100 (Rangel-Ch. y Velázquez, 1997).

Los análisis de diversidad tanto por municipio como por área total de muestreo (regional) se basaron en el cálculo del índice de Shannon-Wiener (IH), el índice de equidad de Pielou (IJ) y el índice de dominancia de Simpson (ID). Las fórmulas empleadas para estos índices fueron las siguientes:  $IH = -\sum p_i \log_2(p_i)$ , donde  $p_i$  es la abundancia proporcional de la especie "i", es decir, el número de individuos de la especie "i" dividido entre el número total de individuos en la muestra;  $IJ = \sum p_i$

$\log_2(p_i)/\log_2(S)$ , siendo "S", el número de especies encontrado en la comunidad; e  $ID = \sum p_i^2$  (Moreno, 2001).

Posteriormente, para evaluar la fiabilidad del inventario de especies obtenido mediante el esfuerzo de muestreo implementado, se realizaron curvas de acumulación de especies; así mismo, se efectuaron curvas de estimación de riqueza, utilizando los estimadores no paramétricos de Chao-1, Chao-2, Jackknife-1, Jackknife-2 y Bootstrap (López-Gómez y Williams-Linera, 2006; González-Oreja *et al.*, 2010). Para contrastar la anterior información, se calculó el porcentaje de completitud (%C), utilizando la fórmula:  $\%C = (S_{obs}/S_{est}) \cdot 100$ , donde  $S_{obs}$  = número de especies observadas, y  $S_{est}$  = número de especies estimadas (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Tanto el ordenamiento de la matriz de datos para la acumulación de especies como el cálculo de los estimadores de diversidad se realizaron mediante el programa EstimateS vers. 9.1.0.

Por último, para comparar la riqueza de especies entre los municipios muestreados, se utilizó el índice de similitud de Sørensen ( $I_s$ ), empleando la fórmula  $I_s = 2C/(A+B)$ , siendo C el número de especies en común entre los sitios A y B; A el número de especies encontradas en el sitio A, y B el número de especies encontradas en el sitio B (Moreno, 2001).

## Resultados

### Composición botánica

A nivel regional (Montes de María), se obtuvo una abundancia de 1302 individuos en las 15 ha censadas, con una densidad de 86,8 individuos por hectárea. En cuanto a municipios, 480 individuos correspondieron al Carmen de Bolívar (96 ind/ha), 436 a San Jacinto (87,2 ind/ha) y 386 a San Juan Nepomuceno (77,2 ind/ha). A nivel regional se determinó que la composición taxonómica estuvo representada por 14 familias, 26 géneros y 26 especies, lo que en cifras municipales correspondieron a 10 familias y 18 especies en El Carmen de Bolívar, 12 familias y 19 especies en San Jacinto, y 13 familias y 22 especies en San Juan Nepomuceno (tabla 1). En lo que respecta al origen, el 77 % de las especies inventariadas fueron nativas (20 especies), el 19 % exóticas (5) y el 4 % introducidas y naturalizadas (1).

### Estructura

El estudio reveló la existencia de 20 especies de tipo arbóreo, para las cuales se inventarió un total de 821 individuos, una de tipo arbóreo/arbustivo (*G. sepium*), con 266 individuos; dos de tipo arbustivo, con 61 individuos; una de tipo hierba (*Musa x paradisiaca* L.), con 120 individuos, y dos de tipo palma, con 34 individuos (tabla 1).

Tabla 1. Composición florística, número de individuos, tipos de crecimiento, orígenes, fenología de las hojas y usos de las especies de sombrío en los sistemas agroforestales de cacao en el área de estudio. C: hábito de crecimiento, A: arbóreo, Ar: arbustivo, H: hierba, P: palma. Or.: tipo de origen, Ex: exótica; Na: nativa, Nt: introducida y naturalizada. F.H.: fenología de las hojas, Cad: caducifolia, Per: perennifolia, Sem.Per: semiperenne. Uso: Ar: artesanías, Cer: cerca viva, Con: material para construcción, Fr: fruto, Frj: forraje, Md: madera, Mn: medicinal, Or: ornamental, Sbr: sombrío. Individuos por municipio, C.B.: Carmen de Bolívar, S.J.: San Jacinto, S.N.: San Juan Nepomuceno.

Especie	Familia	C.	Or.	F.H.	Uso	C.B.	S.J.	S.N.	Total
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart, 1952	Fabaceae	A	Na	Sem.Per	Md, Sbr	20	-	-	20
<i>Albizia saman</i> (Jacq.) Merr., 1891	Fabaceae	A	Na	Cad	Md, Frj	6	7	15	28
<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels, 1912	Anacardiaceae	A	Na	Per	Md, Mn	2	15	2	19
<i>Cassia grandis</i> L.f., 1782	Fabaceae	A	Na	Cad	Fr	1	-	-	1
<i>Cecropia peltata</i> L., 1759	Urticaceae	A	Na	Cad	Mn	21	19	23	63
<i>Cedrela odorata</i> L., 1759	Meliaceae	A	Na	Cad	Md, Mn	24	10	6	40
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn., 1791	Malvaceae	A	Na	Cad	Md, Or	-	12	7	19
<i>Cocos nucifera</i> L., 1753	Arecaceae	P	Ex	Per	Fr, Mn	-	10	10	20
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken, 1950	Boraginaceae	A	Na	Sem.Per	Md, Mn	24	11	43	78
<i>Ficus insipida</i> Willd., 1806	Moraceae	A	Na	Per	Mn	-	-	4	4
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth, 1842	Fabaceae	A, Ar	Na	Cad	Frj, Mn, Cer	113	90	63	266
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam., 1789	Malvaceae	A	Na	Sem.Per	Fr, Mn	21	16	21	58
<i>Handroanthus chrysanthus</i> (Jacq.) S.O.Grose, 2007	Bignoniaceae	Ar	Na	Cad	Md	18	31	4	53
<i>Mangifera indica</i> L., 1753	Anacardiaceae	A	Ex	Per	Fr	7	18	9	34
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen, 1953	Sapotaceae	A	Na	Per	Fr	2	-	6	8
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq., 1760	Sapindaceae	A	Na	Sem.Per	Fr, Mn	-	-	5	5
<i>Musa x paradisiaca</i> L., 1753	Musaceae	H	Ex	Per	Fr	54	58	8	120
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urb., 1920	Malvaceae	A	Na	Sem.Per	Md	-	-	8	8
<i>Persea americana</i> Mill., 1768	Lauraceae	A	Nt	Sem.Per	Fr	118	79	57	254
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. E. Moore & Stearn (1967)	Sapotaceae	A	Na	Cad	Fr	10	9	6	25
<i>Sabal mauritiiiformis</i> (H. Karst.) Griseb & H. Wendl., 1864	Arecaceae	P	Na	Per	Ar, Con	-	-	14	14
<i>Spondias mombin</i> L., 1753	Anacardiaceae	A	Na	Sem.Per	Fr, Mn	6	17	56	79
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H.Karst., 1862	Malvaceae	A	Na	Cad	Md, Mn	6	4	2	12
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC., 1845	Bignoniaceae	A	Na	Cad	Md	27	14	17	58
<i>Tectona grandis</i> L.F., 1782	Lamiaceae	A	Ex	Cad	Md	-	8	-	8
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Willd. y Arn., 1834	Fabaceae	Ar	Ex	Sem.Per	Cer, Mn, Frj	-	8	-	8

Respecto a la distribución por clases diamétricas, la abundancia disminuyó por encima de los 32 cm de DAP. A nivel regional, el mayor número de individuos (592) correspondió al intervalo 16,01-32 cm, situación que también se observó en los municipios de El Carmen de Bolívar (187 ind.) y San Juan Nepomuceno (257 ind.), mientras que en San Jacinto el mayor número de individuos (157) se ubicó en el intervalo 32,01-48 cm

(figura 2). De otro lado, el total del área basal en las 15 ha evaluadas fue de 270,01 m<sup>2</sup> (18 m<sup>2</sup>/ha). Respecto a las clases altimétricas determinadas mediante el método de Sturges, el mayor número de individuos (290) se registró entre 12,01 y 15 m de altura (figura 3), en tanto que según la clasificación altimétrica propuesta por Somarriba (2004), 442 individuos son de estrato bajo, 785 de estrato medio y 75 de estrato alto.

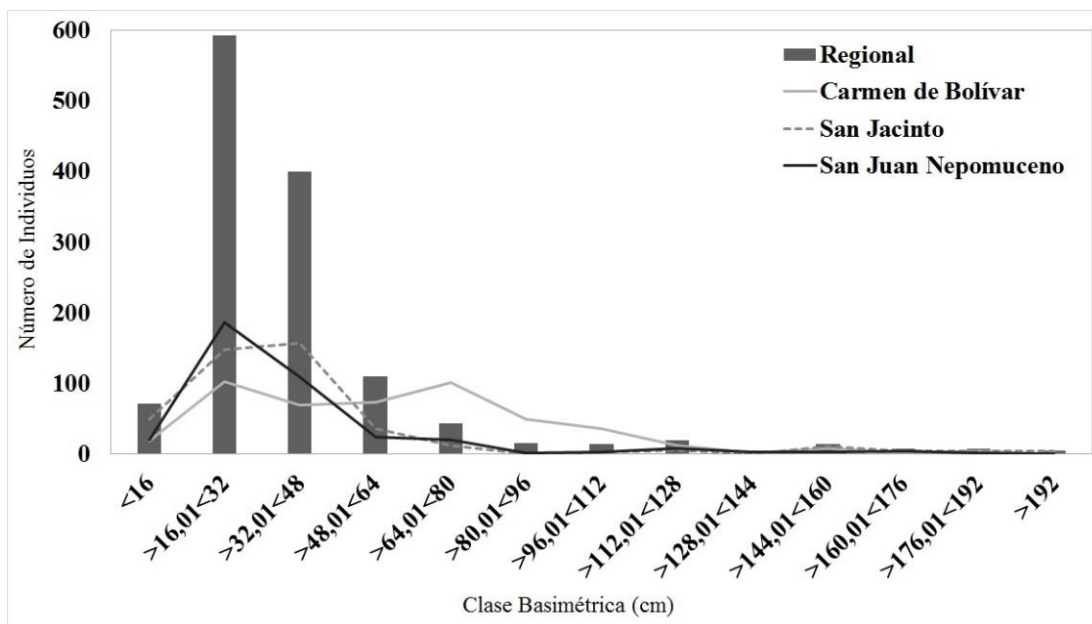


Figura 2. Distribución del diámetro a la altura del pecho (DAP) para las especies de sombrío en sistemas agroforestales de cacao en una muestra de 15 ha localizada en la subregión de los Montes de María.

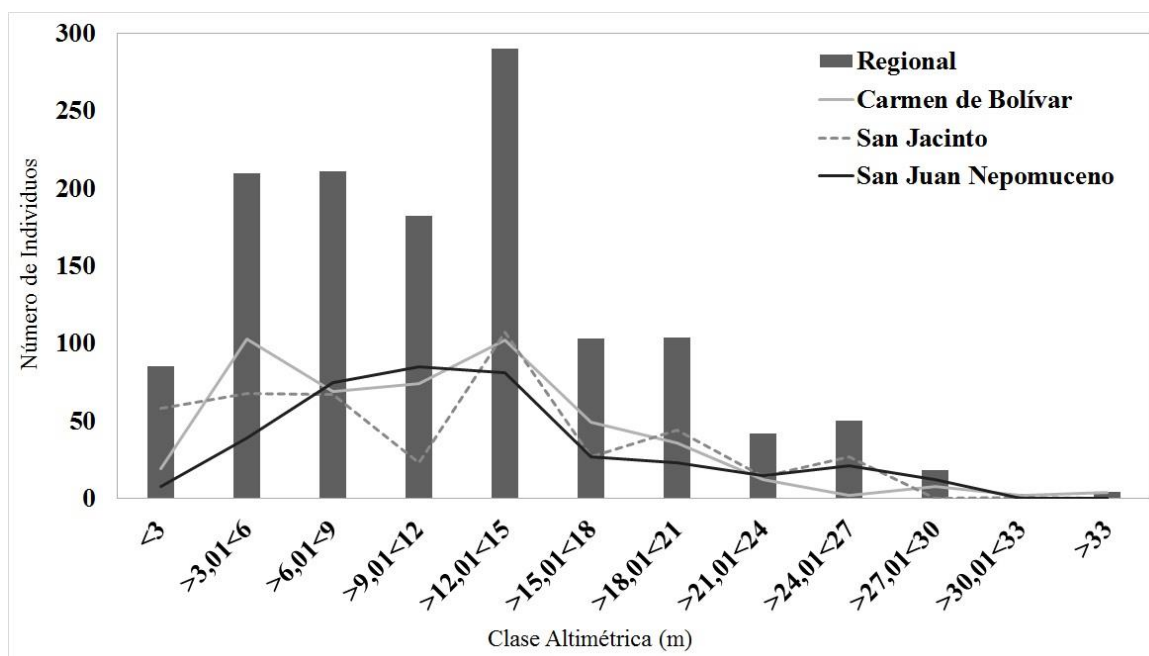


Figura 3. Distribución de alturas de las especies de sombrío en sistemas agroforestales de cacao en una muestra de 15 ha localizada en la subregión de los Montes de María.

**Usos de las especies de sombrío**

Los principales usos reportados para las especies de sombrío fueron los siguientes: fuentes de obtención de madera (11 especies), medicina (10), forraje (3), frutas (12), materiales para

construcción (1), artesanías (1), cercas vivas (2), ornamentales (1) y sombrío para otros cultivos (1) (tabla 1). El 46 % de las especies encontradas fueron sujetas a un uso, otro 46 % a dos usos y un 8 % a tres usos (tabla 1).

**Persistencia de las hojas**

La persistencia de las hojas se distribuyó de la siguiente manera: 42% de las especies son caducifolias (11 especies), 31 % semiperennes (8) y 27 % perennifolias (7). En caducifolias, Fabaceae fue la familia con mayor representación de especies (3); en semiperennes, Fabaceae, y Malvaceae registraron dos especies cada una, mientras que, en perennifolia, Arecaceae y Anacardiaceae registraron también dos especies cada una (tabla1).

**Índices de valor de Importancia para especies (IVI) y familias (IVF)**

De acuerdo con el IVI, los cinco taxones más relevantes a nivel regional fueron *G. sepium* (IVI: 41,6), *P. americana* (40,4), *A. excelsum* (22,70), *C. pentandra* (19,5) y *Albizia saman* (Jacq.) Merr. (19,06) (figura 4, tabla 2). En cuanto al IVF, los taxones más relevantes a nivel regional fueron Fabaceae (114,7), Lauraceae (47,37) y Anacardiaceae (24,88) (figura 5, tabla 3).

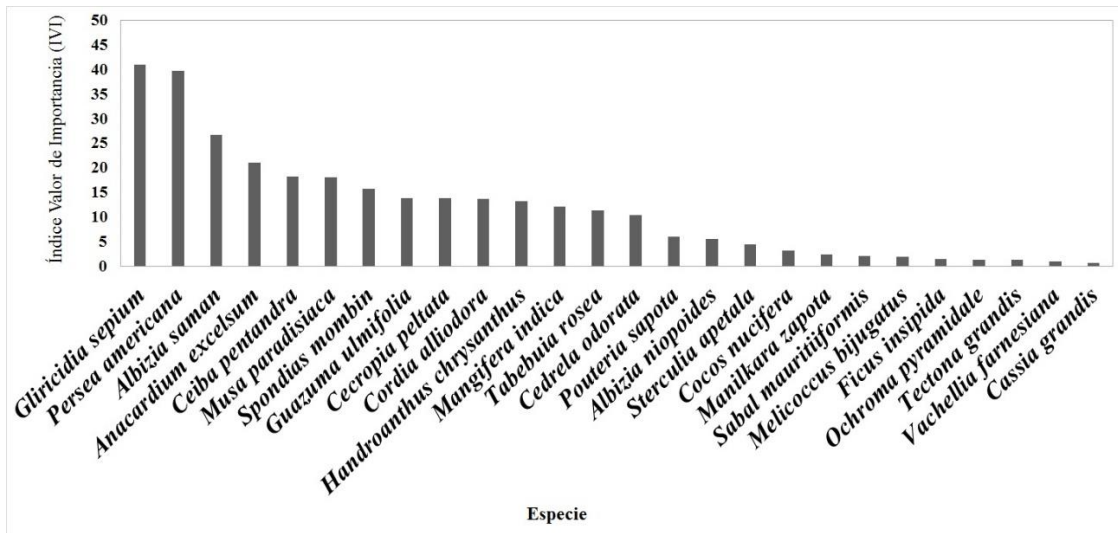


Figura 4. Índice de valor de importancia para especies (IVI) a nivel regional en una muestra de 15 ha localizada en Montes de María.

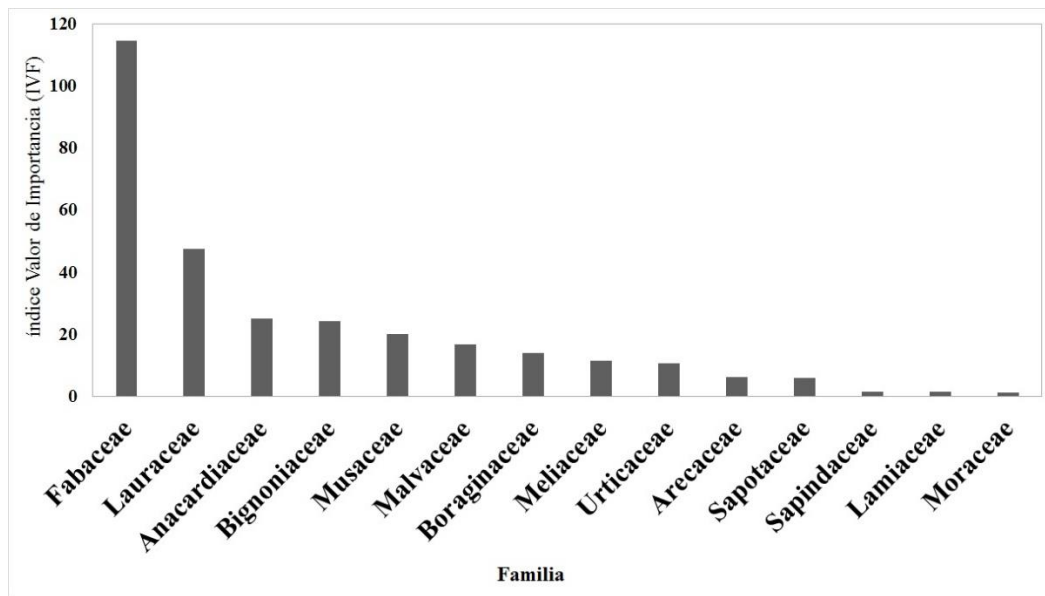


Figura 5. Índice de valor de importancia para familias (IVF) a nivel regional en una muestra de 15 ha localizada en Montes de María.

Composición florística y estructura de las especies de sombrío en los sistemas agroforestales de cacao

Tabla 2. Índice de valor de importancia por especie (IVI) y variables calculadas en los predios de cada municipio. A.B.: Área basal en m<sup>2</sup>; Fr.: Frecuencia relativa; Dr.: Densidad relativa; Dor.: Dominancia relativa; IVI: índice de valor de Importancia.

Especie	Carmen de Bolívar					San Jacinto					San Juan Nepomuceno				
	A.B.	Fr.	Dr.	Dor.	IVI	A.B.	Fr.	Dr.	Dor.	IVI	A.B.	Fr.	Dr.	Dor.	IVI
<i>Albizia niopoides</i>	4,90	20	6,19	4,17	7,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Albizia saman</i>	5,20	6	4,12	1,25	7,54	6,90	7	5,56	1,6	6,5	14,4	15	9,5	3,9	19,7
<i>Anacardium excelsum</i>	5,09	2	1,03	0,42	7,38	35,6	15	5,56	3,4	33,8	5,4	2	1,2	0,5	7,3
<i>Cassia grandis</i>	0,44	1	1,03	0,21	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cecropia peltata</i>	0,85	21	8,25	4,38	1,24	0,76	19	7,78	4,4	0,7	0,55	23	8,3	6,0	0,8
<i>Cedrela odorata</i>	9,57	24	4,12	5,00	13,9	2,38	10	1,11	2,3	2,3	1,70	6	1,2	1,6	2,3
<i>Ceiba pentandra</i>	-	-	-	-	-	24,1	12	5,56	2,8	22,9	13,5	7	3,6	1,8	18,4
<i>Cocos nucifera</i>	-	-	-	-	-	0,96	10	1,11	2,3	0,9	1,26	10	1,2	2,6	1,7
<i>Cordia alliodora</i>	1,93	5,15	5,00	2,80	2,59	0,68	11	3,33	2,52	0,64	2,31	43	9,5	11,1	3,2
<i>Ficus insipida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,09	4	2,4	1,0	1,5
<i>Gliricidia sepium</i>	6,37	113	16,5	23,5	9,25	4,86	90	16,7	20,6	4,6	3,91	63	11,9	16,3	5,3
<i>Guazuma ulmifolia</i>	3,32	21	7,22	4,38	4,81	1,72	16	6,7	3,7	1,6	1,55	21	7,1	5,4	2,1
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	3,42	18	6,19	3,75	4,96	5,89	31	7,8	7,1	5,6	0,75	4	2,4	1,0	1,0
<i>Mangifera indica</i>	5,87	7	3,09	1,46	8,52	5,88	18	4,4	4,1	5,6	4,52	9	2,4	2,3	6,2
<i>Manilkara zapota</i>	0,57	2	1,03	0,42	0,82	-	-	-	-	-	1,06	6	2,4	1,6	1,5
<i>Melicoccus bijugatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,92	5	2,4	1,3	2,6
<i>Musa paradisiaca</i>	2,33	54	10,3	11,3	3,38	1,37	58	10	13,3	1,3	0,23	8	1,2	2,1	0,3
<i>Ochroma pyramidale</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,01	8	1,19	2,1	1,4
<i>Persea americana</i>	9,97	118	15,46	24,58	14,47	6,66	79	12,2	18,1	6,3	4,98	57	8,3	14,8	6,8
<i>Pouteria sapota</i>	1,26	10	2,06	2,08	1,82	1,37	9	2,2	2,1	1,3	2,15	6	2,4	1,6	2,9
<i>Sabal mauritiiformis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,53	14	2,4	3,6	0,7
<i>Spondias mombin</i>	1,18	6	1,03	1,25	1,71	2,78	17	3,33	3,9	2,6	7,29	56	13,1	14,5	10,0
<i>Sterculia apetala</i>	3,82	6	1,03	1,25	5,12	1,77	4	1,11	0,9	1,7	1,06	2	1,2	0,5	1,4
<i>Tabebuia rosea</i>	2,85	27	6,19	5,63	4,14	0,78	14	3,33	3,2	0,7	2,00	17	4,8	4,4	2,7
<i>Tectona grandis</i>	-	-	-	-	-	0,77	8	1,11	1,8	0,7	-	-	-	-	-
<i>Vachellia farnesiana</i>	-	-	-	-	-	0,12	8	1,11	1,8	0,1	-	-	-	-	-



Tabla 3. Índice de valor de Importancia para familias (IVF) calculadas en los predios de cada municipio muestreado. A.B.: Área basal en m<sup>2</sup>; Fr.: Frecuencia relativa; Dr.: Densidad relativa; Dor.: Dominancia relativa; IVF: índice de valor de Importancia para familias.

Familia	Carmen de Bolívar					San Jacinto					San Juan Nepomuceno				
	A.B.	Fr.	Dr.	Dor.	IVF	A.B.	Fr.	Dr.	Dor.	IVF	A.B.	Fr.	Dr.	Dor.	IVF
Anacardiaceae	2,38	3,13	2,39	3,12	8,64	8,62	11,4	11,5	11,4	34,3	2,52	17,3	2,93	17,0	37,2
Arecaceae	-	-	-	-	-	0,96	2,29	1,28	2,29	5,86	1,4	6,21	1,65	6,2	14,0
Bignoniaceae	7,74	9,37	7,79	9,38	26,5	7,69	10,3	10,2	10,3	30,8	2,93	5,44	3,44	5,4	14,2
Boraginaceae	1,93	5,00	1,94	5,00	11,9	0,67	2,52	0,90	2,52	5,94	2,30	11,1	2,70	11	24,8
Fabaceae	63,6	29,1	63,9	29,1	122	41,5	24,1	55,5	24	103	61,5	20,2	72,2	20,2	112
Lamiaceae	-	-	-	-	-	1,83	1,83	1	1,8	4,63	-	-	-	-	-
Lauraceae	10	24,5	10,0	24,5	59,0	6,72	18,1	8,98	18	45,0	5,04	14,7	5,91	14,7	35,3
Malvaceae	0,33	5,62	0,33	5,62	11,5	2,95	7,33	3,94	7	18,2	2,29	9,84	2,68	9,8	22,3
Meliaceae	9,56	5,00	9,62	5,00	19,6	2,37	2,29	3,17	2,29	7,75	1,69	1,55	1,99	1,55	5,09
Moraceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	1,09	1,03	1,28	1	3,31
Musaceae	2,46	11,2	2,47	11,2	24,8	1,36	13,3	1,82	13	28,1	0,22	2,07	0,26	2	4,33
Sapindaceae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,2	1,29	2,59	1,2	5,08
Sapotaceae	0,51	2,50	0,51	2,50	5,51	0,34	2	0,45	2,1	4,55	1,38	3,1	1,62	3,1	7,82
Urticaceae	0,85	4,37	0,85	4,30	9,52	0,76	4,35	1,01	4,3	9,66	0,54	5,95	0,64	5,9	12,4

Tabla 4. Especies observadas (*S<sub>obs</sub>*), individuos obtenidos (N) e índices de diversidad de Shannon-Wiener (IH), dominancia de Simpson (ID) y equidad de Pielou (IJ) para los municipios muestreados y a nivel regional (Montes de María).

	<i>S<sub>obs</sub></i>	N	IH	IJ	ID
El Carmen de Bolívar	18	480	2,3	0,7	0,14
San Jacinto	19	436	2,5	0,8	0,11
San Juan Nepomuceno	22	386	2,6	0,8	0,10
Muestra Regional	26	1302	2,6	0,8	0,11

**Diversidad y similitud de especies**

A nivel regional, el índice de Shannon-Wiener arrojó un valor de 2,63, el de equidad de Pielou fue de 0,81 y el de dominancia de Simpson 0,11 (tabla 4). En cuanto al Índice de Sørensen, para todos los pares de municipios comparados se obtuvieron valores de similitud iguales o mayores al 80 %, siendo San Jacinto y San Juan Nepomuceno los municipios más homogéneos, con 82,93 %, siguiéndole San Jacinto y el Carmen de Bolívar, con 81,08 %, en tanto que los menos homogéneos

fueron El Carmen de Bolívar y San Juan Nepomuceno, con 80 %.

De acuerdo con las curvas de acumulación y estimación de especies (figura 6), se evaluó la completitud en función de la riqueza específica obtenida (26 especies). Para el estimador de Chao-1 se proyectaron 26 especies (completitud: 100 %), en tanto que para los restantes estimadores se obtuvieron los siguientes resultados: Chao-2: 27,6 (93,9%), Jackknife-1: 29,9 (86,8%), Jackknife-2: 31,2 (83,2%), y Bootstrap: 28,8 (92,5%).

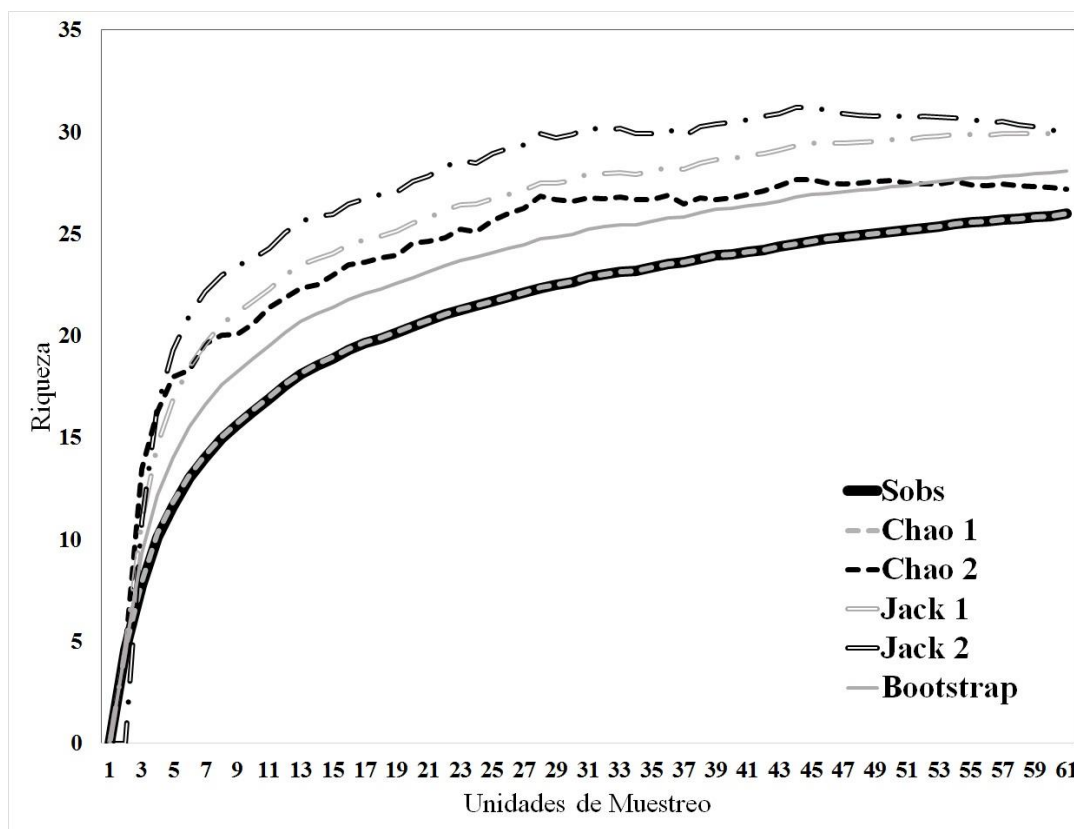


Figura 6. Curvas de acumulación de especies observadas (Sobs) y estimadas en el área de estudio.

## Discusión

### Composición botánica

Los valores de riqueza (26 especies) y densidad (87 individuos por ha) resultantes se encuentran dentro de los valores reportados en otras zonas cacaoteras del mundo, siendo incluso superior a los de algunos municipios del estado de Chiapas, México (Roa-Romero *et al.*, 2009; Avendaño-Arrazate *et al.*, 2021) y similares a los registrados en zonas semideciduas del este de Ghana (Asigbaase *et al.*, 2019). En contraste, la diversidad resultó ser menor a la reportada para la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica (Guiracocha *et al.*, 2001) y, en lo que respecta a Colombia, menor a las obtenidas en municipios con ecosistemas de bosque seco tropical en el departamento del Huila (Ordoñez-Espinosa y Rangel-Ch, 2020) y en la región amazónica (Rojas-Molina *et al.*, 2021).

Los productores de cacao de Montes de María sembraron sus cacaotales en áreas de cultivos de aguacate (Burbano-Figueroa, 2019) y priorizaron aquellas especies arbóreas que provenían de relictos de bosque o que se obtuvieron por

regeneración natural, en donde sobresalen algunas especies longevas y con gran aporte de área basal, como *A. excelsum*, *C. pentandra*, *A. saman*, *M. indica* y *S. mombin* (tabla 2). Por tanto, se deduce que los arreglos no corresponden a los recomendados por paquetes tecnológicos ofrecidos en otras zonas de Colombia y a las prácticas de manejo asociadas a ellos (Pinzón *et al.*, 2012; Jaimes *et al.*, 2021), afectando de esta forma el rendimiento del cultivo de cacao e incrementando, mediante su diversidad, los servicios ecosistémicos (Bisseleua y Vidal, 2007; Andrade *et al.*, 2017).

### Índices de valor de importancia para especies (IVI) y familias (IVF)

Los sistemas agroforestales de cacao en la subregión de los Montes de María, están conformados por especies y familias típicas del ecosistema bosque seco tropical, así mismo, dominados por especies de importancia ecológica y económica como lo son *G. sepium* y *P. americana*, especies que, de acuerdo con el IVI, fueron las más relevantes. En el caso de la primera, su relevancia se debió a la variedad de usos que tienen por parte de los productores (tabla 1) y a los beneficios que proporciona para el desarrollo de los

cacaotales, especialmente la rapidez de crecimiento, adecuación de suelos y proporción de sombra. La relevancia de la segunda especie se debe a la importancia económica que tiene para la población montemariana (Yabrudy-Vega, 2012; Burbano-Figueroa, 2019). Además, Marín *et al.* (2016) encontraron que este tipo de arreglos pueden almacenar hasta 31,7 t C/ha, por lo que su uso en asocio con otras especies de bosque seco tropical puede convertirse en una estrategia que aporte al incremento de los sumideros de carbono. Así mismo, se constituye en una importante fuente de nutrientes del suelo a través de su hojarasca, lo que puede favorecer la producción (Jaimez y Franco, 1999). Es importante tener en cuenta que tanto el aguacate como el cacao son afectados por agentes fitopatológicos del género *Phytophthora*, no obstante, *P. cinnamomi*, que es el agente causal del marchitamiento del aguacate, en otra región con bosque seco tropical (Departamento del Cesar-Colombia) no ha incrementado el riesgo de afectación a cacaotales en asocio con aguacates (Tofiño *et al.*, 2012), lo que es importante debido a que esta enfermedad es la principal limitante de este cultivo en la subregión de los Montes de María (Burbano-Figueroa, 2019).

Menores valores de IVI correspondieron a las especies *Cassia grandis*, *S. mauritiiformis*, *C. odorata*, *T. roseae*, y *M. bijugatus*, lo que se atribuye a actividades antrópicas extractivas para el aprovechamiento de los bienes y servicios que ofrecen estos taxones. Esta tendencia ha sido también registrada en el departamento del Huila y en la región norte del Caribe colombiano (Ordoñez-Espinosa y Rangel-Ch, 2020; García *et al.*, 2021). Según los valores del IVF, la familia más destacada fue Fabaceae, lo que se debe a su alta capacidad adaptativa, fisiológica y estructural, características que sustentan su importancia en los ecosistemas de bosque seco tropical en Colombia (Mendoza-C, 1999; Pizano y García, 2014).

### Persistencia de las hojas

La mayor proporción de las especies fueron caducifolias (42%) (tabla 1), condición que favorece la adaptación de estos taxones al bosque seco tropical (Pizano y García, 2014); sin embargo, se ha demostrado que este tipo de especies con deshoje mayor afectan el rendimiento fisiológico de los árboles de cacao y por consiguiente su rendimiento productivo, especialmente en épocas secas (Agudelo-Castañeda *et al.*, 2018; Ordoñez-Espinosa *et al.*, 2021), siendo este un problema que actualmente afecta los cacaotales de la región, debido a que Montes de María posee dos épocas marcadas de bajas precipitaciones (junio-julio y diciembre-

febrero) (Burbano-Figueroa, 2019). Por ello, se ha observado escasez de sombrío en estas épocas a causa de los doseles caducifolios, afectándose de esta forma los cultivos de cacao.

### Origen y estados de conservación

Se destaca que la vegetación obtenida en este estudio es típica de la composición florística del bosque seco tropical para la región Caribe colombiana (Pizano y García, 2014; Bernal *et al.*, 2019). Se registraron 20 especies nativas y siete especies con algún grado especial de preservación. De acuerdo con la fragilidad del ecosistema en Montes de María (Pizano y García, 2014), esta condición ha favorecido la presencia de instituciones durante los últimos años en la región, en donde han empleado el cultivo de cacao como medio para la conservación, siendo este un potencial que algunos autores han evaluado (Guiracocha *et al.*, 2001; Asigbaase *et al.*, 2019).

Se resalta que algunas especies presentan algún grado de amenaza. De acuerdo a Pizano y García (2014), la especie *Anacardium excelsum* se le ha sido asignado un estado entre preocupación menor y casi amenazada, en tanto que *Ceiba pentandra*, *Cordia alliodora* y *Handroanthus chrysanthus* presentan un estado de preocupación menor. Por su parte, *Cedrele odorata* se encuentra en peligro crítico, *Sabal mauritiiformis* se encuentra casi amenazada y *Vachellia farnesiana* tiene alto potencial de riesgo de invasión biológica.

### Estructura

En lo referente a la altura de los individuos registrados, el mayor número de ejemplares se ubicó en el intervalo 12,01-15 m, mientras que de acuerdo a la metodología propuesta por Somarriba (2004) el mayor número de individuos se ubicó en el estrato medio. Esta distribución altimétrica es similar a la encontrada en otras regiones, como es el caso de Cárdenas, Chiapas (México) y el Amazonas colombiano (Sánchez *et al.*, 2016; Avendaño-Arrazate, 2021; Rojas-Molina *et al.*, 2021). Estos rangos de distribución demostraron que los arreglos agroforestales de cacao en la subregión se asemejan a bosques jóvenes o secundarios, muy similar a lo registrado por Rojas-Molina *et al.* (2021) en el Amazonas. La especie *P. americana*, con una altura promedio de 13,20 m ( $\pm 0,53$ ), tuvo la mayor frecuencia en el rango de 12,01 a 15 m, lo que coincidió con Burbano-Figueroa (2019), quién documentó que en Montes de María los individuos de esta especie pueden alcanzar alturas de hasta 15 m. En referencia a la información basimétrica, se determinó que las especies de sombrío aportaron en promedio 18 m<sup>2</sup> de área basal por

hectárea, valor mayor al reportado en Huila, Colombia (Ordoñez-Espinosa y Rangel-Ch, 2020) y similar a la media de Cárdenas, México (Sánchez *et al.*, 2016).

### Diversidad y similitud de especies

El índice de Shannon-Wiener arrojó una diversidad media (2,63), lo que indica que hubo homogeneidad en la diversidad proporcional. Este valor se atribuye al manejo marginal y tradicional de los cacaotales por parte de los productores (Abbott *et al.*, 2019), los cuales no han implementado un paquete tecnológico adecuado. Este resultado guarda relación con lo observado en otras regiones, en donde la intensificación de la producción es mayor y la diversidad de las especies de sombrero tiende a disminuir (Bisseleua y Vidal, 2008; Guiracocha *et al.*, 2001; Asigbaase *et al.*, 2019). Los productores muestreados en este estudio se preocupan por mantener su diversidad, debido a los servicios ecosistémicos que les proporcionan estas especies. En similares estudios también se comprobó la importancia que los agricultores le asignan a los servicios ecosistémicos en zonas de bosque seco en el Tolima, especialmente en lo atinente a la protección de las fuentes hídricas (Andrade *et al.*, 2016).

Con relación a la similitud entre pares de municipios, el índice de Sørensen evidenció que los tres municipios considerados en el estudio presentan alta semejanza entre sí. Lo anterior se debe a que las plantaciones de cacao de los tres municipios se encuentran cercanas, como también a un patrón de semejanza con respecto a las prácticas de establecimiento de los cacaotales, debido a que esas siembras fueron promovidas simultáneamente por el gobierno colombiano (Aguilera-Díaz, 2013).

En cuanto a las curvas de acumulación para especies observadas y estimadas, se encontró que a nivel regional estas son equitativas y poseen tendencia a normalizarse. En lo referente a la completitud, el muestreo fue satisfactorio, debido a que superó el 85 % de completitud según todos los estimadores calculados (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; Villarreal *et al.*, 2004), exceptuando el de Jackknife-2 que arrojó un valor de 83,2 %. Sin embargo, el indicador de Jackknife-2 es más cercano a la riqueza verdadera para unidades de muestreo menores de 30, situación contraria al presente estudio en donde el número de unidades de muestreo fue de 60, en donde el de Jackknife-1 es más preciso (López-Gómez y Williams-Linera, 2006). La información anterior sugiere que a pesar de que la riqueza en este estudio no fue igual a la estimada, el enfoque de muestreo fue satisfactorio, por lo que

se recomienda la réplica de esta metodología en regiones con ecosistema similar y el uso de estimadores no paramétricos para plantas leñosas, como los basados en la técnica Jackknife.

### Agradecimientos

A las familias de cacaoteros de la subregión de los Montes de María, especialmente a la del profesor Edgardo Rafael Torres Castellar. Al personal técnico de la Asociación Nacional Cacaotera de Colombia (Red Cacaotera): Ángela Aya Hernández, Ariel Alfonso Arias, Claudia Serrano Balmaceda, Leyner Barrios Jaraba, Ornella Repizzo Alfonso, Sair Mendoza Contreras, y a su gerente, Miguel Ángel Vargas Caro. Se agradece a Harold Arango Moreno y al programa Riqueza Natural de USAID, por haber financiado los esfuerzos en adopción de prácticas agroecológicas en fincas cacaoteras en la subregión de los Montes de María y, por último, a Juan Fernando Gutiérrez Cárdenas y a Everth Ebratt Ravelo, por sus valiosos conocimientos sobre el subsector cacaotero y la biodiversidad.

### Referencias

- Abbott, P.C., Benjamin, T.J., Burniske, G.R., Croft, M.M., Fenton, M., Kelly, C.R., Lundy, M., Rodríguez-Camayo, F. y Wilcox, M.D. 2018. *Análisis de la cadena productiva de cacao en Colombia*. United States Agency for International Development – USAID, Santiago de Cali.
- Agudelo-Castañeda, G.A., Cadena-Torres, J., Almanza-Merchán, P.J., y Pinzón-Sandoval, E.H. 2018. Desempeño fisiológico de nueve genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo la sombra de tres especies forestales en Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 12 (1): 223-232. Doi: <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7341>
- Aguilera-Díaz, M.M. 2013. Montes de María: una subregión de economía campesina y empresarial. Documentos de trabajo sobre economía regional y urbana; No. 195. Banco de la Republica, Cartagena.
- Andrade, H.J, Segura, M., y Sierra, E. 2017. Percepción local de los servicios ecosistémicos ofertados en fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima, Colombia. *Revista Luna Azul* 45: 42-58. Doi: <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.45.4>.
- Asigbaase, M., Sjoergersten, S., Lomax B.H. y Dawoe, E. 2019. Tree diversity and its ecological importance value in organic and conventional cocoa agroforests in Ghana. *PLoS ONE* 14 (1): 1-19. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210557>.
- Avenidaño-Arrazate, C.H., Suárez-Venero, G.M., Mendoza-

- López, A., Martínez-Bolaños, M., Reyes-Reyes, J. y Espinosa-Zaragoza, S. 2021. Composición arbórea de especies asociadas al cacao: selva Lacandona y sistemas agroforestales, Chiapas, México. *Agronomía Mesoamericana*, 32 (2): 365-381. Doi: <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.41630>.
- Bernal, R., Gradstein, S.R., y Celis, M. 2019. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Disponible en: <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co> . Consultado: 10 octubre de 2021.
- Bisseleua, H., y Vidal, S. 2008. Plant biodiversity and vegetation structure in traditional cocoa forest gardens in southern Cameroon under different management. *Biodiversity and Conservation* 17: 1821–1835. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9276-1>.
- Burbano-Figueroa, O. 2019. Sistemas agroforestales de aguacate antillano en Montes de María (Colombia): un modelo conceptual del sistema de producción. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 25 (2): 75-102. Doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2018.09.018>.
- Cordero, J., y Boshier, D.H. 2003. Descripciones de especies de árboles nativos de América Central. En: Cordero, J., y Boshier, D.H. Editores. *Árboles de Centroamérica. Un Manual para Extensionistas*. Instituto Forestal de Oxford-CATIE. San José de Costa Rica.
- García, H., Carbonó-De la Hoz, E., y Barranco-Pérez, W. 2021. Diversidad beta del bosque seco tropical en el norte del Caribe colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 45 (174): 95–108. Doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyfn.1267>.
- Gentry, A. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. En: Hecht M.K., Wallace B., Prance G.T. Editores. *Evolutionary Biology*. Boston: Springer, Boston.
- González-Oreja, J.A., De la Fuente-Díaz-Ordaz, A.A., Hernández-Santín, L., Buzo-Franco, D. y Bonache-Regidor, C. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves en áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation* 33.1: 31–45.
- Guiracocha, G., Harvey, C.A., Somarriba, E., Krauss, U. y Carrillo, E. 2001. Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 8 (30): 7-11.
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8 (31): 151–161.
- Hernández-Camacho, J., y Sánchez, H. 1992. Biomas terrestres de Colombia. En: Halffter, G. Editor. *La diversidad biológica iberoamericana I*. Acta Zoológica Mexicana, México. D.F. Instituto de Ciencias Naturales (ICN). 2021. Herbario Nacional Colombiano, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/search/plants/>. Consultado: 10 octubre de 2021.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2022. Atlas climatológico de Colombia. Disponible en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html> . Consultado: 10 diciembre de 2021.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1997. Mapa Digital de Suelos del Departamento de Bolívar, República de Colombia. Escala 1:100.000. Disponible en: <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia> . Consultado: 10 diciembre de 2021.
- IPNI. 2021. International Plant Name Index (IPNI). Disponible en: <https://www.ipni.org/> . Consultado: 10 octubre de 2021.
- Jaimes, Y.Y., Agudelo, G.A., Báez, E.Y., Rengifo, G.A., y Rojas-Molina, J. 2021. Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el departamento de Santander. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA. Doi: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7404647>.
- Jaimez, R., Franco, W. 1999. Producción de hojarasca, aporte en nutrientes y descomposición en sistemas agroforestales de cacao y frutales. *Agrotropica* 11 (1): 1-8.
- López, C. R., Sarmiento, C., Espitia, L., Barrero, A.M., Consuegra, C., y Gallego, C., B. 2016. *100 plantas del Caribe colombiano. Usar para conservar: aprendiendo de los habitantes del bosque seco*. Fondo Patrimonio Natural, Bogotá D.C.
- López-Gómez, A.M., y Williams-Linera, G. 2006. Evaluación de métodos no-paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 78: 7-15. Doi: <https://doi.org/10.17129/botsoci.1717>.
- MADR. 2021. Cadena de cacao, cifras sectoriales. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf> . Consultado: 10 diciembre de 2021.

- Marín Q., M. del P., Andrade, H.J., y Sandoval, A.P. 2016. Fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de sistemas de producción de cacao en el departamento del Tolima, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 19 (2): 351-360. Doi: <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n2.2016.89>.
- Martínez-Sánchez, J.L. 2016. Comparación de la diversidad estructural de una selva alta perennifolia y una mediana subperennifolia en Tabasco, México. *Madera y Bosques* 22 (2): 29-40. Doi: <https://doi.org/10.21829/myb.2016.2221322>.
- Mendoza-C., H. 1999. Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el valle del río Magdalena, Colombia. *Caldasia* 21: 70-94.
- Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Sociedad Entomológica Aragonesa, Aragón.
- Ordoñez-Espinosa, Claudia-Mercedes, Suárez-Salazar, Juan-Carlos, Rangel-Churio, Jesús-Orlando y D., Saavedra-Mora. 2021. Los sistemas agroforestales y la incidencia sobre el estatus hídrico en árboles de cacao. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 19 (1): 256-267. Doi: <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n1.2021.1623>.
- Ordoñez-Espinosa, Claudia-Mercedes, y Rangel-Ch, J. 2020. Composición florística y aspectos de la estructura de la vegetación en sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.-Malvaceae) en el departamento del Huila, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 44 (173): 1033-1046. Doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1183>.
- Pinzón, J., Rojas, J. Rojas, F., Ramírez, O., Moreno, F. y Castro, G. 2012. *Guía técnica para el cultivo del cacao*. Fedecacao. Bogotá. D.C.
- Pizano, C., y García, H. 2014. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C.
- POWO. 2022. Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Disponible en: <http://www.plantsoftheworldonline.org/>. Consultado: 10 octubre de 2021.
- Rangel-Ch., J.O., y Velázquez, A. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. En: Rangel-Ch., J.O., Lowy-C., P., y Aguilar-P., M. Editores. *Colombia diversidad biótica II: Tipos de vegetación en Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- Ríos, F., Ruiz, A., Lecaro, J., y Rehpani, C. 2017. *Estrategias país para la oferta de cacaos especiales -Políticas e iniciativas privadas exitosas en el Perú, Ecuador, Colombia y República Dominicana*. Fundación Swisscontact Colombia. Bogotá D. C.
- Roa-Romero, H., Salgado-Mora, M.G., y Álvarez-Herrera, J. 2009. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Soconusco, Chiapas – México. *Acta Biológica Colombiana* 14 (3): 97-109.
- Rojas-Molina, J., Ramos, P., Castro, M., Pesca, A., Vargas, Y., y Escobar, L. 2021. Estructura y composición florística de bosques asociados a especies de *Theobroma* en la Amazonía colombiana. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12 (68), 128-150. Doi: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i68.1078>.
- Sánchez, F., Pérez-Flores, J., Obrador, J., Sánchez, Á., y Ruiz-Rosado, O. 2016. Árboles maderables en el sistema agroforestal de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 14: 2711-2733. Doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i14.440>.
- Somarriba, E. 2004. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra?. *Agroforestería en las Américas* (41-42): 122-130.
- Somarriba, E., y Beer, J. 2011. Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry systems with timber or legume service shade trees. *Agroforestry systems* 81 (2): 109-121. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9364-1>.
- Tofiño, A., Cabal, D. y Gil, L.F. 2012. Análisis de componentes del sistema productivo de aguacate, con incidencia probable de *Phytophthora* en Cesar, Colombia. *Avances en Investigación Agropecuaria* 16 (2): 63-90.
- Trópicos. 2021. Trópicos. Missouri Botanical Garden. Saint Louis, USA. Disponible en: <https://www.tropicos.org/home>. Consultado: 10 octubre de 2021.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. M. 2004. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C.
- Williams, K.J. 2019. Using cacao to catalyze development: productivity drivers and technology adoption amongst smallholder farmers in Montes de María, Colombia. Tesis de Maestría, Cornell University, New York, United States.
- Yabrudy-Vega, J. 2012. El aguacate en Colombia: Estudio de caso de los Montes de María, en el Caribe colombiano. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana; No. 171. Banco de la República, Cartagena