

## Caracterización del componente arbóreo asociado al cultivo de palma camedor en la Selva Lacandona, Chiapas, México

### Characterization of the tree component associated with the camedor palm cultivation in the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico

Facundo Sánchez-Gutiérrez<sup>1</sup> , Leonardo Beltrán-Rodríguez<sup>2</sup> , Chankin Valenzuela-Gómez<sup>1</sup> , Martín Gerardo Martínez -Valdés<sup>1</sup> , Carlos Alejandro González-González<sup>1</sup> , Rubén Monroy Hernández<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Facultad Maya de Estudios Agropecuarios de la Universidad Autónoma de Chiapas, CP. 29980, Carretera Catazajá-Palenque km 4, Catazajá, Chiapas México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Etnobotánica Ecológica, Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, CP. 04510, Tercer Circuito exterior S/N, Ciudad Universidad, Coyoacán, Ciudad de México, México.

\*Autor de correspondencia: [ruben.monroy@unach.mx](mailto:ruben.monroy@unach.mx)

#### Artículo científico

Recibido: 30 de abril 2024

Aceptado: 28 de abril 2025

**RESUMEN.** Se caracterizó la estructura, composición y diversidad de especies arbóreas utilizadas como sombra en sistemas agroforestales tradicionales (SAF) de *Chamaedorea ernesti-augusti* H. Wendl., con edades de uno a cinco años, en la comunidad de Puerto Bello Metzabok, Selva Lacandona, México. En cada grupo de edad se establecieron aleatoriamente dos unidades de muestreo (UM) de 600 m<sup>2</sup>. Se midieron el diámetro normal (DN) y la altura total (At) de los árboles con DN  $\geq$  2 cm. La composición arbórea y la estructura se estimaron mediante el índice de valor de importancia (IVI) y forestal (IVF), y la diversidad se evaluó utilizando el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Simpson (D) y el Alfa de Fisher ( $\alpha$ ). Se registraron un total de 947 individuos pertenecientes a 93 especies, distribuidas en 82 géneros y 44 familias botánicas, de las cuales siete están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. En promedio se encontraron 1 578 ind. ha<sup>-1</sup>, con un DN promedio de 12.1 cm y una At promedio de 11.4 m. Las especies con IVI e IVF más altos fueron *Trichospermum mexicanum*, *Lonchocarpus salvadorensis*, *Nectandra salicifolia* y *Dendropanax arboreus*. Los SAF de tres años presentaron la mayor diversidad de especies ( $H' = 3.76$ ,  $D = 0.94$  y  $\alpha = 22.24$ ). Estos hallazgos ofrecen información valiosa sobre la importancia estructural en las primeras etapas de sucesión ecológica de los árboles de sombra empleados en la producción un producto forestal no maderable de alta importancia económica en la región, lo que constituye una herramienta útil para su manejo sostenible.

**Palabras clave:** Agroforestería, dasometría, árboles de sombra, sistemas agroforestales, productos forestales no maderables.

**ABSTRACT.** Tree structure, composition and diversity used for shade in traditional agroforestry systems (SAF) of *Chamaedorea ernesti-augusti* H. Wendl., with ages of one to five years, in the Puerto Bello Metzabok community, Selva Lacandona, Mexico, were characterized. In each age group, two sampling units (MU) of 600 m<sup>2</sup> were randomly established. The normal diameter (DN) and height of trees with DN  $\geq$  2 cm were measured. Tree composition and structure were determined through the importance value index (IVI) and forest index (IVF), and diversity was evaluated with Shannon-Wiener ( $H'$ ), Simpson (D) and Fisher's Alpha ( $\alpha$ ) indexes. A total of 947 individuals belonging to 93 species, and distributed in 82 genera and 44 families were recorded, on which seven are catalogued in NOM-059-SEMARNAT-2010. An mean of 1 578 individuals. ha<sup>-1</sup> were registered, with an average of 12.1 cm in DN and 11.4 m in height. The species with the highest IVI and IVF values were *Trichospermum mexicanum*, *Lonchocarpus salvadorensis*, *Nectandra salicifolia* and *Dendropanax arboreus*. The three-year SAF recorded greater species diversity ( $H' = 3.76$ ,  $D = 0.94$  and  $\alpha = 22.24$ ). These findings ongoing valuable information about the structural importance in the first stages of ecological succession of shade trees used in the production of a non-timber forest product of high economic importance in the region, which constitutes a useful tool for its sustainable management.

**Keywords:** Agroforestry, dasometry, shade trees, agroforestry systems, non-timber forest products.

**Como citar:** Sánchez-Gutiérrez F, Beltrán-Rodríguez L, Valenzuela-Gómez C, Martínez -Valdés MG, González-González CA, Monroy Hernández R (2025) Caracterización del componente arbóreo asociado al cultivo de palma camedor en la Selva Lacandona, Chiapas, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 12(1): e4162. DOI: 10.19136/era.a12n1.4162.

## INTRODUCCIÓN

En México, la Selva Lacandona es una de las zonas de selva tropical húmeda más importantes de Mesoamérica debido a su riqueza biológica (Izquierdo-Tort *et al.* 2024, Martínez-Ruiz *et al.* 2025). En esta región se encuentran aproximadamente 4 300 especies de plantas, distribuidas en 61 familias, con especies de origen neártico y neotropical. Entre las más destacadas se encuentran el cuerillo (*Ampelocera hottlei* Standl.), el jobillo (*Astronium graveolens* Jacq.), el ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.), el barí (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), el cedro (*Cedrela odorata* L.) y la caoba (*Swietenia macrophylla* King) (Navarrete-Segueda *et al.* 2017).

Además, la selva alberga importantes productos forestales no maderables (PFNM) de gran valor económico, como la vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews), el cacao (*Theobroma cacao* L.) y la palma camedor (*Chamaedorea* spp.) (Buda *et al.* 2014, 2017, Navarrete-Segueda *et al.* 2017). Estos productos no solo contribuyen a la economía local, sino que también desempeñan un papel crucial en la conservación de los ecosistemas y en el desarrollo de prácticas sostenibles (Shackleton y de Vos 2022). A pesar de la relevancia ecológica de la Selva Lacandona, su superficie ha disminuido en las últimas décadas, debido a la expansión de terrenos destinados a la agricultura y la ganadería, lo que ha provocado graves pérdidas en la diversidad biológica (Martínez-Ruiz *et al.* 2025). En respuesta a esta situación, se han promovido acciones orientadas al manejo sostenible de los recursos naturales. Una de estas iniciativas, en el ámbito agrícola y silvícola, es el establecimiento de sistemas agroforestales (SAF), que integran cultivos como el cacao, el café y la palma camedor (*Chamaedorea* spp.) en ambientes forestales (Andrade *et al.* 2024). La *Chamaedorea ernesti-augusti* tiene la capacidad de desarrollarse bajo el dosel de los árboles y en vegetación secundaria (acahuales), contribuyendo a la conservación de la biodiversidad en zonas de alta diversidad o en áreas vulnerables a la degradación ecológica (Granados-Sánchez *et al.* 2004).

En los sistemas agroforestales (SAF) se utilizan deliberadamente plantas perennes de carácter leñoso, como árboles, arbustos, palmas y bambúes, para proporcionar sombra en actividades agrícolas o ganaderas (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2016). Estas plantas no solo brindan beneficios de protección solar, sino que también aportan madera, leña, frutas y diversos insumos para medicina alternativa, forraje, aceites y ornamentales (Andrade *et al.* 2024). En particular, los sistemas agroforestales que integran a *Chamaedorea* spp. bajo un manejo de recolección, se promueven como modelos sostenibles que combinan el conocimiento tradicional con necesidades económicas. En estos sistemas, la copa de los árboles regula la luz solar que reciben las palmas, lo que permite obtener hojas de alta calidad, evitando la decoloración y favoreciendo un crecimiento adecuado (Granados-Sánchez *et al.* 2004, Buda *et al.* 2017, Briones-Ruiz *et al.* 2025). El manejo adecuado de la sombra, a través del control de la altura, la cobertura y la densidad de los árboles, es clave para obtener hojas de palma comercialmente viables (Andrade *et al.* 2024).

Los PFNM son bienes biológicos extraídos de bosques y selvas que se comercializan a diferentes niveles. Incluyen plantas, hongos y tierra de monte, excluyendo madera, leña y carbón vegetal, así como los servicios ecosistémicos que estos entornos ofrecen (Shackleton y de Vos 2022). El aprovechamiento sostenible de los PFNM es fundamental para la conservación de bosques y selvas, y juega un papel clave en el bienestar de las comunidades locales (Shackleton y de Vos 2022). En la Selva Lacandona, la mayoría de estos PFNM son gestionados por de Unidades de Manejo para

la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs), cuyo principal objetivo es la preservación de la biodiversidad (Buda 2017). En este contexto, la *Chamaedorea spp.*, es un PFNM relevante cuyo manejo se integra dentro de estas estrategias de conservación.

En el continente americano se han registrado aproximadamente 133 especies de palmas (Leal *et al.* 2023), de las cuales 50 se encuentran en los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz, México (Pulido-Silva *et al.* 2022). De estas 133 especies, 50 pertenecen al género *Chamaedorea*, y 11 de ellas son endémicas de México (Orantes-García *et al.* 2019). En México, el aprovechamiento de diversas especies de *Chamaedorea*, como *C. hooperiana*, *C. concolor*, *C. elegans*, *C. oblongata*, *C. tepejilote* y *C. ernesti-augusti*, comenzó en la década de los cuarenta (Buda *et al.* 2014, 2017). Entre los años cincuenta y setenta, en la Selva Lacandona, se intensificó la extracción de *C. ernesti-augusti* de poblaciones silvestres (Buda *et al.* 2014, 2017). Esta actividad se convirtió en una fuente importante de ingresos para las comunidades locales. A mediados de los noventa, se empezó a regular su aprovechamiento y se promovió su producción en plantaciones (Buda *et al.* 2014, 2017). En el año 2000, las especies del género *Chamaedorea* fueron incluidas en la lista oficial de especies amenazadas en México (SEMARNAT 2010). Desde entonces, se han implementado medidas de regulación a través de la creación de UMAs para mitigar la destrucción de su hábitat natural (Buda *et al.* 2014, 2017).

En el estado de Chiapas se registran ocho especies de *Chamaedorea*: *C. elegans*, *C. oblongata*, *C. quezalteca*, *C. seifrizii*, *C. tepejilote*, *C. woodsoniana* y *C. ernesti-augusti* (Pulido-Silva *et al.* 2022). Estas palmas tienen una gran importancia económica a nivel regional, nacional e internacional, ya que se utilizan para la producción de materiales para vivienda, fibras, combustible, alimentos y artesanías (Leal *et al.* 2023, Pulido-Silva *et al.* 2022). De todas, *C. ernesti-augusti* es la especie más cosechada en la Selva Lacandona, debido a su alta demanda comercial y sus características morfológicas. Sin embargo, el aprovechamiento ilegal de sus hojas, mediante recolección no sostenible, provoca la mortandad de las plantas (Buda *et al.* 2014). De acuerdo con Buda *et al.* (2017) e Izquierdo-Tort *et al.* 2024, esta situación se debe principalmente a la falta de un programa de manejo adecuado para la especie, lo cual es un requisito para el funcionamiento de las UMAs como herramienta para un aprovechamiento sostenible.

En la Selva Lacandona, los pobladores establecen plantaciones de *C. ernesti-augusti* asociadas con diversas especies arbóreas para proporcionar sombra y asegurar que las palmas alcancen tallas óptimas para la cosecha. Sin embargo, algunas de estas especies no cumplen con el beneficio esperado en la calidad de las hojas, lo que resulta en pérdidas económicas (Buda *et al.* 2014, 2017). A pesar de que México es rico en cuanto a especies de *Chamaedorea* con valor económico y social, hay pocos estudios que determinen cuáles especies arbóreas son más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de la *C. ernesti-augusti*. Por ello, el objetivo de esta investigación fue caracterizar la estructura, composición y diversidad de especies arbóreas utilizadas como sombra en sistemas agroforestales de *C. ernesti-augusti* de uno a cinco años de edad, en la comunidad de Puerto Bello Metzabok, dentro del Área Natural Protegida Metzabok, en la Selva Lacandona, Chiapas, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en sistemas agroforestales (SAF) de palma camedor (*Chamaedorea ernesti-augusti*) dentro del Área Natural Protegida (ANP) Metzabok, localizada en la comunidad de Puerto Bello Metzabok, municipio de Ocosingo, Chiapas, habitada por la etnia Maya-Lacandón. Las estructuras organizacionales en Metzabok son los clanes familiares y linajes que tienen como autoridades a los patriarcas del linaje y a la autoridad tradicional, el To'ohil. La mayor parte de las viviendas son construcciones de tipo tradicional que cuentan con todos los servicios públicos. La población tiene un bajo nivel de educación formal, y se dedican en su mayoría a la agricultura, caza, pesca, elaboración de artesanías y turismo (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2017).

Esta área se encuentra en el noreste de la Selva Lacandona, entre las coordenadas 17° 08' 36" LN y 91° 34' 42" LO, a una altitud de entre 600 y 650 m. El clima es cálido húmedo, con lluvias durante todo el año (Af(m)), temperatura media anual de 24 °C y precipitación promedio anual de 3 160 mm. Los suelos predominantes incluyen acrisoles, redzinas, gleysoles mólicos, luvisoles crómicos, cambisoles, vertisoles y litosoles-calcáricos (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2017).

La vegetación dominante en la zona es selva alta perennifolia. Los SAF de *C. ernesti-augusti* están ubicados en la sección de uso tradicional del ANP, que cuenta con una cobertura de vegetación secundaria (VS) de 35 años, resultado del abandono del sistema agrícola de roza-tumba (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2021). En esta vegetación secundaria se establecieron plantaciones comerciales de *C. ernesti-augusti*, en suelos tipo acrisol, caracterizados por su origen lixiviado, color rojo o amarillo, y baja capacidad de intercambio catiónico (FAO 2009).

### Unidad de muestreo y variables dasométricas

Los cultivos de *C. ernesti-augusti* en la VS tienen entre uno y cinco años de edad (Figura 1). Se empleó un diseño de muestreo aleatorio estratificado, en el que se seleccionaron y establecieron dos unidades de muestreo (UM) de 20 x 30 m (600 m<sup>2</sup>) para cada edad del cultivo, sumando un total de 10 UM (6 000 m<sup>2</sup>). Cada UM fue subdividida en seis subunidades de muestreo (SUM) de 10 x 10 m (100 m<sup>2</sup>) para facilitar la toma de mediciones dasométricas. Se midieron todos los árboles con un diámetro normal (DN a 1.3 m de altura) mayor igual de 2 cm, utilizando cinta diamétrica (Forestry suppliers Inc., modelo 283D/5m, Estados Unidos), y se registró la altura total (At) con un altímetro (Pistola marca Haga, modelo SKU 43890, Alemania) (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2021).

### Composición de especies arbóreas

En cada edad del cultivo se determinó la composición florística mediante la identificación taxonómica de las especies. Los árboles se enumeraron consecutivamente utilizando etiquetas plásticas rectangulares (5 x 10 cm) elaboradas con Polyethylene terephthalate (PET), colocadas a 1.5 m del suelo para evitar daños (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2017). Los nombres comunes de los árboles fueron registrados en maya con la asistencia de guías locales, mientras que los nombres científicos se verificaron con manuales y guías florísticas de la región (Pennington y Sarukhán 2005). Para las especies desconocidas, se recolectaron estructuras vegetativas y reproductivas. Estas muestras fueron herborizadas para su posterior identificación por especialistas del Herbario



ECOSC-H del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad San Cristóbal de las Casas, Chiapas. La nomenclatura botánica se estandarizó mediante verificación en la base Tropicos.org del Missouri Botanical Garden.



**Figura 1.** Sistemas agroforestales de *Chamaedorea ernesti-augustien* la comunidad de Puerto Bello Metzabok, Selva Lacandona, Chiapas, con plantaciones de diferentes edades: a) 1 año, b) 2 años, c) 3 años, d) 4 años y e) 5 años.

## Estructura arbórea

### Distribución vertical y horizontal

El estrato vertical arbóreo se categorizó relacionando el número de individuos con su altura (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2021). La importancia estructural en el plano vertical de las especies se determinó mediante el índice de valor forestal (IVF), el cual incorpora la variable de altura (López-Toledo *et al.* 2012, Mendoza-Cruz *et al.* 2017). La ecuación utilizada fue:

$$IVF = DNr + Hr + Cr$$

Donde: DNr = Diámetro normal relativo, Hr = Altura total relativa, Cr = Cobertura de copa relativa. La cobertura de copa se calculó mediante la ecuación para el área de una elipse:

$$A = \pi * r_1 * r_2$$

Donde:  $\pi = 3.1416$ ,  $r_1$  y  $r_2$  = Radios de la elipse

La distribución horizontal se determinó mediante categorías diamétricas con intervalos de 10 cm de amplitud para cada edad del SAF (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2021). Para evaluar la importancia ecológica en el plano horizontal, se calculó el índice de valor de importancia (IVI) de las especies arbóreas (Curtis y McIntosh 1951), utilizando la siguiente ecuación:

$$IVI = Dr + ABr + Fr$$

Donde: Dr = Densidad relativa, ABr = Área basal relativa y Fr = Frecuencia relativa.

### Diversidad de especies arbóreas

Para evaluar la diversidad arbórea en cada edad de los cultivos se utilizaron los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), la inversa de Simpson ( $S$ ) y alfa de Fisher ( $\alpha$ ) (Magurran y McGill 2011). El índice alfa de Fisher se aplicó cumpliendo con el criterio N/S mayor igual de 1.4, donde N es el número total de observaciones y S la riqueza de especies. Además, se estimó la equidad (E) para determinar el grado de representación de los individuos de las diferentes especies en la comunidad (Magurran y McGill 2011, Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2021). Todos los estadígrafos se estimaron utilizando el Software PAST versión 4.13 (Hammer *et al.* 2001).

### Análisis estadístico

Para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el índice de Shannon-Wiener entre las distintas edades del SAF, se aplicó la prueba de "t" modificada por Hutcheson (Carreón-Santos y Valdez-Hernández 2014). Los otros índices de diversidad, así como los valores de área basal, altura, densidad y área de copa, se compararon entre las edades del SAF utilizando un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Previo a ello, se probaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas con las pruebas de Shapiro-Wilks y Levene. Todos los análisis se realizaron con el apoyo del programa SAS (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2021).

## RESULTADOS

### Composición arbórea

En las 10 unidades de muestreo (UM) analizadas, se registraron un total de 947 individuos arbóreos, con una riqueza de 94 especies, distribuidas en 82 géneros y 44 familias. De las especies identificadas, siete están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: cinco clasificadas como amenazadas: tzi' bache (*Astronium graveolens* Jacq.), babáj (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), ukux subuul (*Sideroxylon capiri* (A.DC.) Pittier), ukunte' (*Sapium macrocarpum* Müll.Arg.) y kúm (*Cryosophila stauracantha* (Heynh.) RJEvans); una con protección especial: chacku che' (*Cedrela odorata* L.), y una en peligro de extinción: nucuch kanche' (*Vatairea lundellii* (Standl.) Record).

En el SAF de un año, las especies arbóreas más utilizadas para proporcionar sombra a *C. ernesti-augusti* son *Trichospermum mexicanum* (DC.) Baill., *Lonchocarpus rugosus* Benth. y *Coussapoa oligocephala* Donn. Sm. En el de dos años destacan *Heliocarpus appendiculatus* Turcz., *T. mexicanum* y *Morinda panamensis* Seem. Para el de tres años sobresalen *Nectandra salicifolia* (Kunth) Nees, *T. mexicanum* y *Lonchocarpus salvadorensis* Pittier. En el de cuatro años las especies más comunes son *Pleradenophora longicuspis* (Standl.) Esser, *T. mexicanum* y *Sapium lateriflorum* Hemsl. Finalmente, en el SAF de cinco años predominan *Trichilia moschata* Sw., *P. longicuspis* y *N. salicifolia*.

### Estructura arbórea

#### Distribución vertical

La altura total de los árboles que proporcionan sombra en el SAF de *C. ernesti-augusti* varió entre 2.5 y 37 m, con un promedio de 11.4 m. En todas las edades del SAF se identificaron tres estratos arbóreos: el estrato inferior, de 3 a 10 m; el intermedio, de 11 a 20 m; y el superior, de 21 a 37 m. El estrato inferior tuvo una altura promedio de  $6.7 \pm 3$  metros, con un predominio de especies como *Tabernaemontana donnell-smithii* Rose ex J.D.Sm., *Siparuna thecaphora* (Poepp. & Endl.) A. DC., *Miconia impetolaris* (Sw.) D. Don ex DC., *Trophis mexicana* (Liebm.) Bureau, *T. moschata*, *M. panamensis*, *H. appendiculatus*, *Eugenia gaumeri* Standl., y *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch. El estrato intermedio, con una altura promedio de  $15 \pm 5$  m, incluyó especies como *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel) Exell, *Alchornea latifolia* Swartz, *P. longicuspis*, *N. salicifolia*, *Bourreria mollis* Standl., *L. salvadorensis*, *Spondias mombin* L., *T. mexicanum* y *S. lateriflorum*. En el estrato superior, con una altura promedio de  $26.3 \pm 8$  m, dominaron especies como *Platymiscium dimorphandrum* Donn. Sm., *L. salvadorensis*, *S. lateriflorum*, *N. salicifolia* y *T. mexicanum*.

#### Distribución horizontal

En los SAF se registró un promedio de 1 578 individuos ha<sup>-1</sup> que funcionan como sombra para *C. ernesti-augustii*, con una variación de 625 a 2 275 árboles por hectárea. Los SAF de dos, tres y cinco años mostraron una densidad significativamente mayor ( $P < 0.0001$ ) en comparación con los de uno y cuatro años, al igual que se observa en los valores de área basal y área de copa, como se presenta en la Tabla 1.

El promedio del DN es de 1.21 m, con un rango que oscila entre 2.0 y 64 cm. No se observaron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) en el promedio del DN entre los diferentes SAF. En

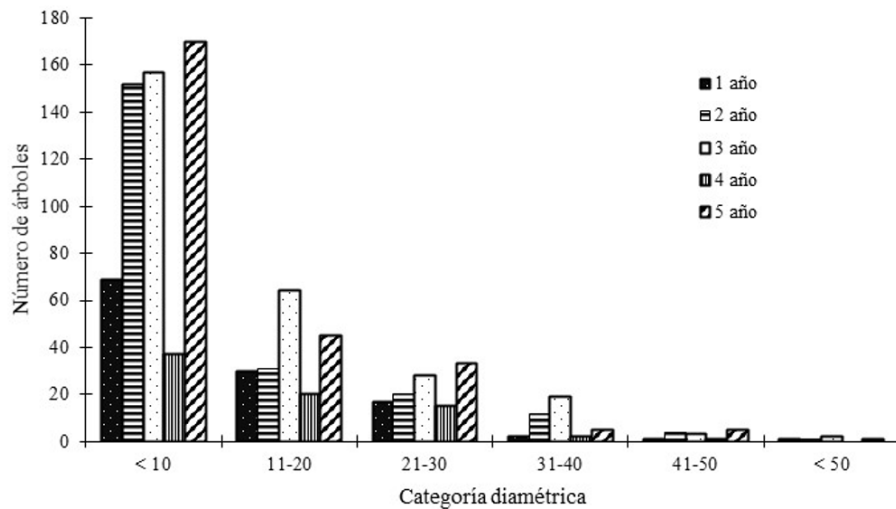


la primera categoría diamétrica se concentró el 61.8% de los árboles registrados para todas las edades (Figura 2). El SAF de 3 años mostró la mayor área basal (AB), mientras que el de 4 años presentó la menor, siendo estadísticamente diferentes del resto de las edades ( $P < 0.0005$ ). En cuanto al área de copa (AC), los SAF de 2, 3 y 5 años registraron los valores más altos, mientras que los de 1 y 4 años tuvieron las menores AC. Los altos valores de AC están relacionados con la densidad de árboles por hectárea presente en cada edad.

**Tabla 1.** Valores promedio de D, AB, AC (hectáreas) y At (metros) de los árboles que proporcionan sombra a *Chamaedorea ernesti-augustii* en la comunidad de Puerto Bello Metzabok, Selva Lacandona, Chiapas.

Variable	Edades (años)					F <sub>25</sub>	P-Valor
	1	2	3	4	5		
D	1000 ± 303 <sup>a</sup>	1833 ± 501 <sup>b</sup>	2275 ± 556 <sup>b</sup>	625 ± 249 <sup>a</sup>	2158 ± 357 <sup>b</sup>	19.0	0.0001
AB	17.6 ± 6.7 <sup>ab</sup>	34.0 ± 9.5 <sup>abc</sup>	48.6 ± 24.7 <sup>c</sup>	14.3 ± 8.0 <sup>a</sup>	38.7 ± 7.3 <sup>bc</sup>	7.3	0.0005
At	12.2 ± 2.1 <sup>a</sup>	10.9 ± 1.0 <sup>a</sup>	12.2 ± 2.0 <sup>a</sup>	11.7 ± 2.1 <sup>a</sup>	11.0 ± 1.7 <sup>a</sup>	0.7	0.6191
AC	6779 ± 2458 <sup>a</sup>	15765 ± 2345 <sup>b</sup>	18008 ± 4902 <sup>b</sup>	5435 ± 2236 <sup>a</sup>	19280 ± 3801 <sup>b</sup>	22.9	0.0001

D: densidad, AB: área basal, At: Altura total, AC: Área de copa, ± Desviación estándar del promedio



**Figura 2.** Distribución diamétrica de los árboles de sombra para la *Chamaedorea ernesti-augustii* en SAF de diferentes edades en la Selva Lacandona, Chiapas.

### Índice de valor de importancia (IVI) y forestal (IVF)

Las especies dentro del sistema agroforestal de *C. ernesti-augustii* con los valores estructurales más altos (IVI e IVF) fueron *T. mexicanum*, *L. salvadorensis*, *N. salicifolia* y *D. arboreus* (Tabla 2). La importancia estructural de estas especies se debe a sus elevados valores de densidad, área basal, frecuencia y altura. Además, son las especies arbóreas que producen mayor sombra para la *C. ernesti-augustii*. *T. mexicanum* y *H. appendiculatus* son consideradas especies pioneras en áreas perturbadas, como es el caso del área de estudio. Sin embargo, debido a la edad de la VS, también se registraron especies de crecimiento lento que solo se encuentran en selvas maduras, como *T. amazonia*.



**Tabla 2.** Especies arbóreas con mayor IVI e IVF en los SAF's de *Chamaedorea ernesti-augustii* en la comunidad Puerto Bello Metzabok, Selva Lacandona, Chiapas.

Especies	IVI	Especies	IVF
1 año de edad		1 año de edad	
<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	72.5	<i>Pleradenophora longicuspis</i> (Standl.) Esser	91.9
<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.	34.5	<i>Nectandra salicifolia</i> (kunth) Nees	56.9
<i>Bourreria mollis</i> Standl.	15.7	<i>Lonchocarpus salvadorensis</i> Pittier	14.3
<i>Coussapoa oligocephala</i> Donn.Sm.	12.2	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	12.1
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel) Exell	12.0	<i>Sapium lateriflorum</i> Hemsl.	11.4
32 especies restantes	149.2	32 especies restantes	113.5
2 años de edad		2 años de edad	
<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	32.3	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	34.1
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	14.9	<i>Platymiscium dimorphandrum</i> Donn.Sm.	19.9
<i>Platymiscium dimorphandrum</i> Donn.Sm.	14.6	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	16.2
<i>Ternstroemia tepezapote</i> Schltdl. & Cham.	13.2	<i>Ternstroemia tepezapote</i> Schltdl. & Cham.	15.2
<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	12.7	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	15.2
46 especies restantes	212.4	46 especies restantes	199.6
3 años de edad		3 años de edad	
<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	32.2	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	38.3
<i>Nectandra salicifolia</i> (kunth) Nees	20.4	<i>Nectandra salicifolia</i> (kunth) Nees	29.6
<i>Lonchocarpus salvadorensis</i> Pittier	20.0	<i>Lonchocarpus salvadorensis</i> Pittier	29.4
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	15.2	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	19.0
<i>Spondias mombin</i> L.	15.1	<i>Spondias mombin</i> L.	16.1
64 especies restantes	197.0	64 especies restantes	167.5
4 años de edad		4 años de edad	
<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	42.4	<i>Pleradenophora longicuspis</i> (Standl.) Esser	49.0
<i>Sapium lateriflorum</i> Hemsl.	32.8	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	45.7
<i>Pleradenophora longicuspis</i> (Standl.) Esser	31.0	<i>Sapium lateriflorum</i> Hemsl.	44.2
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	16.5	<i>Licaria peckii</i> (I.M. Johnst.) Kostern.	23.5
<i>Nectandra coriacea</i> (Sw.) Griseb.	15.8	<i>Nectandra coriacea</i> (Sw.) Griseb.	18.3
26 especies restantes	161.6	26 especies restantes	119.3
5 años de edad		5 años de edad	
<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	21.0	<i>Pleradenophora longicuspis</i> (Standl.) Esser	26.4
<i>Nectandra salicifolia</i> (kunth) Nees	17.8	<i>Nectandra salicifolia</i> (kunth) Nees	22.0
<i>Pleradenophora longicuspis</i> (Standl.) Esser	16.8	<i>Lonchocarpus salvadorensis</i> Pittier	20.3
<i>Sapium lateriflorum</i> Hemsl.	14.1	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	19.4
<i>Lonchocarpus salvadorensis</i> Pittier	14.0	<i>Sapium lateriflorum</i> Hemsl.	16.9
54 especies restantes	216.3	54 especies restantes	195.1

## Diversidad arbórea

De acuerdo con la prueba t modificada por Hutcheson, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en los valores de la diversidad arbórea entre los SAF evaluados (Tabla 3). El valor más alto de diversidad evaluado mediante el índice de Shannon se observó en el SAF de tres años, mientras que el valor más bajo se registró en el SAF de un año. Esta misma tendencia se replicó en los valores de dominancia de especies, equidad y alfa de Fisher (Tabla 3).

**Tabla 3.** Valores de diversidad arbórea en SAF de *Chamaedorea ernesti-augustii* de diferentes edades en la comunidad de Puerto Bello Metzabok, Selva Lacandona, Chiapas.

Índices de diversidad	Edad (años)				
	1	2	3	4	5
Riqueza	36	50	68	29	55
Índice de Simpson	0.91	0.96	0.96	0.93	0.96
Índice Shannon	2.97 <sup>a</sup>	3.60 <sup>b</sup>	3.76 <sup>b</sup>	3.03 <sup>a</sup>	3.67 <sup>b</sup>
Índice de Alfa de Fisher	17.44	20.25	29.03	18.04	21.65
Equidad	0.83	0.92	0.89	0.90	0.92

## DISCUSIÓN

### Composición arbórea

En el presente estudio se registraron especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como especies nativas de la selva alta perennifolia (SAP) de México, tales como *C. brasiliense*, *C. odorata*, *S. macrophylla*, *Manilkara zapota* (L.) Royen y *Dialium guianense* (Aubl.) Sandwith (Pennington y Sarukhán 2005, Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2021). Estos resultados coinciden con los hallazgos de Granados-Sánchez *et al.* (2004), quienes indican que los SAF de café y palma camedor con menor perturbación por la acción humana albergan especies arbóreas nativas de la SAP. De manera similar, el estudio de Sánchez *et al.* (2016) en SAF de cacao reporta las mismas especies encontradas en este trabajo. Estas investigaciones también son consistentes con los hallazgos de Salgado *et al.* (2007), quienes demostraron que los SAF son fundamentales para la conservación de la diversidad biológica, tanto de especies arbóreas como de fauna silvestre. Todos estos aportes realizados en el sureste mexicano indican que los productores de diversos SAF mantienen las especies nativas de la vegetación original, posiblemente con el fin de proporcionar sombra y nutrientes a las palmas.

Los SAF desempeñan un papel crucial en la conectividad de paisajes fragmentados, contribuyendo a la protección de corredores biológicos vitales para las especies migratorias y residentes (Perfecto y Vandermeer 2008). La presencia de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 debido a su estado de conservación resalta la importancia de los SAF, no solo como espacios productivos, sino también como reservorios de biodiversidad en regiones afectadas por presiones antropogénicas. Por lo tanto, los SAF, incluidos aquellos analizados en este estudio, son relevantes y necesarios en el país, ya que favorecen la economía local y contribuyen a la conservación y protección de recursos maderables y no maderables.

## Estructura arbórea

En cuanto al estrato vertical de los SAF de *C. ernesti-augusti*, se identificaron tres estratos: el inferior, con alturas de 3 a 10 m; el intermedio, de 11 a 20 m; y el superior, de 21 a 37 m. Estas clases de estratos son similares a lo reportado por Granados-Sánchez *et al.* (2004) en un SAF de *Chamaedorea sp.* en las montañas de Veracruz, donde también se identificaron tres estratos verticales. El primer estrato estuvo compuesto por árboles con alturas superiores a 20 m, incluyendo especies como *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm., *S. capiri* y *Heliocarpus donnellsmithii* Rosa. El segundo estrato, que abarca de 10 a 20 m, estuvo dominado por especies como *Coccoloba barbadensis* Jacq., *Ateleia pterocarpa* D. Dietr., *Croton draco* Schlttdl. y *Diphysa robinoides* Benth. Por último, el tercer estrato se caracterizó por árboles de menor altura, con especies como *Cnidocolus sp.*, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. El número de estratos registrados en ambos estudios sugiere que las áreas donde se cultiva *C. ernesti-augustii* han recuperado su estructura original, funcionando como sistemas de conservación y reproducción. Esta observación es coherente con lo que han reportado Roa-Romero *et al.* (2009) y Sánchez-Gutiérrez *et al.* (2016), quienes señalaron que algunas de las especies presentes están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El promedio de densidad de árboles de sombra registrado en este estudio (625 a 2 275 árboles ha<sup>-1</sup>) fue mayor que los 286 árboles ha<sup>-1</sup> reportados por Sánchez-Gutiérrez *et al.* (2016) en un SAF de cacao en Tabasco, México. De igual forma, este valor superó los 300 árboles ha<sup>-1</sup> documentados por Mogollón *et al.* (1997) en un SAF de café en Venezuela, y los 400 árboles ha<sup>-1</sup> reportados por Gama-Rodrigues *et al.* (2021) en Brasil. Estas variaciones en la densidad de árboles de sombra pueden atribuirse a las diferentes necesidades lumínicas de los cultivos. En particular, el género *Chamaedorea* requiere menos luz directa para su crecimiento y desarrollo, lo cual coincide con los resultados observados en este estudio. Además, al establecerse *C. ernesti-augusti* en VS, las prácticas de manejo incluyen la eliminación regular de hierbas y arbustos, permitiendo que los árboles con diámetros superiores a 3 cm se mantengan en pie. En contraste, los SAF de cacao y café se desarrollan generalmente en áreas más despejadas, donde la densidad de árboles de sombra con mayor diámetro y altura suele ser menor (Beer *et al.* 1997). Esta diferencia en el manejo y las características estructurales de los SAF podría explicar las variaciones observadas en la densidad de árboles de sombra entre los distintos sistemas y regiones.

Las especies con mayor valor de IVI e IVF fueron *T. mexicanun*, *L. salvadorensis*, *N. salicifolia* y *D. arboreus*. Estas especies son consideradas pioneras en áreas perturbadas, como lo señala Vázquez-Negrín *et al.* (2011), y son comunes en la vegetación secundaria tropical. Su presencia ha sido documentada en distintos estudios, como en Veracruz (Basáñez *et al.* 2008), Quintana Roo (Carreón-Santos y Valdez-Hernández 2014) y Chiapas (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2017). Esto se debe a que el SAF de *C. ernesti-augusti* está establecido en vegetación secundaria, en contraste con otros SAF, como los de cacao y café, que se encuentran bajo la sombra de especies arbóreas cultivadas. Al respecto, Roa-Romero *et al.* (2009) describen que en los SAF de cacao en Chiapas, especies frutales como el mango (*Mangifera indica* L.), la naranja (*Citrus sinensis* L.) y el zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) Moore & Stearn) presentan mayores valores de IVI. Estas especies no solo proporcionan sombra, sino que también son cultivadas para autoconsumo y comercialización en los mercados locales y regionales. Sin embargo, debido a los bajos precios de cultivos del café y el

cacao, otros productores han optado por integrar especies maderables y frutales para obtener mayores beneficios económicos (Benítez *et al.* 2004). Además de su valor económico, los árboles de sombra en los SAF también son utilizados para otros fines. Sobre lo mismo, Ramírez-Meneses *et al.* (2013) señalan que los productores los emplean en aplicaciones medicinales, construcción de viviendas, fabricación de herramientas, postes para cercas, leña, y como elementos ornamentales. Este uso multifuncional de las especies arbóreas subraya la importancia de los SAF como modelos sostenibles para la producción agrícola y la conservación de la biodiversidad.

### Diversidad arbórea

La riqueza de especies (94) registrada en un área de 0.6 ha fue superior a las 38, 46, 47 y 67 especies reportadas en SAF de cacao, que abarcan superficies de 6, 5.2, 7.2 y 10 ha, respectivamente, en los estados de Chiapas y Tabasco (Roa-Romero *et al.* 2009, Salgado *et al.* 2007, Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2016, Ramírez-Meneses *et al.* 2013). Esta elevada riqueza en los cultivos de *C. ernesti-augusti* puede atribuirse, en parte, a la madurez de las especies que componen la vegetación secundaria (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2016). Diversos estudios han señalado que la edad de la vegetación secundaria es un factor clave para la restauración de la biodiversidad en ecosistemas perturbados (Chazdon *et al.* 2009). En este contexto, la vegetación secundaria en los SAF de *C. ernesti-augusti* proporciona un hábitat adecuado tanto para especies nativas como pioneras, lo que puede explicar la alta diversidad observada.

Los SAF de *C. ernesti-augusti* mantienen valores consistentes de diversidad arbórea a lo largo de las diferentes edades de cultivo. Esta homogeneidad podría explicarse por el hecho de que los cultivos de *C. ernesti-augustii* fueron establecidos en áreas de vegetación secundaria de la misma edad de abandono (35 años), aunque en distintos momentos. Según el índice de Shannon, la diversidad de especies en los SAF de *C. ernesti-augusti* varía entre 3.0 y 3.76. Estos valores son significativamente más altos que los reportados en otros SAF. Por ejemplo, Roa-Romero *et al.* (2009) encontraron que en SAF de cacao en Chiapas, el índice de diversidad fue de 2.42 a 2.94, mientras que Sánchez-Gutiérrez *et al.* (2016) registraron valores de entre 0.92 y 2.89 en SAF de cacao en Tabasco. El intervalo de valores de diversidad obtenidos en el presente estudio ( $H' = 3.0$  a  $3.76$ ;  $S = 2.97$  a  $3.67$ ) es comparable con los reportados por Sánchez *et al.* (2017) para la vegetación secundaria de selva alta perennifolia en la Selva Lacandona, así como similar a los obtenidos en el mismo estudio mediante el cálculo del índice  $\alpha$ -Fisher (Sánchez-Gutiérrez *et al.* 2017). Este resultado sugiere que el cultivo de *C. ernesti-augustii* no altera la diversidad arbórea, aunque genera ciertos cambios en la composición de especies, ya que algunas no son seleccionadas para proporcionar sombra y, por lo tanto, son eliminadas. Esto coincide con observaciones de Perfecto y Vandermeer (2008), quienes señalaron que los SAF pueden mantener altos niveles de diversidad, aunque con modificaciones en la estructura de especies debido a la intervención humana. En un contexto de creciente degradación y pérdida de recursos naturales en zonas tropicales, impulsada principalmente por el cambio de uso del suelo, los SAF desempeñan un papel crucial en la protección y conservación de la biodiversidad regional. Además, estos SAF contribuyen significativamente a la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, como la captura de carbono (Parrish *et al.* 1999, Pérez-Portilla y Geissert-Kientz 2006).



## CONCLUSIONES

Los árboles utilizados como sombra en los sistemas agroforestales de *C. ernesti-augusti* en la Selva Lacandona, de Chiapas, provienen de especies silvestres que crecen en vegetación secundaria y en selva alta perennifolia. El cultivo de *C. ernesti-augusti* no impacta la riqueza arbórea ni altera la estructura forestal de estas áreas. A pesar de las ligeras diferencias estadísticas observadas entre las distintas edades de cultivo, no se identificó un patrón de aumento en la diversidad relacionado con el tiempo, dado que la vegetación de todas las parcelas tiene el mismo tiempo de recuperación y composición similar de especies arbóreas. Siete de estas especies están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. *Trichospermum mexicanu* destaca como la de mayor importancia estructural en todas las edades analizadas, debido a su rápido crecimiento en comparación con otras especies. Estos hallazgos subrayan la relevancia de los sistemas agroforestales basados en vegetación secundaria, no solo para la conservación de la biodiversidad, sino también para el desarrollo sostenible de actividades económicas claves en el sureste de México, como la producción de *C. ernesti-augusti*, un recurso forestal no maderable de alto valor.

## AGRADECIMIENTOS

A los habitantes y productores de palma camedor o xate de la comunidad de Puerto Bello Metzabok, Municipio de Ocosingo, Chiapas, por la accesibilidad proporcionada durante la investigación. A los árbitros anónimos, quienes enriquecieron sustancialmente el manuscrito.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

## LITERATURA CITADA

- Andrade V, Casas A, Balslev H, Mora F (2024) The role of wild palms in agroforestry systems in the Neotropics: A review. *People and Nature* 6(6): 2200-2227. <https://doi.org/10.1002/pan3.10741>
- Basáñez AJ, Alanís JL, Badillo E (2008) Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido El Remolino, Papantla, Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria* 12(2): 3-21.
- Beer J, Muschler R, Kass D, Somarriba E (1997) Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38(1): 139-164. <https://doi.org/10.1023/A:1005956528316>
- Benítez BG, Pulido SMTP, Equihua ZM (2004) Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología A.C., SIGOLFO, CONAFOR. Xalapa, México. 288p.
- Briones-Ruiz G, Guevara-Hernández F, Leyva-Ovalle O, Aguilar-Rivera N, Limón-Rivera R, Díaz-José J (2025) Intensificación de los sistemas de producción de follajes de corte: efectos en la cubierta forestal y los ingresos. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional* 35(65): 1-27. <https://doi.org/10.24836/es.v35i65.1523>

- Buda AG, Trech T, Durad L (2014) Aprovechamiento de palma camedor en la Selva Lacandona, Chiapas, México. ¿Conservación con desarrollo? *Estudios Sociales* 44(1): 200-223.
- Buda AG (2017) Manejo de recursos forestales no maderables y las políticas de simplificación: El caso de la palma xate en la Selva Lacandona, México. *Latin American Research Review* 52(3): 344-360. <https://doi.org/10.25222/larr.79>
- Carreón-Santos RJ, Valdez-Hernández JI (2014) Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 20(1): 119-130. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.06.023>
- Chazdon RL, Peres CA, Dent D, Sheil D, Lugo AE, Lamb, D, Stork NE, Miller SE (2009) The potential for species conservation in tropical secondary forests. *Conservation Biology* 23(6): 1406-1417. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01338.x>
- Curtis JT, McIntosh RP (1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32(3): 476-496. <https://doi.org/10.2307/1931725>
- FAO (2009) Guía para la descripción de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Italia. <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>. Fecha de consulta: 15 de octubre del 2023.
- Gama-Rodrigues AC, Müller M, Gama-Rodrigues E, Teixeira FA (2021) Cacao-based agroforestry systems in the Atlantic Forest and Amazon Biomes: An ecoregional analysis of land use. *Agricultural Systems* 194(103270): 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103270>
- Granados-Sánchez D, Hernández GMA, López RGF, Santiago LM (2004) El cultivo de palma camedor (*Chamaedorea* sp.) en sistemas agroforestales de Cuichapa, Veracruz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(3): 233-241. <https://doi.org/10.35196/rfm.2004.3.233>
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1-9.
- Izquierdo-Tort S, Carabias J, López A, Meli P, Corbera E (2024) Development and conservation in the tropical forest frontier: a 50-year analysis of policy evolution and interplay in Marqués de Comillas, Chiapas, México. *Oxford Development Studies* 52(4): 429-448. <https://doi.org/10.1080/13600818.2024.2424224>
- Leal N, Pulido-Silva M, da Silva C (2023) Uso de las palmas en Latinoamérica. Editora CRV y Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia. Porto Alegre. Brasil. 250p.
- López-Toledo JF, Valdez HJI, Pérez FMA, Cetina AVM (2012) Composición y estructura arbórea de un bosque tropical estacionalmente seco en la Reserva de la Biósfera la Sepultura, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(2): 43-5. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v3i12.507>
- Magurran AE, McGill B (2011) Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment. Oxford University Press. USA. 368p.
- Martínez-Ruiz M, Arroyo-Rodríguez V, San-José M, Arce-Peña N, Cudney-Valenzuela S, Galán-Acedo C (2025) Effect of forest loss and fragmentation *per se* on arboreal and ground mammals of the Lacandon rainforest, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 34(1): 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10531-025-03022-z>
- Mendoza-Cruz E, Sánchez-Gutiérrez F, Valdez-Hernández J (2017) Actividad de la Guacamaya Escarlata *Ara macao cyanoptera* (Psittaciformes: Psittacidae) y características estructurales de su hábitat en Marqués de Comillas, Chiapas. *Acta Zoológica Mexicana* 33(2): 169-180.
- Mogollón JP, García MJ, Sánchez LF, Chacón N, Araujo J (1997) Nitrógeno potencialmente disponible en suelos de cafetales bajo diferentes árboles de sombra. *Agronomía Tropical* 47(1): 87-102.
- Navarrete-Segueda A, Martínez-Ramos M, Ibarra-Manríquez G, Cortés-Flores J, Vázquez-Selem L, Siebe C (2017) Availability and species diversity of forest products in a Neotropical rainforest landscape. *Forest Ecology and Management* 406(1): 242-250. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.037>

- Orantes-García C, Farrera-Sarmiento O, Gutiérrez-González R, Moreno-Moreno RA, Garrido-Ramírez ER, Reyes-Zambrano SJ (2019) Morfología y germinación de *Chamaedorea Glaucifolia* (arecaceae), especie en peligro y endémica de México. *Polibotánica* 47: 77-87. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.6>
- Parrish J, Reitsma R, Greenberg R, Mclarney YW, Mack R, Lynch J (1999) Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. *Agroforestería en las Américas* 6(22): 16-19.
- Pennington TD, Sarukhán J (2005) Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. 3a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. México. 523p.
- Pérez-Portilla E, Geissert-Kientz D (2006) Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: el caso café (*Coffea arabica* L.) - palma camedor (*Chamaedorea elegans* Mart.). *Interciencia* 31 (8): 556-562.
- Perfecto I, Vandermeer J (2008) Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 173–200. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.011>
- Pulido-Silva M, Quero H, Hodel D, López-Toledo L (2023) Richness, endemism and floristic affinities of the palms of Mexico. *Botanical Review* 89(3): 250-274. <https://doi.org/10.1007/s12229-022-09284-4>
- Ramírez-Meneses A, García-López E, Obrador-Olán JJ, Ruiz-Rosado O, Camacho-Chiu W (2013) Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 29(3): 215-230.
- Roa-Romero HA, Salgado-Mora MG, 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): 97-110.
- Salgado MMG, Ibarra NG, Macías SJE, López BO (2007) Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia* 32(11): 763-768.
- Sánchez-Gutiérrez F, Pérez-Flores J, Obrador-Olán JJ, Sol-Sánchez A, Ruiz-Rosado O (2016) Árboles maderables en el sistema agroforestal de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 14: 2711-2723.
- Sánchez-Gutiérrez F, Valenzuela-Gómez A, Valdez-Hernández JI, González-González CA (2017) Estructura y diversidad de especies arbóreas en el sitio arqueológico “el mirador”, Selva Lacandona, Chiapas. *Polibotánica* 44: 79-94. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.44.6>
- Sánchez-Gutiérrez F, Valdez-Hernández JI, Hernández-de-la-Rosa P, Sánchez-Escudero J, Sánchez AS, Castillejos-Cruz C, Brindis-Santos AI (2021) Estructura y composición arbórea en un gradiente altitudinal del Área Natural Protegida Metzabok, Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical* 69(1): 12-22. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.40689>
- SEMARNAT (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre, 2010. [https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/nom\\_059\\_semarnat\\_2010.pdf](https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/nom_059_semarnat_2010.pdf). Fecha de consulta: 20 de octubre del 2023.
- Shackleton CM, de-Vos A (2022) How many people globally actually use non-timber forest products? *Forest Policy and Economics* 135(1): 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102659>
- Vázquez-Negrín I, Castillo AO, Valdez HJI, Zavala CJ, Martínez SJL (2011) Estructura y composición florística de la selva alta perennifolia en el ejido Niños Héroes Tenosique, Tabasco, México. *Polibotánica* 32: 41-61. <https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/832>