



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

**POSTGRADO EN
PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO**

**“RECURSOS MADERABLES EN EL SISTEMA AGROFORESTAL CACAO
EN CÁRDENAS, TABASCO”**

FACUNDO SÁNCHEZ GUTIÉRREZ

**T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO

2012

La presente tesis titulada: **Recursos maderables en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco**, realizada por el alumno: **Facundo Sánchez Gutiérrez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
POSTGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO**

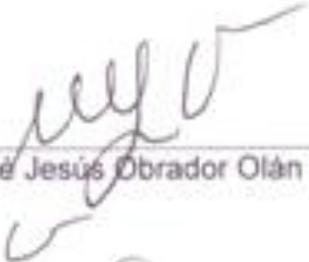
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



Dr. Julián Pérez Flores

ASESOR:



Dr. José Jesús Obrador Olán

ASESOR:



Dr. Ángel Sol Sánchez

ASESOR:



Dr. Octavio Ruiz Rosado

H. Cárdenas, Tabasco a 11 de mayo de 2012

RESUMEN

Recursos maderables en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco

Facundo Sánchez Gutiérrez, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar el volumen maderable, y comparar la composición florística, estructura, diversidad y similitud de las especies arbóreas entre sistemas agroforestales de cacao (SAF-cacao) de diferentes edades en Cárdenas, Tabasco, México. En 20 sitios de muestreo de 5,000 m² cada uno, se midieron el diámetro a la altura de pecho (DAP) y la altura total y fuste limpio (Ht, Hc). Se calculó el área basal (AB), y el volumen total y comercial maderable (Vt, Vc), índice de valor de importancia (IVI); el índice de diversidad de Shannon (H') y los índices de similitud cualitativa y cuantitativa. Se registraron 2,856 árboles, pertenecientes a 67 especies que se agruparon en 28 familias y 58 géneros, sobresalieron en frecuencia las especies *Erythrina americana* Mill, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp (Fabáceae) y *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). El AB promedio del total de los árboles registrados fue de 18.6 m² ha⁻¹, variando de 8.3 a 34.6 m² ha⁻¹. Con base al DAP, el 39% de los árboles se puede utilizar para aserrío delgado. El Vt y Vc promedio fue de 192.4 m³ ha⁻¹, variando de 70.4 a 619.9 m³ ha⁻¹ y 52.6 m³ ha⁻¹, variando de 21.86 a 146.6 m³ ha⁻¹, respectivamente. Los SAF-cacao de 6 y 33 años presentaron la mayor y menor densidad con 618 y 156 árboles ha⁻¹, respectivamente. Los de 20 y 25 años presentaron la menor y mayor AB con 12.16 y 22.7 m² ha⁻¹, respectivamente. En cuanto al IVI *E. americana* Mill, *C. odorata* L., *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O. F. Cook, *G. sepium* y *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg, representaron el 53.1% del total de especies registradas. Las plantaciones de 6 y 35 años presentaron la menor y mayor diversidad con H' de 0.92 y 2.89, respectivamente. En similitud cualitativa los SAF-cacao de 18 y 33 años de edad, fueron más parecidos en composición de especies (0.67). En similitud cuantitativa, los de 25 y 30 años fueron más parecidos en número de árboles y de especies (0.94).

Palabras clave: Dasometría, estructura y diversidad Agroecosistemas Cacao

ABSTRACT

Timber resources in cocoa agroforestry system in Cárdenas, Tabasco

Facundo Sánchez Gutiérrez, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

The present study was conducted in order to determine the timber volume, and compare the floristic composition, structure, diversity and similarity of tree species among cocoa agroforestry systems (cocoa-AFS) of different ages in Cardenas, Tabasco, Mexico. Measured in 20 sampling sites of 5,000 m² each, were diameter at breast height (DBH) and total height and length of clean bole (Ht, Hc). The basal area (BA) and total and commercial timber volume (Vt, Vc), as well as importance value index (IVI), the diversity index of Shannon (H') and the similarity index were also calculated. Were registered 2,856 trees of 67 species, 28 families and 58 genera. *Erythrina americana* Mill, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp (Fabaceae) and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) were the most frequent species. The mean BA was 18.6 m² ha⁻¹, ranging from 8.3 to 34.6 m² ha⁻¹. Based on the DAP, 39% of trees can be used for sawing thin. The average Vt and Vc were 192.4 m³ ha⁻¹, ranging from 70.4 to 619.9 m³ ha⁻¹ and 52.6 m³ ha⁻¹, ranging from 21.86 to 146.6 m³ ha⁻¹, respectively. 6 and 33 years-old cocoa-AFS had the highest and lowest density with 156 and 618 trees ha⁻¹, respectively. Those of 20 and 25 years-old had the lowest and highest BA with 12.16 and 22.7 m² ha⁻¹, respectively. Regarding to the IVI *E. americana* Mill, *C. odorata* L., *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O. F. Cook, *G. sepium* and *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg. accounted for 53.1% of total species recorded. Plantations of 6 and 35 years-old cocoa-AFS had the lowest and biggest diversity values (H') 0.92 and 2.89, respectively. In the qualitative similarity cocoa-AFS of 18 and 33 years-old, were more similar in species composition (0.67). In quantitative similarity those of 25 and 30 years-old were similar in number and species of trees (0.94).

Keywords: Dasometry, structure and diversity, cocoa agroforestry system

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir, por ser el todo que me mueve, mi fuerza, alegría, esperanza, paz, amor, paciencia y salud, que me ayuda a crecer día a día, y quien me da la inteligencia para seguir adelante.

Al CONACYT por darme el apoyo económico durante la realización de mis estudios de postgrado y a la LPI-2 Agroecosistemas Sustentables del Colegio de Postgraduado, por el apoyo económico recibido para la realización de la presente Tesis.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco por haberme permitido realizar mis estudios de Maestría en Ciencias en producción Agroalimentaria en el Trópico.

Al Dr. Julián Pérez Flores, por su amistad, apoyo, paciencia, sugerencias y confianza durante la realización de mi investigación.

Al Dr. José Jesús Obrador Olán, por ser partícipe de esta investigación, por su amistad, apoyo, comentarios, sugerencias y confianza durante la realización de mi investigación.

Al Dr. Ángel Sol Sánchez, por sus sugerencias, amistad y a la valiosa colaboración de investigación.

Al Dr. Octavio Ruiz Rosado por la ocasión de ser partícipe de esta investigación.

A la Dra. Marivel Domínguez Domínguez, por su amistad, motivación y enseñanza, por haber sido quien me enseñó a dar mis primeros pasos hacia la investigación.

A mis compañeros de generación 2010-2011: Víctor, Diógenes, Omar, Adrián, Marco, Okendo, J. Luis, Crysthian, Julio, Dante, Ana, Isabel, Juventino, Heydi, Jorge, Juan A., Hilda y Erika por haber compartido y vivido juntos esta etapa de superación en nuestras vidas.

A mis amigos y compañeros de estudio: Ana P., Sandy M., Susana A., Edith, Jazmin, Heyra, Guille, Cris, Roberto, José L., Bety, Gloria, Mary, Manuel, Abel y Matias por haberlos encontrado en mi camino y por ser, sin duda alguna, parte fundamental en mi vida.

Al M.C. Vinicio Calderón Bolaina por su apoyo, sugerencias y confianza durante la realización de mi investigación.

A los productores (Sr. Martín, Venancio, Jorán, Vidal, Saúl, Felipe, Cruz, Guillermo...) por haberme permitido realizar mi investigación en sus parcelas.

A los profesores de maestría del PROPAT por ser parte de mi formación profesional.

DEDICATORIA

A mis padres

Lesvia Gutiérrez Pérez y Eliceo Sánchez López, por ser los mejores padres que Dios me pudo haber dado, por sus enseñanzas, valores, amor y confianza, por ser ustedes el motivo más importante de mi formación.

A mis hermanos

Mary, Virginia, Gumer, Rey, Romi, Maribel, Nery, Ersy e Isma mil gracias a cada unos de ustedes por las enseñanzas que me dan día a día, porque siempre están pendiente de mi, por hacerme sentir bien, por su apoyo moral y económico en todo momento, por su paciencia y también por la confianza que han depositado en mí.

A mis sobrinos

Pedro, Lesvia S., Melqui, Enry G. Lila A. Dimas, Rebeca, Dani, Russell, Neysi, Octavia, Elmer, Dulce, Cristian y José, porque han llenado mi vida de alegría, felicidad y porque me han enseñado la magnitud del amor.

A mis abuelos paternos

Albino Sánchez Gutiérrez y Paulina López Ovando, por todo lo que me han dado y enseñado a valorar las cosas, porque no llegan por si sola si no que hay que luchar y tener paciencia sobre todo.

A mis abuelos maternos

Efraín Gutiérrez Pérez y Concepción Pérez Gómez (†), por el cariño, respeto, paciencia y amor a mis padres.

CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	2
1.2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	4
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.2.1.1. OBJETIVOS PARTICULARES	4
1.2.2. HIPÓTESIS	4
1.3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
1.4. LITERATURA CITADA.....	13
CAPÍTULO II. RECURSOS MADERABLES EN EL SISTEMA	
AGROFORESTAL CACAO EN CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO.....	19
2.1. INTRODUCCIÓN.....	22
2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
2.4. CONCLUSIONES.....	38
2.5. LITERATURA CITADA	39
CAPÍTULO III. ESTRUCTURA ARBÓREA DEL SISTEMA AGROFORESTAL	
CACAO EN CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO.....	44
3.1. INTRODUCCIÓN.....	47
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
3.3. RESULTADOS	53
3.4. DISCUSIÓN.....	61
3.5. CONCLUSIONES.....	64
3.6. LITERATURA CITADA	64
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES	69
4.1. CONCLUSIONES GENERALES	70
4.2. RECOMENDACIONES	70
CAPÍTULO V. ANEXO.....	71

CONTENIDO DE CUADROS

Pág.

Cuadro 2.1. Especies con mayor frecuencia de acuerdo al número de árboles registrados en diferentes edades en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco, México.....	29
Cuadro 3.1. Índices de similitud utilizados para comparar sistemas agroforestales de cacao de diferente edad en Cárdenas, Tabasco, México.	52
Cuadro 3.2. Valores promedio de variables dasométricas, familias y especies vegetales estimadas en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.....	54
Cuadro 3.3. Densidad, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia de las especies arbóreas en sistemas agroforestales cacao de nueve edades en Cárdenas, Tabasco, México.....	56
Cuadro 3.3. Continuación... Densidad, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia de las especies arbóreas en sistemas agroforestales cacao de nueve edades diferentes en Cárdenas, Tabasco, México.....	57
Cuadro 3.4. Diversidad y equidad de especies en sistemas agroforestales de cacao de nueve edades en Cárdenas, Tabasco, México.	58
Cuadro 3.5. Valores comparativos de índices de similitud de Sorenson y Jaccard (cualitativos) de sistemas agroforestales de cacao de nueve edades diferentes en Cárdenas, Tabasco, México.....	59
Cuadro 3.6. Valores comparativos de índices de similitud de Morisita-Horn y Sorenson (cuantitativos) de sistemas agroforestales de cacao de nueve edades en Cárdenas, Tabasco, México.....	60

CONTENIDO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Principales países productores de cacao en el año 2010	5
Figura 1.2. Principales países consumidores de cacao en los años 2004 y 2005	6
Figura 1.3. Principales estados productores, por superficie cultivada de cacao, en México durante el año 2010	6
Figura 1.4. Principales municipios productores, por superficie sembrada de cacao, en el estado de Tabasco, México	7
Figura 1.5. Medición de altura de los árboles con pistola Haga	12
Figura 2.1. Distribución geográfica de los sitios de muestreo, en el municipio de Cárdenas, Tabasco, México	25
Figura 2.2. Distribución de árboles por categoría de altura en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco, México.	31
Figura 2.3. Distribución de los árboles por clase diamétrica en el SAF-cacao en Cárdenas Tabasco, México.	32
Figura 2.4. Porcentaje como productos maderables potenciales de acuerdo al DAP (cm) de los árboles en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco.	33
Figura 2.5. Especies con mayor área basal ($m^2 ha^{-1}$) en el SAF-cacao en diferentes edades en Cárdenas, Tabasco, México	34
Figura 2.6. Especies con mayor volumen maderable ($m^3 ha^{-1}$) en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco, México	35
Figura 2.7. Volumen comercial ($m^3 ha^{-1}$) en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco.	36
Figura 2.8. Correlación entre el diámetro a la altura de pecho (DAP cm) y la altura (m) de las 10 especies con mayor frecuencia, en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco.....	37
Figura 3.1. Localización geográfica de los sitios de muestreo, en el municipio de Cárdenas, Tabasco, México	50
Figura 3.2. Relación de la edad con el área basal (a) y con la densidad (b) del sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.....	55
Figura 3.3. Correlación entre la edad del sistema agroforestal cacao con diversidad (a) y equidad de especies (b) en Cárdenas, Tabasco, México.	59

CONTENIDO DE ANEXO

	Pág.
Anexo 1. Especies arbóreas y su frecuencia de acuerdo al número de árboles registrados en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.	72
Anexo 2. Área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) y volumen total y comercial ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de las especies arbóreas registradas en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.	74
Anexo 3. Densidad, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia de las especies arbóreas registradas en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.	76

ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
AB	Área basal
ABR	Área basal relativa
CESVETAB	Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco
Cm	Centímetros
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
D	Diámetro
DAP _{1.3 m}	Diámetro a la altura del pecho
DR	Densidad relativa
E	Índice de uniformidad de Shannon
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Ff	Factor mórfico
FR	Frecuencia relativa
H'	Índice de diversidad de Shannon
Hc	Altura comercial
Ht	Altura total
ICCO	Organización Internacional del Cacao
IVI	Índice de valor de importancia
LnS	Logaritmo natural de la especie
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ² ha ⁻¹	Metros cuadrados por hectárea
m ³	Metros cúbicos
m ³ ha ⁻¹	Metros cúbicos por hectárea
mm	Milímetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
SAF	Sistema Agroforestal
SAGARPA	Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación
Sp	Especies
V	Volumen
Vc	Volumen comercial
Vt	Volumen total

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Un sistema agroforestal (SAF) es un conjunto de técnicas de manejo de tierras que implica la asociación de árboles forestales con cultivos o ganadería, o una combinación de ambos; tal asociación puede ser simultánea o escalonada en el tiempo y el espacio. Tiene como objetivo optimizar la producción por unidad de superficie, respetando el principio de rendimiento sostenido (Combe y Budowski, 1979). Estos sistemas poseen una diversa gama de plantas con alto potencial para producir madera, leña, frutas, medicinas, forrajes, aceites o plantas ornamentales (Ospina, 2002; Sotomayor *et al.*, 2008; Ramírez, 2009) y, principalmente por el componente arbóreo, son considerados como una alternativa para captar y almacenar CO₂ (Calderón, 2008). A nivel mundial existen aproximadamente 400 millones de hectáreas con sistemas agroforestales (Watson *et al.*, 2000).

Después del café, el cacao es el cultivo más importante bajo sombra en el trópico mexicano (González, 2005). En México se cultiva exclusivamente bajo dosel arbóreo formado por árboles de sombra, frutales y maderables (Navarro y Mendoza, 2006; Bárcenas y Ordóñez, 2008). En África, Malasia, Perú, Colombia y Ecuador se han generado sistemas de producción a pleno sol (González, 2005) en los cuales la producción se duplica o triplica (Beer, 1981); no obstante el mantenimiento es costoso por el uso de altas dosis de fertilizantes y sistemas de riego (García, 1983); y el sistema pronto se deteriora con la muerte progresiva de plantas por plagas y enfermedades, debido a la ausencia de sombra.

La sombra en el sistema agroforestal cacao (SAF-cacao) amortigua los efectos adversos producto de las fluctuaciones ambientales, ya que, la reducción de la fotosíntesis por el sombreado, es compensada por la presencia de un mayor follaje (Díaz, 2002); el diseño y manejo varía de acuerdo a la especie y es importante para conservar la biodiversidad y amortiguar las condiciones climáticas, aspecto que aún carece de valor para gran parte de las zonas cacaoteras del mundo (Beer *et al.*, 1998; Salgado, 2007; Roa *et al.*, 2009).

En México la mayor parte de la producción de cacao se localiza en los estados de Tabasco y Chiapas con una superficie de 61,320 ha, cultivadas por 47 mil productores. En Tabasco la superficie plantada es de 41,117 ha, donde se obtuvieron 16,560 t de

cacao seco, que sustentan a 31,139 familias (Córdova, 2005; SAGARPA, 2010); el 96% de la superficie cultivada se localiza en la región de la Chontalpa y 4% en la Sierra (López *et al.*, 2005). Los sistemas tradicionales de producción cacaotera representan la principal cobertura boscosa, en el Estado, donde la deforestación causada por la expansión agropecuaria ha sido del orden del 95% (González, 2005). Las especies más utilizadas como árboles de sombra en los SAF-cacao son *Erythrina americana* Mill, *Diphysa robinooides* Benth, *Samanea saman* (Jacq.) Merr y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp (Córdova *et al.*, 2001), árboles frutales *Pouteria sapota* (Jacq.) H. E Moore & Stearn, *Citrus* sp y forestal maderable *Cedrela odorata* L. (Mogollón *et al.*, 1996; Díaz, 2002).

En Bolivia, Ortiz y Somarriba (2005) identificaron 101 especies arbóreas pertenecientes a 41 familias que pueden ser utilizadas para sombra; sin embargo, los productores priorizan 60 especies de las familias Fabaceae, Palmaceae, Moraceae, Meliaceae y Clusiaceae, en Talamanca, Costa Rica, Somarriba *et al.* (2003) identificaron 204 especies de los cuales los productores priorizaron 62 de las familias Fabaceae, Meliaceae, Boraginaceae y Rutaceae.

Los estudios referentes a la diversidad arbórea para sombra en los cacaotales son escasos, la mayoría se centran en la descripción agronómica de los sistemas de producción y algunos a la diversidad de fauna (Parrish *et al.*, 1999). En este sentido, los cacaotales mantienen una amplia diversidad de aves, murciélagos, mamíferos no voladores e invertebrados, similar a la de los bosques naturales y superior a la de otros hábitats agrícolas de uso más intensivo (Ibarra y Estrada, 2001; Salgado, 2007).

El SAF-cacao ha sido históricamente importante desde el punto de vista social, económico y ambiental; muestra de ello es que se ha ubicado en Mesoamérica, el Amazonas y los Andes, hogar de las civilizaciones Maya y de las etnias del Brasil (Montagnini, 2006). Aunque juega un papel importante en el proceso de domesticación y conservación de la biodiversidad, este sistema ha recibido poca o nula atención por parte de los centros de investigación que buscan estrategias para su manejo sustentable (Pritchard y Nair 2006; Bárcenas y Ordóñez, 2008; Ramírez, 2009). Debido a los problemas de enfermedades causadas por hongos como *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora palmivora*, así como por los bajos precios del mercado local, se ha tenido

como consecuencia el abandono de las plantaciones por parte de los productores y el cambio de cultivo o de uso de la tierra (Somarriba y Beer, 1999).

1.2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1.2.1. Objetivo general

Conocer y cuantificar el recurso forestal maderable en el sistema agroforestal cacao en el municipio de Cárdenas, Tabasco.

1.2.1.1. Objetivos particulares

- a) Realizar un inventario forestal en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco.
- b) Determinar el volumen maderable en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco.
- c) Comparar la composición florística, estructura, diversidad y similitud de las especies arbóreas en el sistema agroforestal cacao de diferente edad en Cárdenas, Tabasco.

1.2.2. Hipótesis

- Las especies arbóreas que se utilizan para sombra en el sistema agroforestal cacao, determinan el mayor volumen maderable.
- A mayor edad del sistema agroforestal cacao, mayor valor estructural, diversidad y similitud de especies arbóreas.

1.3. REVISIÓN DE LITERATURA

Antecedente del cultivo de cacao

El árbol del cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta originaria de América tropical, que se encontraba de manera natural en las selvas del amazonas y de México

(Navarro y Mendoza, 2006; Pérez *et al.*, 2009), después de la conquista ha sido una aportación al mundo y de ahí se propagó a otras regiones tropicales, principalmente en África, América Central, Sudamérica y Asia (López *et al.*, 2005; ICCO, 2007). Actualmente se cultiva por la utilidad de sus granos para múltiples productos en la industria de los alimentos y cosméticos (Alvarado, 2006; CESVETAB, 2009).

Producción mundial

En el año 2010, se produjeron 4,320,790 t de cacao seco, en una superficie de 8,919,483 ha del cultivo; en ese mismo año los ocho principales países productores en el mundo fueron: Costa de Marfil, Indonesia, Ghana, Nigeria, Camerún, Brasil, Ecuador y Togo (Figura 1.1). Estos países representan el 90.8% de la producción mundial, de la cual Costa de Marfil aportó el 30% y México se ubicó en el 13° lugar con una aportación de 0.6% (FAOSTAT, 2011).

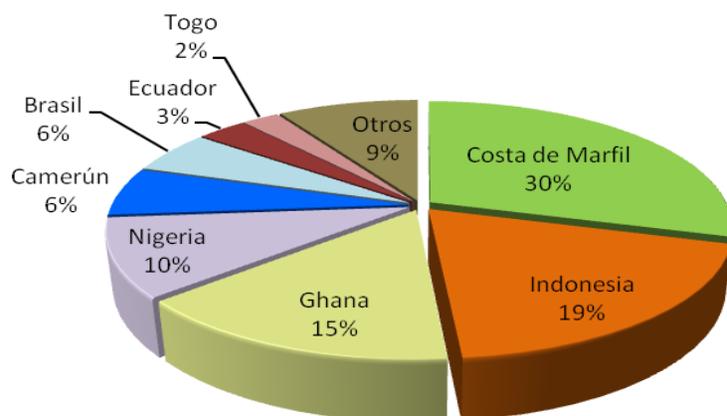


Figura 1.1. Principales países productores de cacao en el año 2010 (FAOSTAT, 2011).

Consumidor mundial

A pesar de que el cacao se produce en los países en desarrollo, se consume principalmente en los países desarrollados. Los compradores en los países consumidores son los transformadores y los productores de chocolate. Unas pocas compañías multinacionales dominan tanto la transformación como la producción de chocolate. La Figura 1.2 presenta los principales países consumidores de cacao durante el año 2004 y 2005, basado en el consumo doméstico aparente de cacao, que se calcula sumando las moliendas a las importaciones netas y de chocolate en equivalente en grano (ICCO, 2007).

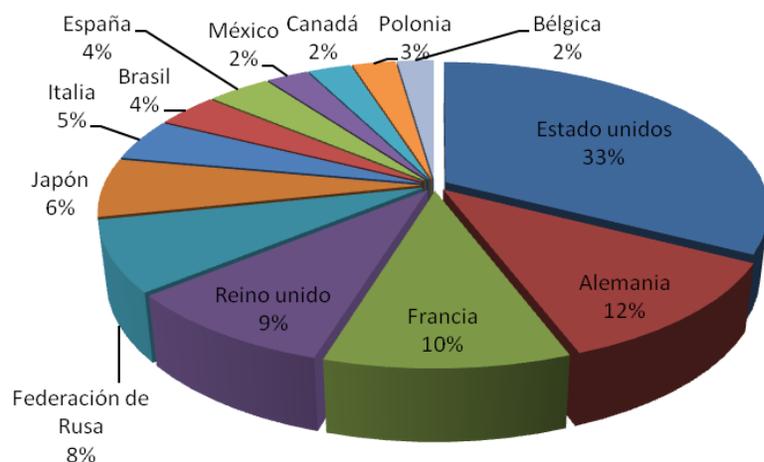


Figura 1.2. Principales países consumidores de cacao en los años 2004 y 2005 (ICCO, 2007).

Producción nacional

El cacao en México se conoció antes de la conquista; era utilizado por los olmecas, mayas y aztecas que vivían en el centro y el sur del país (Córdova *et al.*, 2001). En el año 2010 las principales entidades productoras de cacao fueron Tabasco, Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz. Los estados de Tabasco y Chiapas produjeron el 99.5% del total nacional, con una superficie de 61,344 ha y obtuvieron 27,174 t de cacao seco (SIAP, 2011; FAOSTAT, 2011).

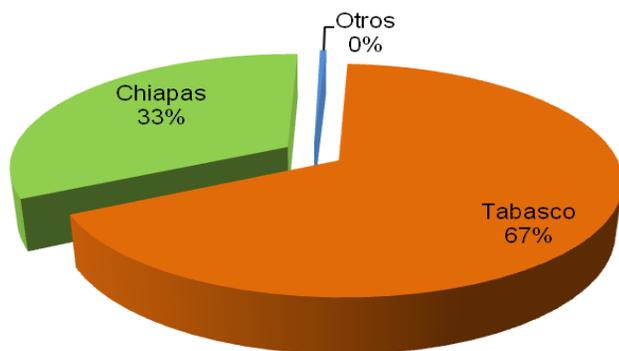


Figura 1.3. Principales estados productores, por superficie cultivada de cacao, en México durante el año 2010 (FAOSTAT, 2011)

Producción Estatal

En Tabasco la superficie plantada es de 41,117 ha (SAGARPA, 2010); las principales regiones productoras son: la Chontalpa conformada por los municipios de Cunduacán, Comalcalco, Cárdenas, Paraíso, Jalpa de Méndez y Huimanguillo; Centro y la Sierra: Teapa y Tacotalpa. Los municipios con mayor superficie sembrada del cultivo de cacao

se indican en la Figura 1.4. Comalcalco y Cárdenas destacan como primero y segundo lugar con una superficie 11,055 y 10,487 ha, respectivamente (OEIDRUS, 2007).

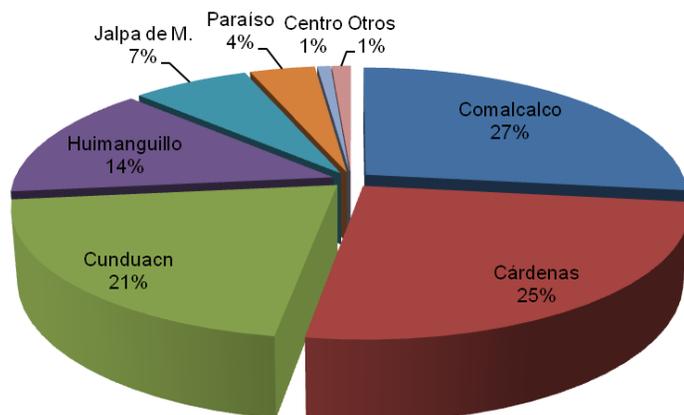


Figura 1.4. Principales municipios productores, por superficie sembrada de cacao, en el estado de Tabasco, México (OEIDRUS, 2007).

Estudios florísticos realizados en el sistema agroforestal cacao

La diversidad florística ha sido descrita en diferentes estudios realizados en fincas de cacao del estado de Tabasco, incluyendo listados de la composición florística de árboles de sombra, así como los principales usos y características de cada especie (Ramírez, 2009). Estudios realizados por García (1983) y Ramos (2001) reportaron que las especies *Diphysa robinoides*, *Glicicidia sepium*, *Erythrina sp* y *Colubrina arborescens* son las más sobresalientes como árboles de sombra en el SAF-cacao; así mismo, el productor introduce otras especies arbóreas para obtener madera, leña y frutos comestible (García, 1983).

La cubierta vegetal del SAF-cacao ha sido estudiada en relación con su posible impacto en las propiedades del suelo, indicando los beneficios que han permitido la sustentabilidad ambiental; esta se ve soportada por el reciclaje de nutrientes producto de la variada diversidad vegetal y de fauna que lo integra el sistema (Alonso, 1987). Ramírez (2009) reportó que la hojarasca y organismos del suelo en el SAF-cacao indiscutiblemente tienen importancia en el reciclaje de nutrientes en la macrofauna edáfica, identificó un promedio de 464 ind.m² pertenecientes a ocho clases agrupándose en 13 órdenes.

Las especies de mamíferos como los monos aulladores (*Alouatta palliata*) han persistido en fincas cacaoteras del municipio de Comalcalco, Tabasco, donde se alimentan de especies como *Ficus cotinifolia*, *F. obtusifolia*, *Ficus sp*, *Samanea saman* y *Gliricidia sepium*, este mamífero está reportado en la categoría de especies en peligro de extinción según la NOM-059 2002 (Muñoz *et al.*, 2005). Pérez (2008) indicó que la diversidad de germoplasma del cacaotal es factor incidente en la abundancia y diversidad de escarabajos de la familia *Scolytidae*. Este autor recolectó e identificó 19 especies de plantas hospederas pertenecientes a 11 familias botánicas, siendo *Theobroma cacao* y *Swietenia macrophylla* las especies donde se recolectaron más organismos. Los árboles de sombra en los SAF-cacao contribuyen a crear condiciones para la sobrevivencia de más de 52 especies de aves que realizan la dispersión de semillas en este agroecosistema (Greenberg *et al.*, 2009).

Medidas de diversidad vegetal usadas en estudios realizados en el estado de Tabasco

La diversidad se evalúa en niveles que van desde los genes hasta los ecosistemas. En ambientes arbóreos tropicales la diversidad de especies y la variación estructural en tamaño de las masas forestales son de interés en los programas de manejo forestal (CONAFOR, 2001). Entre las metodologías utilizadas para estimar la diversidad, destacan el uso de los índices de Shannon-Wiener y de Simpson, los cuales han sido ampliamente utilizados a pesar de su moderada capacidad discriminatoria y sensibilidad al tamaño muestral (Magurran, 1989). Para evaluar la biodiversidad en el agroecosistema cacao en Tabasco, se han empleado algunas medidas matemáticas, no obstante, predomina el uso del índice de Shannon-Wiener, y el índice de similitud de Sörensen (Ramírez, 2009).

Tipos de sombra en el SAF-cacao

La finalidad de la sombra en el cultivo de cacao es crear un hábitat adecuado para una buena producción de grano y regular las condiciones de luz, calor, humedad y viento; la sombra controla malezas, evita daño por algunas plagas y enfermedades, y proporciona nutrimentos a través de la hojarasca (Ramos, 2001; López *et al.*, 2005). La

sombra en este cultivo se clasifica en cuatro categorías: sombra artificial, inicial, transitoria y permanente (Navarro y Mendoza, 2006).

Sombra artificial. Se establece en los primeros días o meses, comúnmente se utilizan hojas de plátano o palmas, apoyadas con estacas, se usa en época de lluvia o cuando el sitio no tiene ninguna sombra (Enríquez y Gustavo, 1987).

Sombra inicial o provisional. Se debe sembrar un mes antes que el cacao, se utilizan cultivos de subsistencia: yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*), malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), plátano (*Musa paradisiaca*), chícharo (*Cajanus cajan* (L.) Mill), capulín (*Muntingia calabura*), estacas de retoño de cocoite (*Gliricidia sepium*) y chipilcohite (*Diphysa robinoides*) sirven como sombra en el primer año. En el caso del chícharo (*C. cajan*) si la sombra transitoria o definitiva no estuviera lista, la sombra inicial puede durar dos años, para lo cual hay que hacer algunas podas para mantener la sombra (Ávalos *et al.*, 2001; Navarro y Mendoza, 2006).

Sombra transitoria o temporal. Se utilizan especies de rápido crecimiento, proporcionan sombra que no alteran el trazo de la plantación y permitan obtener productos que cubran parte de los gastos de establecimiento y mantenimiento por tres ó cuatro años y de fácil eliminación al crecer la sombra permanente. Las más comunes son: plátano (*M. paradisiaca*), acacia (*Acacia* sp.), higuera (*Ricinus communis*), achiote (*Bixa Orellana*), yuca (*M. esculenta*); se recomienda establecerla un año antes de la siembra y puede permanecer los primeros tres a cinco años, protegiendo las plantas de cacao del sol y viento (Ramos, 2001; López *et al.*, 2005; Navarro y Mendoza, 2006).

Sombra permanente o definitiva. Se debe establecer seis meses a un año antes que el cacao; son especies arbóreas, más altas que las plantas de cacao y permanecen por mucho tiempo en la plantación (Berríos, 1983); comúnmente se utilizan especies como cocoite (*G. sepium*), chipilcohite (*D. robinoides*) y moté (*Erythrina americana* Mill) (Córdova *et al.*, 2001; Ramos, 2001). En nuevas plantaciones se emplean especies maderables que brindan un mayor beneficio económico: bojón (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*) y saman (*Samanea saman*); en el sur de México se usan árboles frutales como sombra permanente: zapote (*Pouteria sapota* (Jacq.) Moore), naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osb.), mango (*Mangifera indica* L.), aguacate (*Persea americana*

L.) y árbol de pan (*Artocarpus altilis* (Parq.) Forsb) (López *et al.*, 2005; Navarro y Mendoza, 2006).

Distancia de siembra de las especies para sombra

La distancia de siembra puede variar de acuerdo con la especie que se use como sombra; árboles pequeños y de poca sombra como *Inga* sp, *G. sepium* o *D. robinoides*, se pueden sembrar a 3 x 3, 4 x 4 ó 9 x 9 m (López *et al.*, 2005); árboles medianos como *Erythrina poeppigiana* a 12 x 12 ó 15 x 15 m. Si los árboles son muy grandes y dan mucha sombra pueden plantarse a 21 x 21 m, en el caso de *S. saman* la densidad de siembra es de 21 a 50 árboles ha⁻¹ (Berrios, 1983; Enríquez y Gustavo, 1987).

Manejo de sombra

La mejor época para establecer las especies de sombra, es al iniciar la temporada de lluvias (junio y julio). Un año después se debe efectuar el trasplante del cacao, utilizando plantas de 4 a 6 meses de edad (López *et al.*, 2005). En los primeros años, deben realizarse podas, para formar un solo tronco de 2 a 4 m y a partir de allí, la copa necesaria (2 ó 3 m sobre el nivel superior de los cacaotales); posteriormente se efectúa un aclareo (Berrios, 1983). En la sombra temporal se eliminan las hojas bajas y secas en los primeros años y a los 3 ó 5 años se debe eliminar dejando algunas especies bien distribuidas en la plantación; de la sombra permanente 1 ó 2 veces al año se eliminan las ramas bajas, a los 4 años de edad se eliminan especies de menor calidad (primer aclareo), y a los 8 años se realiza el segundo aclareo, la intensidad de su aplicación varía de acuerdo a la especie y densidad (López *et al.*, 2005; Navarro y Mendoza, 2006).

Producción de madera

En el año 2007, la producción de madera en rollo en México fue de 6, 988,461 m³r, los principales estados productores fueron: Durango 25.4%, Chihuahua 22.4%, Michoacán 9.9%, Jalisco 8.5% y Oaxaca 7.7% que contribuyeron con el 74.0% de la producción total nacional, equivalente a 5.2 millones de m³r. El 66.8% de la producción se destinó a madera para aserrío (4.7 millones de m³r), el 12.6% a productos celulósicos (882 mil m³r) y el restante 20.6% (1.4 millones de m³r) a tableros, postes, pilotes y morillos y

combustibles. De la producción por género, las coníferas contribuyeron con el 83.1%, las latifoliadas 10.2% y las tropicales 6.7%. Por grupo de productos, el 83.7% del valor de la producción lo representan: la escuadría (79.6%), postes, pilotes y morillos (2.7%) y durmientes (1.4%) (CONAFOR, 2011).

En el año 2002, la producción de madera en rollo tropical fue de 278,000 m³, de este total el 8.6% eran maderas preciosas (*Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata*), de las cuales el 90% se uso para madera aserrada y 10% para otros productos. De las especies comunes *Tabebuía rosea*, *Terminalia amazonia*, *Haematoxylum campechianum* y *Ceiba pentandra*, entre otras, el 44% se usa para aserrío, 30% leña-carbón, 7% postes-pilotes, 8% durmientes y 2% chapa-triplay (Simula *et al.*, 2006).

Antecedentes del inventario forestal

El inventario forestal inicio a finales de la Edad Media, cuando las técnicas estadísticas aún no existían; su aparición en forma sistematizada comienza en el siglo XVIII en Europa. El propósito de un inventario forestal es determinar el volumen de madera presente en un área determinada de bosque. Las técnicas se actualizaron de 1980 a 1990, con la incorporación de nuevas herramientas, diseños de muestreo, el cálculo del tamaño de la muestra, tablas de volumen y las imágenes digitales (Wabo, 2003).

Concepto del inventario forestal

Un inventario forestal consiste en la medición de una porción de bosque, selvas o plantaciones, en relación a la extensión total del mismo. El objetivo es determinar sus características dasométricas (altura, diámetro, densidad, entre otras) y el volumen promedio de madera por hectárea en función de la especie, sitio y edad. Con la información obtenida, se pueden organizar las actividades silvícolas a realizar, para luego realizar una planificación a nivel predial o un plan de manejo regional (Duaber, 1995; Wabo, 2003; Pinelo, 2004). Las formas básicas de un sitio de muestreo son cuadradas, circulares y rectangulares, pero se puede usar cualquier otra forma de figura geométrica o incluso irregular (González *et al.*, 2002).

Importancia de la estimación del volumen

El cálculo del volumen total o comercial de árboles en pie es un requisito básico de toda actividad forestal. La práctica requiere de un instrumento fácil (tabla volumétrica o un factor de forma adecuado), rápido y de exactitud suficiente para tal efecto. Los parámetros a medir son diámetro a la altura del pecho ($DAP_{1.3\text{ m}}$) y la altura; en los bosques de pinos debido a que los fustes tienen cierta conicidad, es necesario considerar la forma como un tercer parámetro de estimación (Dauber, 1997).

Medición de la altura

Si la estructura de los árboles lo permite, ésta puede medirse directamente con varas graduadas, en caso contrario utilizar algún instrumento de medición; los más comunes son: escuadra de brazos iguales, clinómetro Suunto®, nivel Abney®, pistola Blume-Leiss, pistola Haga, plancheta dendrométrica, hipsómetro, dendrómetro, relascopio y equipos láser (Rivas, 2006). De ellos, el más utilizado es la pistola Haga®; al utilizarla se selecciona una distancia horizontal de la base del árbol, equivalente a su altura (15, 20, 25, 30 ó 35 m), punto donde se hace la medición de la altura (FAO, 2004; Zarco *et al.*, 2010); se realizan dos mediciones: el primero en la parte más alta de la copa del árbol y el segundo en la base, la altura total es la suma de los dos mediciones (Figura 1.5) (González y Cuadra, 2004).

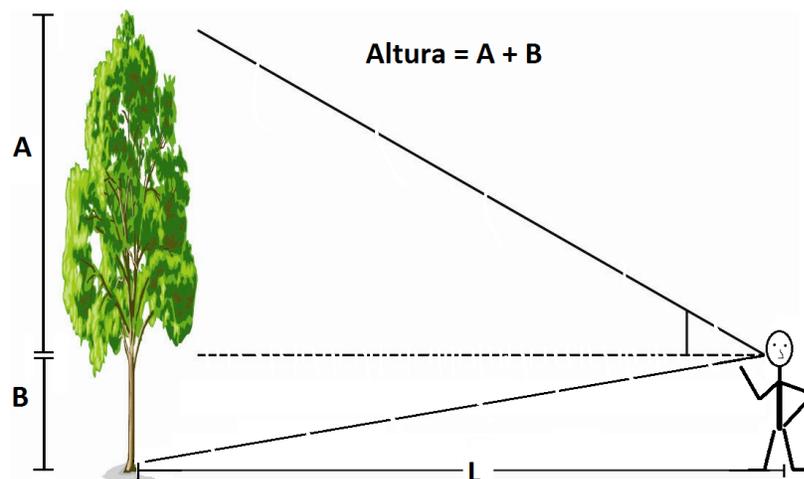


Figura 1.5. Medición de altura de los árboles con pistola Haga (FAO, 2004).

Diámetro

El diámetro a la altura del pecho (DAP) se mide a 1.30 m; los instrumentos más utilizados para medir tanto diámetro como área basal son: cinta diamétrica, forcípula, cinta métrica, relascopio, pentaprisma y equipos láser (Rivas, 2006).

Criterios de medición del DAP_{1.3 m} de los árboles

En cada sitio seleccionado se miden todos los árboles, incluyendo palmas con DAP \geq 25 cm (Pinelo, 2001), sin considerar los bejucos, parásitas u otros vegetales que alteren la medida; al utilizar la cinta métrica, se obtiene el perímetro (P), y para obtener el DAP se estima con la ecuación: $D = P/\pi$, $\pi = 3.1416$. Las cintas diamétricas tienen la ventaja de medir directamente el diámetro del árbol (FAO, 2004; Pinelo, 2004; Zarco *et al.*, 2010). Algunas consideraciones (FAO, 2004) son: si el árbol está bifurcado por abajo de 1.3 m, se considera cada tronco como un árbol independiente; si la bifurcación comienza a 1.3 m, la medición es debajo del punto de intersección y se cuenta como un árbol. Árbol con base ensanchada o contrafuertes la medición es a 30 cm por encima; árbol con heridas o ramas a 1.3 m la medición es encima del punto irregular; en árboles caídos la medición se realiza a 1.3 m desde el punto de transición entre el tronco y la raíz.

1.4. LITERATURA CITADA

- Alonso, V. R. 1987. Contribución de la hojarasca al ciclo de nutrientes, dinámica nutrimental de las hojas. Tesis Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Edo. México. 70 p.
- Alvarado, E. 2006. Línea base para la caracterización de la cadena productiva de cacao y diagnóstico de la cooperación entre actores. APROCACAHO- CATIE. 40 p.
- Bárceñas, P. G. M. y Ordóñez C. V. R. 2008. Calidad de la madera de los árboles de sombra. En: Manson V. R. H., Hernández O. V., Gallina S. y Mehlreter K. (eds) Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz biodiversidad, manejo y conservación. INECOL, INE-SEMARNAT. 322 p.

- Beer, J. 1981. Sistemas agroforestales de cultivos perennes en Costa Rica. CATIE. Turrialba, Costa, Rica 23 p.
- Beer, J. W., Muschler R., Kass D. and Somarriba E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, 4: 175-189.
- Berrios, F. M J. 1983. Fundamentos botánicos, ecológicos y fisiológicos del cultivo del café y su relación en la productividad de una finca. Técnicas modernas para el cultivo de café. ISIC. El Salvador. 200 p.
- Calderón, B. V. 2008. Captura de carbono en un sistema agroforestal *cedro (Cedrela odorata L.)* banano (*Musa sp AAA*) en Tabasco, México. Tesis Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados Campus, Tabasco. 115 p.
- CESVETAB. 2009. Identificación y control de la moniliasis del cacao. Consultado: http://www.cesvetab.com/web/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=22&showall=1. 12/02/11.
- Combe, J. y Budowski G. 1979. Clasificación de las técnicas agroforestales. Sistemas agroforestales en América Latina. Turrialba, Costa, Rica. Pp. 17-48.
- CONAFOR. 2001. Programa estratégico forestal para México 2025. México: Comisión Nacional Forestal. 191 p.
- CONAFOR. 2011. Anuario estadístico de la producción forestal 2007. Comisión Nacional Forestal 224 p.
- Córdova, A. V., Sánchez H. M., Estrella C. N. G., Macías L. A., Sandoval C. E., Martínez S. T. y Ortiz G. C. F. 2001. Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*) en el ejido Francisco I Madero del Plan Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 17 (34): 93-100.
- Córdova, A. V. 2005. Organización campesina en la reconversión del cacao tradicional a orgánico en Tabasco, México. En: Aragón G. A., López O. J. F. y Tapia R. A. M. (eds) Manejo Agroecológico de Sistemas. Dirección de Fomento Editorial, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. 180 p.
- Díaz, C. A. 2002. Características de la distribución de la radiación fotosintéticamente activa y de la estructura del dosel en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) en el estado de Tabasco. Tesis Maestría en Ciencias; Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. 103 p.

- Duaber, E. 1995. Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. BOLFOR. 24 p.
- Enríquez, C. y Gustavo. A. 1987. Manual del cacao para agricultores/ Gustavo A. Enríquez C. de Juan Carlos Retana. 1. Ed. San José, C. R. EUNED. Coedición: CATIE. ACRI: UNED.
- FAO. 2004. Inventario forestal nacional. Manual de campo modelo. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales (ERF). Guatemala. 89 p.
- FAOSTAT. 2011. Sistema Estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Consultado: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. 20/01/2012.
- García, L. J. L. 1983. Los árboles utilizados como sombra de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Comalcalco, Tabasco. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 76 p.
- González, C. G. A., Gallegos R. A., Hernández A. E. y Morales R. M. E. 2002. Evaluación del tamaño y forma de sitio de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales. CONACYT 31808-B. 5 p.
- González, Y. y Cuadra C. M. 2004. Estandarización de unidades de medida y cálculo de volúmenes de madera. INAFOR. 22 p.
- González, L. V. W. 2005. Cacao en México: competitividad y medio ambiente con alianzas. USAID. 93 p.
- Greenberg, R., Bichier P. and Cruz A. 2009. The conservation value for birds of cocoa plantations with diverse planted shade in Tabasco, México. *Animal Conservation*, 3: 105-112.
- Ibarra, M. A. y Estrada M. 2001. Avifauna asociada a dos cacaotales tradicionales en la región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 17: 101-112.
- López, A. P. A., Delgado N. V. H., Azpeitia M. A., López A J. I., Jiménez C. J. A., Flores R. A., Fraire S. L. y Castañeda C. R. 2005. El cacao en Tabasco: manejo y producción. INIFAP; ISPROTAB. 3ra. edición (eds): Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 54 p.

- Mogollón, J. P., García M. J., Sánchez L. F., Chacón N. y Araujo J. 1996. Nitrógeno potencialmente disponible en suelos de cafetales bajo diferentes árboles de sombra. UNEFM. 12 p.
- Montagnini, F. 2006. Homegardens of mesoamerica: biodiversity, food security, and nutrient management. Kumar B. M. and Nair P. K. R. (eds.) Tropical Homegardens: A Time-Tested Example of Sustainable Agroforestry, Pp. 61–84.
- Muñoz, D., Estrada A. y Naranjo E. 2005. Monos aulladores (*Alouatta palliata*) en una plantación de cacao (*Theobroma cacao*) en Tabasco, México. Universidad y Ciencia, 2: 35-44.
- Navarro, P. M. y Mendoza A. I. 2006. Guía técnica para promotores. Cultivo del cacao en sistemas agroforestales. PRODESOC. Río San Juan, Nicaragua. 67 p.
- Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS). 2007. Mosaico estatal de cultivo geo-referenciación de cacao. 1 p. Consultado: http://www.campotabasco.gob.mx/sispro/mapas/cacao_estatal.pdf. 10/10/11.
- Ortiz, M. y Somarriba E. 2005. Sombra y especies arbóreas en los cacaotales del Alto Beni, Bolivia. Agroforestería en las Américas, 8: 43-44.
- Organización Internacional del Cacao (ICCO). 2007. Informe Anual 2005/2006. Consultado: http://www.icco.org/pdf/An_report/anrep0506spanish.pdf. 28/09/11.
- Ospina, A. A. 2002. La Agroforestería: un saber popular. Unidad de investigación Fundación Ecovivero 2 p. Consultado: <http://www.ecovivero.org/Ecoarticuloabril.pdf>. 12/05/11
- Parrish, J., Reitsma R., Greenberg R., Mclarney W., Mack R. y Lynch J. 1999. Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. Agroforestería en las Américas (CATIE). 6 (22): 16-19.
- Pérez, C. M. 2008. Diversidad y abundancia de escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) asociados al agroecosistemas cacao en Tabasco, México. Tesis Doctoral Colegio de Postgraduados Montecillo. Edo. México. 100 p.
- Pérez, C. M., Equihua M. A., Romero N. J., Sánchez S. S., García L. E. y Bravo M. H. 2009. Escolítidos (Coleoptera: scolytidae) asociados al agroecosistema cacao en Tabasco, México. Neotropical Entomology, 38 (5): 602-609.

- Pinelo, G. I. 2001. Manual de campo inventario forestal integrado en unidades de manejo comunitario, zona de uso múltiple, Reserva de la Biosfera Maya Petén, Guatemala. Fundación Naturaleza para la Vida. 45 p.
- Pinelo, G. I. 2004. Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo. PROARCA, USAID. Serie técnica Núm. 4. Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. 49 p.
- Pritchard, M. R. and Nair P. K. R. 2006. Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today. *Agroforestry Systems*, 66:151-164.
- Ramos, R. R. 2001. Análisis del uso sustentable de los suelos con plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México, aplicando sistemas de información geográfica. Tesis Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados Campus, Montecillo, Edo. de México. 146 p.
- Ramírez, M. A. 2009. Diversidad florística y macrofauna edáfica en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas Tabasco. Tesis Maestría en Ciencias-Colegio de Postgraduado Campus, Tabasco. 86 p.
- Rivas, T. D. 2006. Evaluación de los recursos forestales. Universidad Autónoma Chapingo. 26 p.
- Roa, R. H. A., Salgado M. M. G. y Álvarez H. J. 2009. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Soconusco, Chiapas, México. *Acta Biológica Colombiana (ABC)*, 14 (3): 97-110.
- SAGARPA. 2010. Impulsa SAGARPA producción de cacao. Consultado: <http://www.actualidadesmexico.com.mx/2010/03/impulsa-sagarpa-produccion-de-cacao/>. 24/03/11.
- Salgado, M. M. G., Ibarra N. G., Macías S. J. E. y López B. O. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia*, 32 (11): 763-768.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2011. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Consultado: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=184. 07/11/11.
- Simula, M., Siquiera G., Sosa C. V. y Synnott T. 2006. Misión de México. Internacional Tropical Timber Organization (ITTO). Pp. 1-4.

- SOCODEVI e INTA. 2006 Normas de inventario forestal para los planes de manejo predial. Proyecto de implantación de un modelo de desarrollo forestal sustentable en Argentina y Uruguay 19 p.
- Somarriba, E. y Beer J. 1999. Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y Panamá. *Agroforestería en las Américas*, 5 (22): 7-11.
- Somarriba, E., Trivelato M., Villalobos M., Suárez A., Benavides P., Moran K., Orozco L. y López A. 2003. Diagnóstico agroforestal de pequeñas fincas cacaoteras orgánicas de indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10: 37-38.
- Sotomayor, A., García E., Gonzales M. y Lucero A. 2008. Modelos agroforestales. Sistema productivo integrado para una agricultura sustentable. Instituto Forestal de Chile (INFOR), Castilla 109 – C. 23 p.
- Wabo, E. 2003. Inventario forestal. SAGPyA. N°28. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de La Plata. 5 p.
- Watson, R. T., Noble I. R., Bolin B., Ravindranath N. H., Verardo D. J. and Dokken D. J. 2000. Land use, Land-use change, and forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Special report. Cambridge Univ. Press. New York. 9 p.
- Zarco, E. V. M., Valdez H. J. L., Ángeles P. L. y Castillo A. O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 26 (1): 1-17.

**CAPÍTULO II. RECURSOS MADERABLES EN EL SISTEMA AGROFORESTAL
CACAO EN CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO**

RECURSOS MADERABLES EN EL SISTEMA AGROFORESTAL CACAO EN CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

Facundo Sánchez Gutiérrez¹, Julián Pérez Flores^{1*}, José Jesús Obrador Olan¹, Ángel Sol Sánchez¹, Octavio Ruiz-Rosado²

¹Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, LPI-2. Agroecosistemas sustentables, Periférico Carlos A. Molina S/N. A.P 24 Cárdenas, Tabasco, México. C.P. 86500. ²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, A.P 421, Veracruz, Veracruz, México. C.P. 91700. julianflores@colpos.mx. Autor para correspondencia.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el sistema agroforestal cacao (SAF-cacao) en diferentes localidades de Cárdenas, Tabasco México. En 20 sitios de muestreo de 5,000 m² (100 x 50 m) cada uno, se identificaron taxonómicamente y se geoposicionaron los árboles presentes. En cada árbol se midió el diámetro a la altura de pecho DAP_{1.3m}, la altura total y altura del fuste limpio (Ht, Hc). Se calculó el área basal (AB, m²ha⁻¹), el volumen total y volumen comercial maderable (Vt, Vc, m³ha⁻¹). Los productos a obtener del árbol individual fueron definidos en función del DAP. Así mismo se calculó la correlación entre el DAP y la Ht. Se registraron 2,856 árboles, pertenecientes a 67 especies que se agruparon en 28 familias y 58 géneros; sobresalieron por su frecuencia relativa *Erythrina americana* Mill, *Cedrela odorata* L. y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. El AB promedio fue de 18.6 m²ha⁻¹, variando de 8.3 a 34.6 m²ha⁻¹. El 39% de los árboles registrados se puede utilizar para aserrío delgado y 27.4% para aserrío grueso. El Vt promedio fue de 192.4 m³ha⁻¹, variando de 70.4 a 619.9 m³ha⁻¹. El Vc promedio fue de 52.6 m³ha⁻¹, variando de 21.86 a 146.6 m³ha⁻¹; respectivamente. El DAP y la altura de las especies arbóreas en el SAF-cacao, tuvieron una baja correlación positiva ($r^2 = 0.48$) y significativa ($p = 0.05$).

Palabras clave: Agroecosistemas, Árboles, Dasometría, Cacao.

TIMBER RESOURCES IN COCOA AGROFORESTRY SYSTEM IN CÁRDENAS, TABASCO, MEXICO

Facundo Sánchez Gutiérrez¹, Julián Pérez Flores^{1*}, José Jesús Obrador Olan¹, Ángel Sol Sánchez¹, Octavio Ruiz-Rosado²

¹Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, LPI-2. Agroecosistemas sustentables, Periférico Carlos A. Molina S/N. A.P 24 Cárdenas, Tabasco, México. C.P. 86500. ²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, A.P 421, Veracruz, Veracruz, México. C.P. 91700. *julianflores@colpos.mx. Autor para correspondencia.

ABSTRACT

This work was performed in cocoa agroforestry systems (cocoa-AFS) in different locations in Cardenas, Tabasco, Mexico. In 20 sampling plots from 5,000 m² (100 x 50 m) trees each one were registered and geopositioned. Diameter at breast height DBH_{1.3m}, total height and clean bole height (TH, CH) were measured for each tree, calculated were also the basal area (BA, m²ha⁻¹), total volume, commercial volume (TV, CV, m³ ha⁻¹). The products from individual trees were defined according to the DBH. Also, the correlation between DBH and TH was calculated. There were 2,856 trees belonging to 67 species, 28 botany families and 58 genera; *Erythrina Americana* Mill, *Cedrela odorata* L. and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. were the most frequent species. The mean BA 18.6 m² ha⁻¹, ranging from 8.3 to 34.6 m² ha⁻¹. Based on DBH, 39% and 27.4% the recorded trees could be used for sawing thin and respectively. The mean TV was 192.4 m³ ha⁻¹, ranging from 70.4 to 619.9 m³ ha⁻¹. The mean CV was 52.6 m³ ha⁻¹, ranging from 21.86 to 146.6 m³ ha⁻¹, respectively. The DBH and height of the tree species in cocoa- AFS had a low positive correlation ($r^2 = 0.48$) and significant ($p = 0.05$).

Key words: Agroecosistemas, Trees, Dasometry, Cocoa.

2.1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existen aproximadamente 400 millones de hectáreas con sistemas agroforestales (Watson *et al.*, 2000). Los sistemas agroforestales (SAF) se definen como un conjunto de técnicas de manejo de tierras donde se combinan árboles forestales con cultivos, ganadería, o una combinación de ambos; los sistemas pueden ser establecidos en forma simultánea o escalonada a través del tiempo y el espacio (Combe y Budowski, 1979). Estos sistemas poseen una diversa gama de asociación de plantas, con alto potencial para producir madera, leña, frutas, medicinas, forrajes, aceites y plantas ornamentales (Ospina, 2002; Sotomayor *et al.*, 2008; Ramírez, 2009). El cacao al necesitar de sombra, se debe establecer bajo un dosel arbóreo. Aunque en África, Malasia, Perú, Colombia y Ecuador se han generado sistemas de producción a pleno sol (González, 2005), un 70% se cultiva en asociación con árboles de sombra y/o con cultivos anuales y perennes (Salgado *et al.*, 2007). Al poseer una amplia diversidad de especies arbóreas, los SAF son considerados como sitios de conservación para aves residentes y migratorias, cuentan con una alta diversidad florística y desempeñan un importante papel en la protección y conservación de la biodiversidad y captura de carbono (Parrish *et al.*, 1999; Corral *et al.*, 2002; Roa *et al.*, 2009; Calderón, 2008); además, las especies arbóreas contribuyen a la sustentabilidad de este sistema, debido a la producción de hojarasca, reciclaje de nutrientes y prevención de erosión de suelos (Alvim y Nair, 1986; Salgado *et al.*, 2007). Así mismo, Salgado (2007) y Herve y Vidal (2007) señalan que estos sistemas agroforestales presentan un ambiente propicio para la conservación de varias especies de fauna como aves, insectos benéficos y mamíferos, y no solo para la conservación de la flora.

La flora ha sido descrita en diferentes estudios realizados en fincas de cacao del estado de Tabasco, incluyendo listados de composición florística de árboles de sombra, así como los principales usos y características de cada especie (Ramírez, 2009). Estudios realizados por García (1983) y Ramos (2001) reportaron que las especies *Erythrina americana* Mill, *Diphysa robinoides* Benth, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp, *Samanea saman* (Jacq.) Merr y *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg son las más sobresalientes como árboles de sombra en el SAF-cacao. Así mismo, el productor

introduce otras especies de su preferencia como árboles maderables (*Cedrela odorata* L.) y frutales (*Mangifera indica*, *Citrus* sp y *Pouteria sapota* (Jacq.) H. E) (García, 1983; Díaz, 2002; Córdova *et al.*, 2001); en Nigeria, se asocia con *Cola nitida*, planta que se considera una especie industrial (Salgado *et al.*, 2007), en Costa Rica se asocia con *Cordia alliodora*, *Citrus* spp, *Cocos nucifera*, *Inga* spp y *C. odorata* (Somarriba *et al.*, 2003).

Algunos estudios han resaltado la importancia que el SAF-cacao tiene para la diversidad de animales (Parrish *et al.*, 1999). Ibarra y Estrada (2001) y Salgado *et al.* (2007) citan que los cacaotales mantienen una amplia diversidad de aves, murciélagos, mamíferos no voladores e invertebrados, similar a la de los bosques naturales y superior a la de otros hábitat agrícolas de uso más intensivo. Los árboles de sombra contribuyen a crear condiciones para la sobrevivencia de más de 52 especies de aves que realizan la dispersión de semillas en este agroecosistema (Greenberg *et al.*, 2009). Especies de mamíferos como *Alouatta palliata* (mono aullador) reportada en la categoría de especies en peligro de extinción NOM-059 (2002) han persistido en fincas cacaoteras del municipio de Comalcalco, Tabasco, donde se alimentan de especies como *Ficus cotinifolia*, *F. obtusifolia*, *Ficus* sp, *S. saman* y *G. sepium* (Muñoz *et al.*, 2005). Pérez (2008) indica que la diversidad de germoplasma del cacaotal incide en la abundancia y diversidad de escarabajos de la familia *Scolytidae*; este autor recolectó e identificó 19 especies de plantas hospederas pertenecientes a 11 familias botánicas, siendo *Theobroma cacao* y *Swietenia macrophylla* las especies donde se recolectaron más organismos.

Los usos más comunes de la vegetación arbórea en el SAF-cacao son: medicinal, madera aserrada, horcones para casas, postes para cercas, elaboración de mangos para herramientas, frutal, industrial, sombra típica del cacao, combustible leña, árboles de sombra para la ganadería, ornamental, forraje y construcción de techos para casas rurales (García, 1983; Ramos, 2001; Ramírez, 2009). El 34 y 15% de los árboles en Costa Rica (Somarriba *et al.*, 2003) y Bolivia (Orozco y Somarriba, 2005), respectivamente, tienen usos para aserrío grueso en función del diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1.3 m del suelo.

En el estrato superior del SAF-cacao (de más de 20 m de altura) sobresalen las especies *S. saman*, *D. robinoides*, *G. ulmifolia*, *G. sepium*, *C. arborescens*, *C. alliodora*, *Terminalia ivorensis* y *Tabebuia rosea*; las cuales alcanzan los 36 m de altura, DAP de 137 cm y área basal promedio de 11 a 47.2 m² ha⁻¹ (Somarriba *et al.*, 2003; Ramírez, 2009). Las especies arbóreas reportadas con mayor volumen maderable en el SAF-cacao fueron *C. alliodora*, *T. ivorensis* y *T. rosea* (Somarriba *et al.*, 1996); el FHIA (2007) reporta a las especies *Cordia megalantha*, *Tabebuia donnell*, *Cojoba arborea* y *Vitex gaumeri*, mientras que Somarriba y Domínguez (1994) reportan como especies con mayor volumen maderable en este sistema a *T. ivorensis*, *C. alliodora* y *T. rosea*.

El SAF-cacao ha sido históricamente importante desde el punto de vista social, económico y ambiental; se ha ubicado en las regiones de Mesoamérica, Amazonas y los Andes, fue culturalmente importante para muchas civilizaciones prehispánicas (Montagnini, 2006). A pesar del papel que los SAF han desempeñado en el proceso de domesticación y conservación de plantas, han recibido poca o nula atención por parte de los centros de investigación (Pritchard y Nair, 2006).

A nivel mundial en el año 2010, se produjeron 4'320,790 t de cacao seco, en una superficie de 8'919, 483 ha, Nigeria e Indonesia aportaron el 49% de la producción y México ocupó el 13° lugar con una producción de 0.6% (FAOSTAT, 2011). En México los principales estados productores fueron Tabasco y Chiapas con una superficie de 61,344 ha y una producción de 27,174 t de cacao seco (SIAP, 2011; FAOSTAT, 2011). Tabasco con una superficie de 41,117 ha, y una producción 16,560 t cacao seco, es el primer productor a nivel nacional. Cárdenas y Comalcalco son los principales municipios productores en Tabasco con una superficie de 10,487 y 11,055 ha, respectivamente (SAGARPA, 2010). Con el objetivo de conocer las especies arbóreas y determinar el volumen maderable en el SAF-cacao, en diferentes localidades del municipio de Cárdenas, Tabasco; se realizó el presente trabajo.

contactar a productores cooperantes y seleccionar las parcelas de diferentes edades (6, 15, 18, 20, 25, 27, 30, 33 y 35 años); una vez localizadas las parcelas, se georeferenciaron cada uno de los sitios a muestrear (Ramírez, 2009).

Diseño y procedimiento de muestreo

Se establecieron 20 sitios de muestreo de 50 x 100 m cada uno. En cada sitio se registró la edad y superficie de la plantación; se identificaron taxonómicamente y geoposicionaron con GPS (Garmin modelo GSmap60csx ®) los árboles y se les asignó un número con pintura aerosol (Zarco *et al.*, 2010). Las variables dasométricas registradas fueron diámetro a la altura de pecho ($DAP_{1.3\text{ m}}$) con una cinta diamétrica, altura total y comercial o fuste limpio (Ht, Hc) con Pistola Haga ®; el área basal (AB) se estimó con la ecuación: $AB = 0.7854 \times D^2$, donde D = diámetro ($m^2\text{ ha}^{-1}$), 0.7854 = constante; el volumen total y comercial (Vt, Vc) se estimó con la ecuación: $V = AB \times ff \times H$, considerando el factor de forma (ff) que es el 10% de error; donde V = volumen m^3 ; ff = 0.70 y H = altura (Dauber, 1997; FAO, 2004).

Clasificación del dosel y diámetro de las especies arbóreas y usos en función del DAP

El dosel arbóreo se clasificó según los criterios propuestos por Pinelo (2001), estrato muy bajo <5 m de altura, bajo $\geq 5 - <15$ m, medio $\geq 15 - <25$ m y alto ≥ 25 m.

La información del DAP de los individuos censados se organizó por categoría diamétrica de 10 cm de amplitud: 1 a 9.9, 10 a 19.9 y así sucesivamente, a efectos de conocer la representatividad de cada clase con respecto al total (Sánchez y Maldonado, 2010).

Los productos a obtener del árbol individual fueron definidos en función del DAP, de la siguiente manera: sin uso (DAP <5 cm), leña ($\geq 5 - <10$ cm), postes ($\geq 10 - <15$ cm), aserrío delgado ($\geq 15 - <30$ cm) y aserrío grueso (DAP ≥ 30 cm) (Mora y Hernández, 2007).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de correlación lineal simple con el paquete estadístico R commander entre la altura y el DAP de las 10 especies más frecuentes en los sitios de

muestreo de los SAF-cacao; posteriormente se eligieron dos especies preferentemente para sombra y dos para uso maderable. El coeficiente de correlación lineal simple permitió medir el grado de relación existente entre dos variables, el valor de r varía de -1 a +1, los valores cercanos a -1 y +1 la existencia de una fuerte correlación negativa y positiva, respectivamente.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición florística

Se visitaron 36.5 ha de SAF-cacao, en ellas se muestrearon 10 ha. La superficie promedio de los SAF fue de 1.8 ha, variando de 0.5 a 5 ha. Somarriba *et al.* (2003) en Talamanca, Costa Rica, reportaron una superficie promedio de 1.3 ha, variando de 0.25 a 15 ha, ambos resultados indicaron que los cacaotales se encuentran en manos de pequeños productores.

Se encontraron 2,856 árboles, pertenecientes a 67 especies, 58 géneros y 28 familias; Ramírez (2009) en Tabasco en un muestreo de 6 ha, encontró 38 especies, 35 géneros y 24 familias; en esta misma Entidad, Ramos (2001) en una superficie de 9 ha, reportó 33 especies pertenecientes a 31 géneros y 17 familias; García (1983) registró 40 especies de 19 familias en una encuesta de 72 productores y Salgado *et al.* (2007) en la región del Soconusco, Chiapas en 7.2 ha registró 790 árboles, representando a 23 familias, 38 géneros y 47 especies. No obstante que en el presente estudio se registró una mayor diversidad de especies y familias que lo reportado por García (1983) y Salgado *et al.* (2007). Rosa (2003) en Brasil, registró mayor número de árboles (2,514), especies (293) y de familias (52) que en el presente estudio, probablemente por que el SAF-cacao se establece bajo selvas aclareadas o porque su superficie de muestreo fue mayor (15 ha). Por su parte Oke y Odebiyi (2007), en Nigeria en 1.3 ha, reportaron 487 árboles pertenecientes a 45 especies y 24 familias.

Se registró una media de 14 especies ha^{-1} , variando de 6 a 35 especies ha^{-1} ; las más comunes fueron: *Erythrina americana* Mill y *Cedrela odorata* L. Orozco y Somarriba (2005) en Bolivia, reportaron 5 especies ha^{-1} , a *Swietenia macrophylla*, *Schyzolobium Parahyba* y *Amburana cearensis* como las más frecuentes.

En densidad se registró una media de 286 árboles ha⁻¹, variando de 96 a 618 árboles ha⁻¹, predominando las familias Fabaceae y Meliaceae. En Panamá y Costa Rica Somarriba *et al.* (1996; 2000) registraron 278 árboles ha⁻¹, en tanto que Mogollón *et al.* (1996) en Venezuela reportaron 300 árboles ha⁻¹ en ambos estudios predominó la familia Fabaceae; Rosa (2003) en Brasil registró de 47 a 355 árboles ha⁻¹, ambos estudios y el presente, coinciden con la densidad de árboles ha⁻¹, al igual que en la familia Fabaceae como la más frecuente utilizada para sombra del cultivo de cacao.

Especies arbóreas sobresalientes por frecuencia en diferentes edades

Las especies más frecuentes como árboles de sombra en el SAF-cacao en las diferentes edades fueron *C. odorata* en las plantaciones de 6, 20 y 25 años con una frecuencia de 78, 41, 16.1%, respectivamente; *G. sepium* en las de 15 y 20 años con 35.1 y 27.1%; *E. americana* en las de 15, 18, 25 y 30 años con 27.9, 46, 45.4 y 56.6%; *T. rosea* en las de 18 y 35 años con 15.2 y 15.8%; *D. robinoides* en las de 27 y 33 años con 47.8 y 38.5%; *C. arborescens* de las de 30, 33 y 35 años con 17.5, 12.8 y 16.9%, respectivamente (Cuadro 2.1).

En todo el rango de edades destaca el moté (*E. americana*) con 28.4%, cedro (*C. odorata*) 20.1% y cocoite (*G. sepium*) 8.7%. Lo anterior coincide con el 25% de *E. americana* reportado por Córdova *et al.* (2001) en Cárdenas, Tabasco, pero contrasta con ese mismo estudio para *G. sepium*; en él se reporta un 75% de árboles de sombra de esta especie y en el presente estudio fue de 8.65%; Rosa (2003) en Brasil indica que las especies más frecuentes como sombra de cacao fueron *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire y *Artocarpus heterophyllus* Lam., con 8 y 7%; respectivamente. En Nigeria 10 especies representaron el 76% de los árboles registrados que fueron *Elaeis guineensis* Jacq., *Cola nítida* (Vent.) Schott et Endl., *C. sinensis*, *Mangifera indica* L., *Anacardium occidentale* L., *Psidium guajava* L., *Persea americana* Mill., *Ricinodendron heudelotii* Muell. Arg., *Citrus reticulata* L. y *Cocos nucifera* L. (Oke y Odebiyi, 2007). En Talamanca, Costa Rica, fueron *Cordia alliodora*, *Citrus* spp. *Cocos nucifera*, *Inga* spp y *C. odorata* (Somarriba *et al.*, 2003); y en Bolivia, fueron las especies *Swietenia macrophylla*, *Schyzolobium parahyba*, *Amburana cearensis*, *Centrolobium ochroxylum* y *Cedrela odorata* (Orozco y Somarriba, 2005). Ambos estudios comparados con el

presente, registraron especies similares en diferentes frecuencias, lo cual es lógico si se considera que las especies utilizadas como sombra en los SAF-cacao, varían no solo entre países si no también entre regiones dentro de un mismo país.

Cuadro 2.1. Especies con mayor frecuencia de acuerdo al número de árboles registrados en diferentes edades en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco, México.

Edad (años)	Nombre común	Nombre científico	Nº. de árboles	Frecuencia %
6 a 35	moté	<i>Erythrina americana</i> Mill	812	28.4
	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	573	20.1
	cocoite	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp	247	8.7
	tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	246	8.6
	chipilcohite	<i>Diphysa robinioides</i> Benth	188	6.6
	62 especies restantes		790	27.6
	6	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	241
guácimo		<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	29	9.4
ramón		<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	14	4.5
macúlis		<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	11	3.6
kan nich		<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Ktze.	2	0.6
9 especies restantes			12	3.9
15		cocoite	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	112
	moté	<i>Erythrina americana</i> Mill	89	27.9
	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	38	11.9
	chipilcohite	<i>Diphysa robinioides</i> Benth	31	9.7
	eritrina	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	21	6.6
	9 especies restantes		28	8.8
	total		319	100.0
18	moté	<i>Erythrina americana</i> Mill	109	46.0
	macúlis	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	36	15.2
	guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	19	8.0
	tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	17	7.2
	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	11	4.6
	17 especies restantes		45	19.0
	total		237	100.0
20	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	118	41.0
	cocoite	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	78	27.1
	moté	<i>Erythrina americana</i> Mill	54	18.8
	chipilcohite	<i>Diphysa robinioides</i> Benth	19	6.6
	jinicuil	<i>Inga jinicuil</i> Schl	10	3.5
	4 especies restantes		9	3.1
	total		288	100.0

Cuadro 2.1. Continuación... Especies con mayor frecuencia de acuerdo al número de árboles registrados en diferentes edades en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco, México

25	moté	<i>Erythrina americana</i> Mill	327	45.4
	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	116	16.1
	tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	76	10.5
	eritrina	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	42	5.8
	macuñlis	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	32	4.4
	34 especies restantes		128	17.8
	total		721	100.0
27	chipilcohite	<i>Diphysa robinoides</i> Benth	77	47.8
	melina	<i>Gmelina arbórea</i> Roxb	17	10.6
	caobilla	<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	16	9.9
	tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	13	8.1
	caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> Willd	8	5.0
	12 especies restantes		30	18.6
	total		161	100.0
30	moté	<i>Erythrina americana</i> Mill	223	56.6
	tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	69	17.5
	macuñlis	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	22	5.6
	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	19	4.8
	melina	<i>Gmelina arbórea</i> Roxb	9	2.3
	21 especies restantes		52	13.2
	total		394	100.0
33	chipilcohite	<i>Diphysa robinoides</i> Benth	30	38.5
	tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	10	12.8
	naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osb.	9	11.5
	mango	<i>Mangifera indica</i> L.	6	7.7
	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	4	5.1
	9 especies restantes		19	24.4
	total		78	100.0
35	tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	59	16.9
	macuñlis	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	55	15.8
	cocoite	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp	35	10.0
	guarumo	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol	30	8.6
	chipilcohite	<i>Diphysa robinoides</i> Benth	27	7.7
	40 especies restantes		143	41.0
	total		349	100.0

Clasificación de dosel

La media y rango de Ht fueron de 10.1 m y 2 a 35.5 m, respectivamente. El 5.9% de los árboles registrados se ubicaron en la categoría de dosel muy bajo (altura <5 m) y

fueron especies maderables de resiembra como *C. odorata*, *T. rosea* y *C. arborescens*; el 84.2% del total de árboles se concentró en el dosel bajo ($\geq 5 - < 15$ m), el 8.9% dosel medio y 0.98% dosel alto (Figura 2.2). En éste último, se registraron especies como eritrina (*E. poeppigiana*) samán (*S. saman*) y castaña (*A. altilis*). Ramírez (2009) en Cárdenas, Tabasco, también reportó árboles de 36 m, principalmente de las especies *S. saman*, *G. ulmifolia* y *C. arborescens*; lo cual indica que el SAF-cacao, posee especies arbóreas con alturas similares a las encontradas en las selvas. Somarriba *et al.* (2003) en Talamanca, Costa Rica, reportaron alturas del dosel superior eb SAF-cacao de hasta 30 m. Somarriba *et al.* (1996) en Panamá y el FHIA (2007) en Honduras, reportaron alturas promedio de 17 y 13 m, respectivamente; ambos estudios comparados con el presente es superior la altura promedio, probablemente por las especies registradas que son maderables y no se podan.

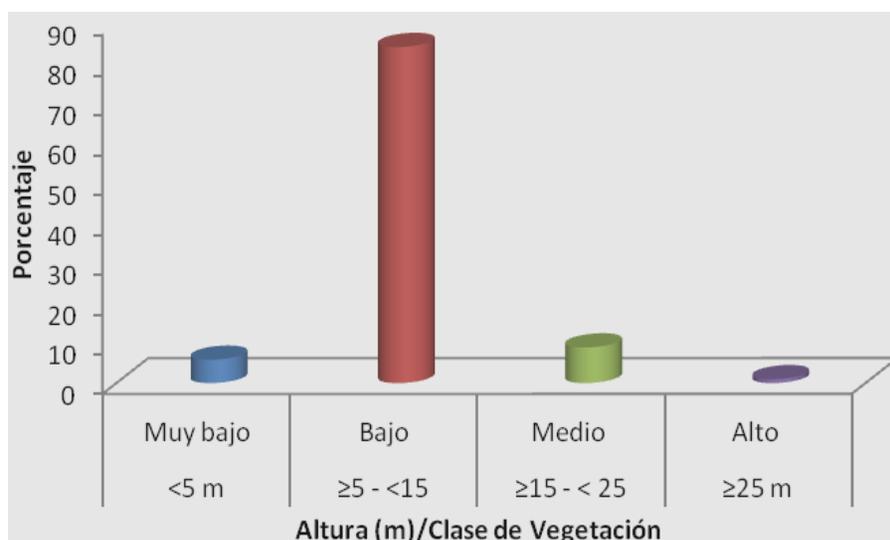


Figura 2.2. Distribución de árboles por categoría de altura en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco, México.

Clasificación diamétrica

Los valores en DAP variaron de 1 a 146.6 cm, con una media de 23 cm. De los 2,856 individuos censados, la categoría de 10 - 20 cm de DAP es la que registró mayor número de individuos con 756 árboles (27%), seguido por la de 20 – 30 cm con 731 árboles (26%) (Figura 2.3). Las primeras cuatro categorías diamétricas, concentraron el 91% del total de los árboles registrados; Orozco y Somarriba (2005) citaron que en Bolivia, el 45% de los árboles en el SAF-cacao tuvieron DAP de 10 – 20 cm. Ramírez

(2009) en Cárdenas, Tabasco, cita un DAP de 137 cm máximo para algunas especies. Somarriba *et al.* (1996) en Panamá y FHIA (2007) en Honduras, reportaron DAP promedio de 25 y 28 cm, respectivamente. Ambos autores reportan un DAP mayor que el del presente estudio probablemente por que ellos solo promediaron tres especies y nosotros todas las encontradas en el SAF-cacao.

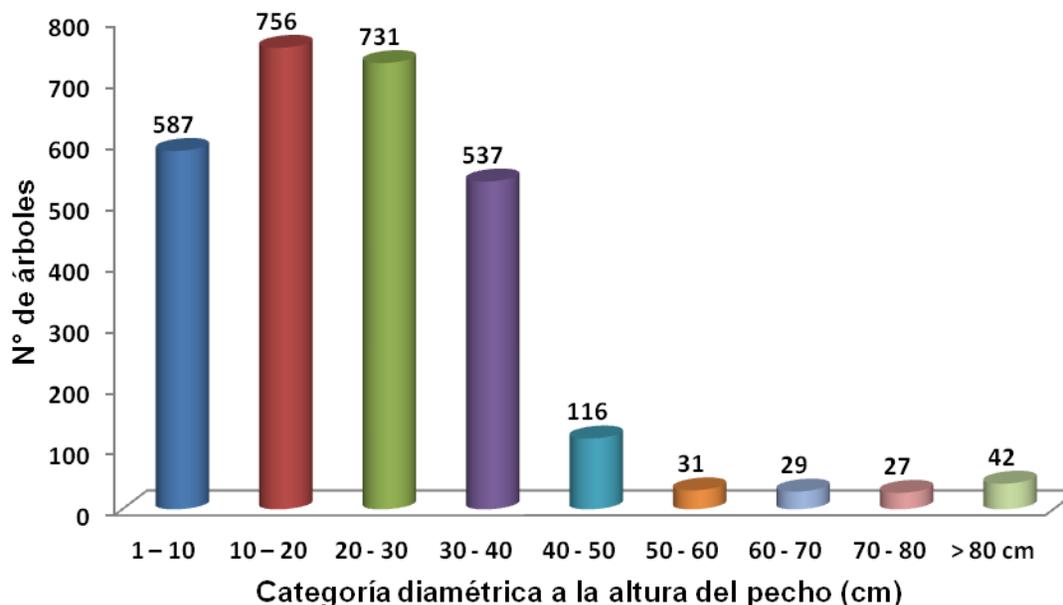


Figura 2.3. Distribución de los árboles por clase diamétrica en el SAF-cacao en Cárdenas Tabasco, México.

Productos maderables en función del DAP

Del total de los árboles registrados y de acuerdo al DAP, los usos principales fueron aserrío delgado y grueso, con 39 y 27.4%, respectivamente; 6.9% de los árboles se registraron sin uso (Figura 2.4), debido a que eran especies de resiembra establecidas en áreas sin sombra; no obstante que el uso varía de acuerdo a la especie, edad, diversidad y cultura entre otros factores. Somarriba *et al.* (2003), en Talamanca, Costa Rica, registraron 34% de árboles con uso para aserrío grueso y Orozco y Somarriba (2005) en Bolivia reportaron un 15% de árboles también con este uso.

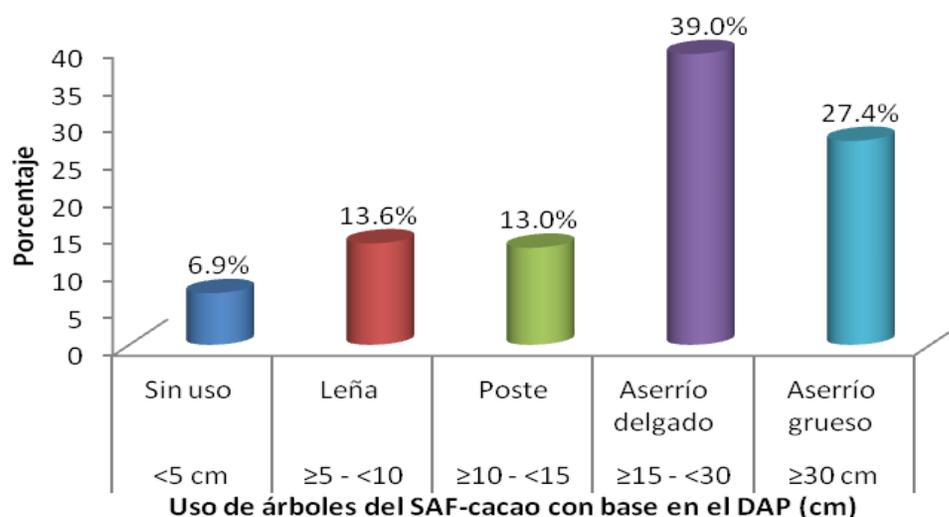


Figura 2.4. Porcentaje como productos maderables potenciales de acuerdo al DAP (cm) de los árboles en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco.

Especies con mayor área basal en diferentes edades del SAF-cacao

Los SAF de 20 y 25 años de edad presentaron la menor y mayor AB con 12.2 y 22.7 m² ha⁻¹, respectivamente. Las tres especies con mayor AB de los SAF muestreados (6 a 25 años) fueron *E. americana* 6 m² ha⁻¹, *E. poeppigiana* 3.8 m² ha⁻¹ y *C. odorata* 1.6 m² ha⁻¹; cada una de las 64 especies restantes tuvieron un AB ≤1 m² ha⁻¹ (Figura 2.5).

Los SAF de 6 y 20 años comparten a *C. odorata* como especie sobresaliente en AB (15.7 y 2.2 m² ha⁻¹, respectivamente), los de 6 y 18 años a *G. ulmifolia* (0.6 y 1.9 m² ha⁻¹); 15, 25 y 30 años *E. poeppigiana* (7.8, 9.1 y 1.9 m² ha⁻¹); 15, 20 y 35 años *G. sepium* (4.3, 2.7 y 3.5 m² ha⁻¹); 15, 18, 25 y 30 años *E. americana* (3.3, 8.3, 8.2 y 14 m² ha⁻¹); 18, 30 y 33 años *M. indica* (1.4, 0.9 y 2.6 m² ha⁻¹); 25 y 33 años *S. saman* (1.7 y 7 m² ha⁻¹), y los SAF de 27, 33 y 35 años comparten a *D. robinoides* como especie sobresaliente en AB (3.5, 2.5 y 1 m² ha⁻¹) (Figura 2.5).

El área basal (AB) del total de los árboles registrados fue de 185 m², con una media de 18.5 m² ha⁻¹, y una variación de 8.3 a 34.6 m² ha⁻¹. Ramírez (2009) en Cárdenas, Tabasco, reportó una media de 48.2 m² ha⁻¹, destacando las especies *S. saman* 12 m² ha⁻¹, *D. robinoides* 7.8 m² ha⁻¹ y *G. ulmifolia* 5.6 m² ha⁻¹, superior que nuestro resultado, debido que las especies registradas son de mayor diámetro y frecuencia (*S.saman*). Somarriba *et al.* (1996) en Panamá, reportaron una media de 11 m² ha⁻¹, destacando a las especies *Cordia alliodora* 12 m² ha⁻¹, *Terminalia ivorensis* 11 m² ha⁻¹ y *Tabebuia*

rosea 10 m² ha⁻¹ con mayor AB. Concha *et al.* (2007) en Lima, Perú, reportaron AB promedio de 5.71 m² ha⁻¹ las especies con mayor AB fueron *Inga sp*, *Citrus nobilis* y *Piptadenia favia*. Somarriba y Domínguez (1994) en Costa Rica, reportaron un AB promedio de 4.1 m² ha⁻¹ las especies sobresalientes fueron *T. ivorensis* 52 m² ha⁻¹, 4.5, *T. rosea* m² ha⁻¹ y *C. alliodora* 2.8 m² ha⁻¹. El FHIA (2007) en Honduras reportó un AB promedio de 4.8 m² ha⁻¹. Los cuatro autores citados registraron un AB menor que nuestro resultado, debido a que las especies registradas son jóvenes y de diámetros pequeños.

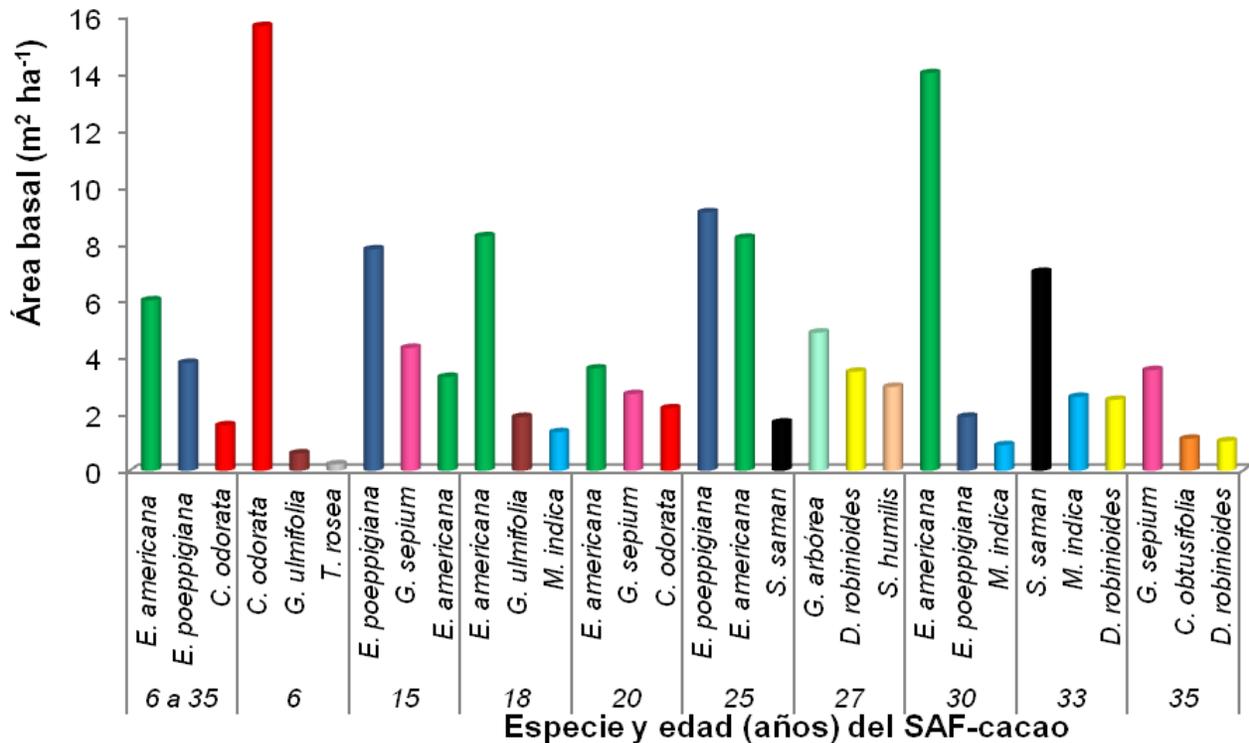


Figura 2.5. Especies con mayor área basal (m² ha⁻¹) en el SAF-cacao en diferentes edades en Cárdenas, Tabasco, México.

Volumen maderable total (Vt) y volumen comercial (Vc)

En el SAF-cacao hay una gran cantidad de volumen maderable, que puede y debe ser aprovechado de manera sustentable, en los 20 sitios muestreados se encontró un volumen total de 1,923.8 m³ de madera rollo. El Vt promedio fue de 192.4 m³ ha⁻¹, variando de 70.4 a 619.86 m³ ha⁻¹. Diez especies representaron el 87.4% del Vt; sobresalieron *E. poeppigiana* 33.5% (64.4 m³ ha⁻¹), *E. americana* 20.9% (40.3 m³ ha⁻¹) y *C. odorata* 8.1% (15.5 m³ ha⁻¹) (Figura 2.6). Somarriba *et al.* (1996) en Panamá,

reportaron a las especies *Cordia alliodora* 90 m³ ha⁻¹, *Terminalia ivorensis* 81 m³ ha⁻¹ y *Tabebuia rosea* 46 m³ ha⁻¹ con mayor volumen comparando con el presente trabajo, dado que son especies establecidas preferentemente para sombra; similar con lo reportado por el FHIA (2007) en Honduras quien reporta a las especies *Cordia megalantha* 118 m³ ha⁻¹, *Tabebuia donnell* 33.9 m³ ha⁻¹, *Cojoba arbórea* 33.6 m³ ha⁻¹ y *Vitex gaumeri* 32.6 m³ ha⁻¹. Somarriba y Domínguez (1994) en Costa Rica reportaron a *T. ivorensis* con 35 m³ ha⁻¹, *C. alliodora* 21 m³ ha⁻¹ y *T. rosea* con 19 m³ ha⁻¹ de volumen total.

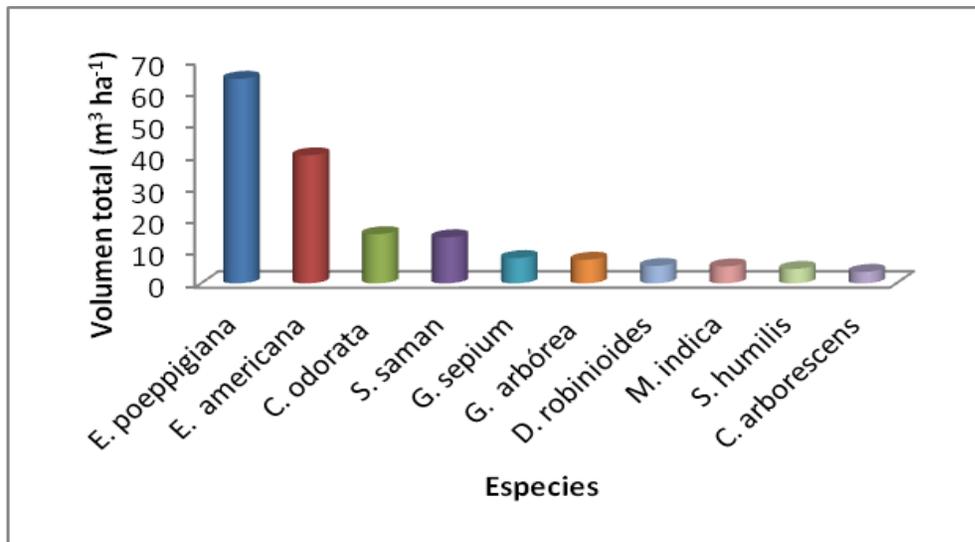


Figura 2.6. Especies con mayor volumen maderable (m³ ha⁻¹) en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco, México.

El Volumen comercial (fuste limpio) maderable de los 20 sitios muestreados registraron 526.29 m³ de madera en rollo, un promedio de 52.6 m³ ha⁻¹, variando de 21.9 a 146.7 m³ ha⁻¹. Diez especies representaron el 82.9% del Vc total; sobresalieron *E. poeppigiana* 27.4% (14.4 m³ ha⁻¹) *E. americana* 18.7% (9.9 m³ ha⁻¹) y *C. odorata* 11.9% (6.1 m³ ha⁻¹) (Figura 2.7). Calero (2008) en Costa Rica reportó a *Cordia alliodora* como la especie con mayor Vc (31 m³ ha⁻¹), debido a que fueron establecidos preferentemente para sombra y *C. odorata* con menor Vc (1.5 m³ ha⁻¹) y menor que el registrado en nuestro estudio.

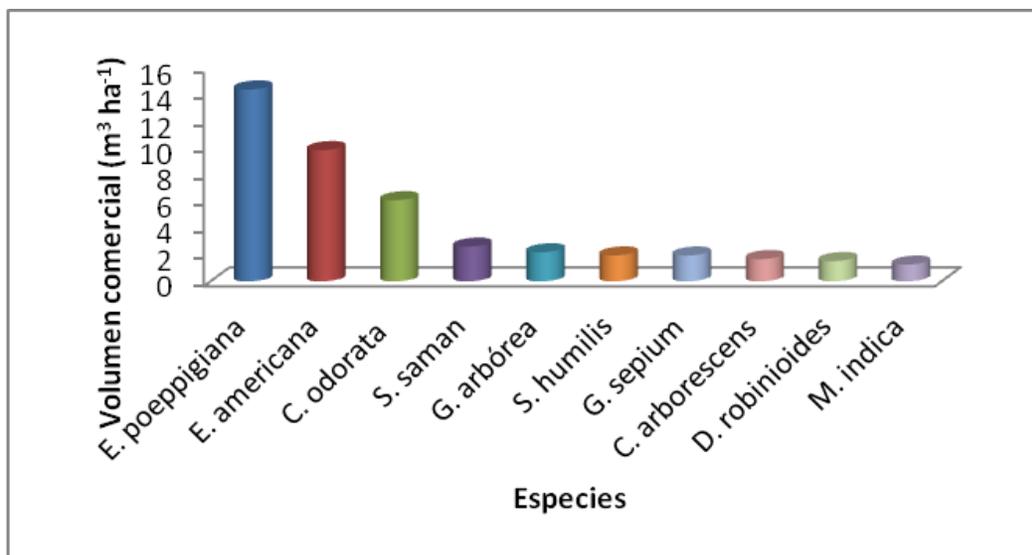


Figura 2.7. Volumen comercial (m³ ha⁻¹) en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco.

Análisis de correlación simple entre el DAP y la altura de las 10 especies arbóreas principales en el sistema agroforestal cacao

La correlación que guardaron el DAP y la altura de las 10 especies con mayor frecuencia en el SAF-cacao, indicaron una baja relación positiva ($r^2 = 0.478$, $p = 2.2e^{-10}$) (Figura 2.8), esta condición puede atribuirse a factores como: edad, manejo y usos (maderable, sombra, frutal y ornamental) de las especies arbóreas. La media del DAP y la altura fueron de 23 cm y 10 m, respectivamente, para las especies *E. americana*, *D. robinoides* y *G. sepium*, la mayoría de los árboles tienen DAP < 50 cm y < 17 m de alturas y las especies de mayor porte (*S. saman* y *E. poeppigiana*) son menos frecuentes en el SAF-cacao, con DAP > 50 cm y alturas > 17 m, motivo de la dispersión de los puntos.

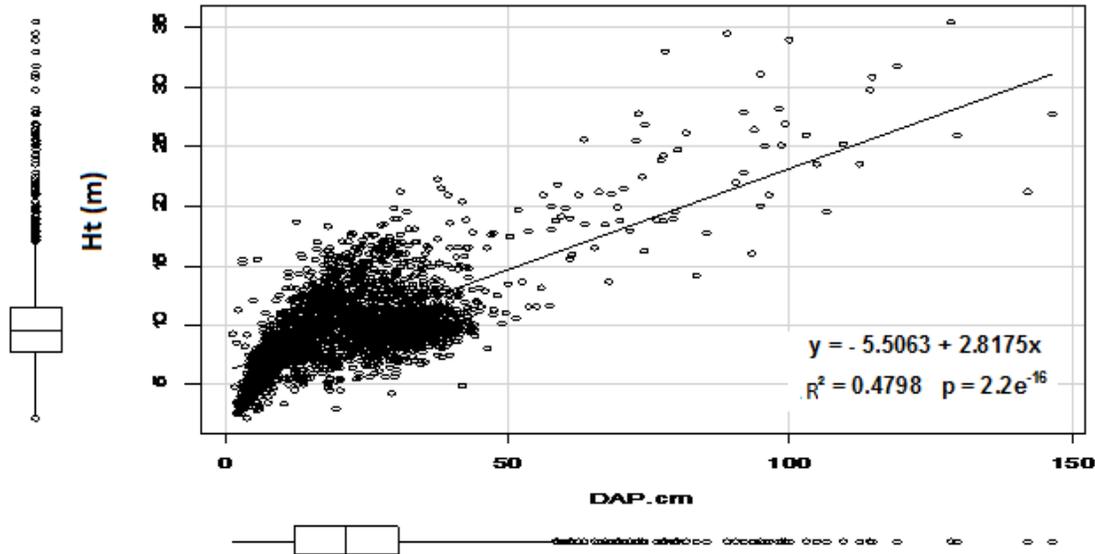


Figura 2.8. Correlación entre el diámetro a la altura de pecho (DAP cm) y la altura (m) de las 10 especies con mayor frecuencia, en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco.

Al analizar la correlación del DAP y la altura de dos especies para sombra (mote, cocoite) y dos especies maderables (cedro, tatúan) en el SAF-cacao; se encontró para las primeras una r^2 de 0.34 y 0.585, respectivamente, con una significancia p de $2.2e^{-10}$ (Figura 2.9 a y b). No obstante, en ambos casos por cada centímetro de incremento del DAP, la altura incrementa 3 m. Lo anterior puede explicarse por la edad, la frecuencia y criterios diferenciados que los productores realizan en sus predios. El cedro y el tatúan presentaron una r^2 de 0.737 y 0.772, respectivamente, con una significancia p de $2.2e^{-10}$ (Figura 2.9 c y d); en estas especies, por cada centímetro de incremento del DAP, la altura incrementa 2.1 y 1.7 m, respectivamente; la dispersión de los puntos se debe a la diferencia en edad, ataque de plagas, enfermedades y manejo de cada productor. Las especies para sombra (mote y el cocoite), son de rápido crecimiento y sembradas por estacas, caso contrario las especies maderables (cedro y tatúan) se siembran por semilla y son de lento crecimiento.

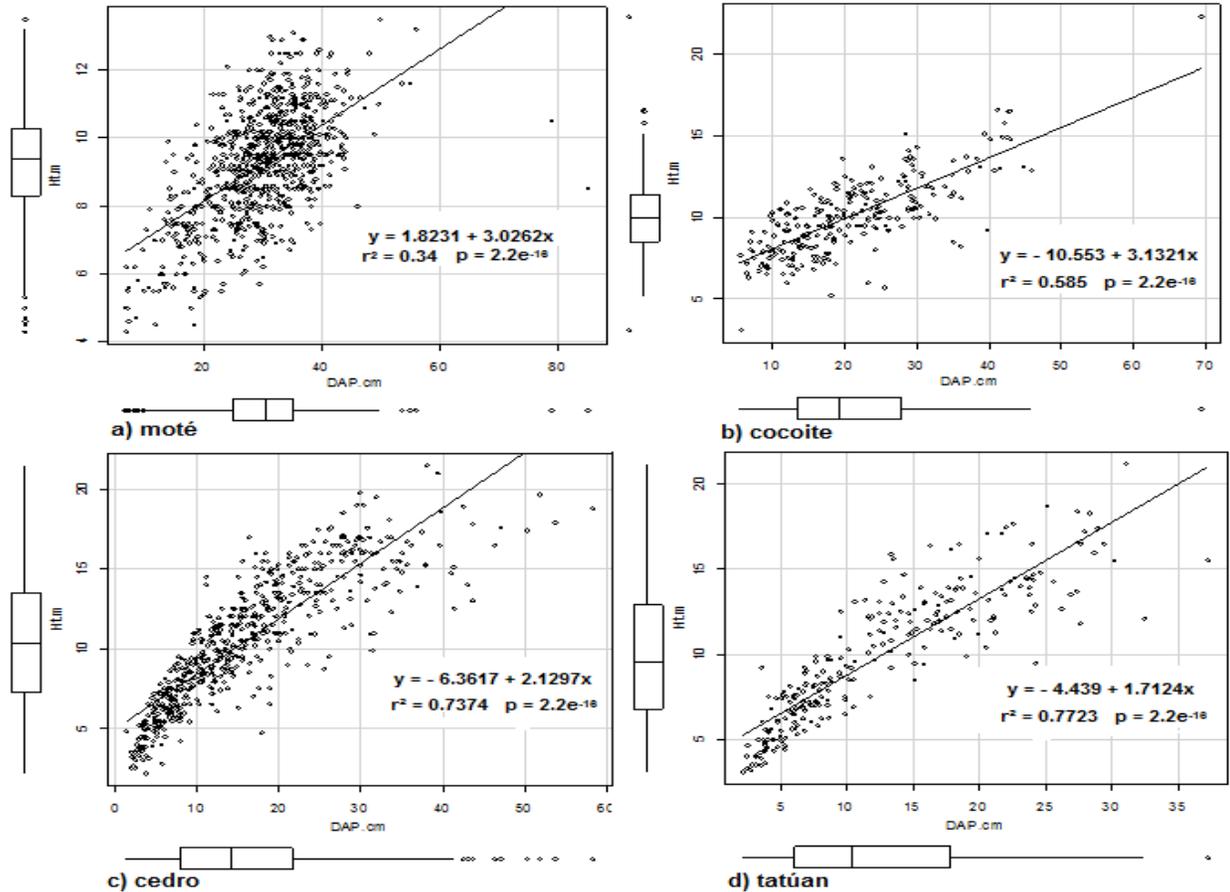


Figura 2.9. Correlación entre el diámetro a la altura de pecho (DAP_{1.3 m}) y la altura (m) en dos especies para sombra (moté y cocoite) y dos especies maderables (cedro y tatúan) en el SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco, México.

2.4. CONCLUSIONES

En el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco hay una diversidad de especies arbóreas, tanto nativas como exóticas, importantes para la conservación de la biodiversidad en el estado. Las especies más comunes como árboles de sombra fueron *E. americana*, *C. odorata*, *G. sepium*, *C. arborescens* y *D. robinoides*.

El SAF-cacao concentra gran cantidad especies arbóreas, con un volumen maderable que puede, y debe de ser aprovechado de múltiples maneras y de forma sustentable; las especies con mayor volumen maderable fueron *E. poeppigiana*, *E. americana*, *C. odorata*, *S. saman* y *G. sepium*. Los usos principales de los árboles en función del DAP fueron aserrío delgado con 39% y aserrío grueso con 27.4%. El DAP y la altura de las especies arbóreas tuvieron una baja asociación debido al tipo de crecimiento, manejo de la plantación y al uso de cada especie.

2.5. LITERATURA CITADA

- Alvim, R. y Nair P. K. R. 1986. Combination of cocoa with other plantation crops. *Agroforestry Systems*, 4: 3-15.
- Calderón, B. V. 2008. Captura de carbono en un sistema agroforestal *cedro (Cedrela odorata L.)-banano (Musa sp AAA)* en Tabasco, México. Tesis Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados Campus, Tabasco. 115 p.
- Calero, B. W. A. 2008. Producción e incrementos de madera y carbono de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro amargo (*Cedrela odorata L.*) de regeneración natural en cacaotales y bananales indígenas de Talamanca, Costa Rica. Tesis Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 87 p.
- Concha, J. Y., Alegre J. C. y Pocomucha V. 2007. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao L.* en el departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 6 (1-2): 75-82.
- Combe, J. y Budowski G. 1979. Clasificación de las técnicas agroforestales. *Sistemas agroforestales en América Latina*. Turrialba, Costa, Rica. 17 p.
- Córdova, A. V., Sánchez H. M., Estrella C. N. G., Macías L. A., Sandoval C. E., Martínez S. T. y Ortiz G. C. F. 2001. Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*) en el ejido Francisco I Madero del Plan Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 17 (34): 93-100.
- Córdova, A. V. 2005. Organización campesina en la reconversión del cacao tradicional a orgánico en Tabasco, México. En: Aragón G. A., López O. J. F. y Tapia R. A. M. (eds) *Manejo Agroecológico de Sistemas*. Dirección de Fomento Editorial, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. 180 p.
- Corral, R. J., Aguirre C. O. A, Jiménez P. J. y Návar C. J. J. 2002. Muestreo de diversidad y observaciones ecológicas del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña “El Cielo”, Tamaulipas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8: 125-131.
- Dauber, E. 1997. Propuesta para la elaboración de tablas volumétricas y/o factores de forma. BOLFOR. USAID, Santa, Cruz, Bolivia. 511-0621. 16 p.

- Díaz, C. A. 2002. Características de la distribución de la radiación fotosintéticamente activa y de la estructura del dosel en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el estado de Tabasco. Tesis Maestría en Ciencias; Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. 103 p.
- FAO. 2004. Inventario forestal nacional. Manual de campo modelo. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales (ERF). Guatemala. 89 p.
- FAOSTAT. 2011. Sistema Estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Consultado: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. 20/01/2012.
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 2007. Uso de especies maderables tropicales latifoliadas como sombra del cacao. Hoja técnica, programa de cacao y agroforestería. 5 p.
- García, L. J. L. 1983. Los árboles utilizados como sombra de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Comalcalco, Tabasco. Universidad Autónoma Chapingo México. 50 p.
- González, L. V. W. 2005. Cacao en México: competitividad y medio ambiente con alianzas. USAID. 93 p.
- Greenberg, R., Bichier P. and Cruz A. 2009. The conservation value for birds of cocoa plantations with diverse planted shade in Tabasco, México. *Animal Conservation*, 3: 105-112.
- Ibarra, M. A. y Estrada M. 2001. Avifauna asociada a dos cacaotales tradicionales en la región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 17: 101-112.
- López, A. P. A., Delgado N. V. H., Azpeitia M. A., López A. J. I., Jiménez C. J. A., Flores R. A., Fraire S. L. y Castañeda C. R. 2005. El cacao en Tabasco: manejo y producción. Tercera edición. (eds): INIFAP; ISPROTAB Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 54 p.
- Mogollón, J. P., García M. J., Sánchez L. F., Chacón N. y Araujo J. 1996. Nitrógeno potencialmente disponible en suelos de cafetales bajo diferentes árboles de sombra. UNEFM. 12 p.

- Montagnini, F. 2006. Homegardens of mesoamerica: biodiversity, food security, and nutrient management. Kumar B. M. and Nair P. K. R. (eds.), Tropical Homegardens: A Time-Tested Example of Sustainable Agroforestry, Pp. 61–84.
- Mora, F. y Hernández W. 2007. Estimación del volumen comercial por producto para rodales de teca en el pacífico de Costa Rica. 12 p.
- Muñoz D., Estrada A. y Naranjo E. 2005. Monos aulladores (*Alouatta palliata*) en una plantación de cacao (*Theobroma cacao*) en Tabasco, México. Universidad y Ciencia, 2: 35-44.
- Oke, D. O. and Odebiyi K. A. 2007. Traditional cocoa-based agroforestry and forest species conservation in Ondo State, Nigeria. Agriculture, Ecosystems and Environment, 122: 5-11.
- Orozco, L. y Somarriba E. 2005. Árboles maderables en fincas de cacao orgánico del Alto Beni, Bolivia. Agroforestería en las Américas, 43: 43-44
- Ospina, A. A. 2002. La Agroforestería: un saber popular. Pp. 1-2. Consultado: <http://www.ecovivero.org/Ecoarticuloabril.pdf>. 12/05/10.
- Parrish, J., Reitsma R., Greenberg R., Mclarney W., Mack R. y Lynch J. 1999. Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. Agroforestería en las Américas (CATIE), 6 (22): 16-19.
- Palma, L. D. J., Cisneros D. J., Moreno C. E. y Rincón R. J. A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Primera edición. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Pérez, C. M. 2008. Diversidad y abundancia de escolitidos (Coleoptera: Scolytidae) asociados al agroecosistema cacao en Tabasco, México. Tesis Doctoral Colegio de Postgraduados Montecillo. Edo. México. 100 p.
- Pinelo, G. I. 2001. Manual de campo inventario forestal integrado en unidades de manejo comunitario, zona de uso múltiple, Reserva de la Biosfera Maya Peten, Guatemala. Fundación Naturaleza para la Vida. 45 p.
- Pritchard, M. R. and Nair P. K. R. 2006. Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today. Agroforestry Systems, 66:151-164

- Ramírez, M. A. 2009. Diversidad florística y macrofauna edáfica en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas Tabasco. Tesis Maestría en Ciencias- Colegio de Postgraduado Campus, Tabasco. 86 p.
- Ramos, R. R. 2001. Análisis del uso sustentable de los suelos con plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México, aplicando sistemas de información geográfica. Tesis Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados Campus, Montecillo. Edo. México. 146 p.
- Roa, R. H. A., Salgado M. M. G. y Álvarez H. J. 2009. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Soconusco, Chiapas, México. Acta Biológica Colombiana (ABC), 14 (3): 97-110.
- Rosa, S. R. H. 2003. Ecología da vegetação arbórea de cabruca - mata atlântica raleada utilizada para cultivo de cacau - na região sul da Bahia. Universidad de Brasília. 161 p.
- SAGARPA. 2010. Impulsa SAGARPA producción de cacao. Consultado: <http://www.actualidadesmexico.com.mx/2010/03/impulsa-sagarpa-produccion-de-cacao/>. 24/03/11.
- Salgado, M. M. G., Ibarra N. G., Macías S. J. E. y López B. O. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. Interciencia, 32 (11): 763-768.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2011. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Consultado: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=184. 07/11/11.
- Somarriba, C. E. y Domínguez L. 1994. Maderables como alternativa para la substitución de sombra en cacaotales establecidos manejo y crecimiento. Informe técnico/ CATIE; N° 240. Pp. 57-187.
- Somarriba, E., Domínguez L. y Lucas C. 1996. Cacao bajo sombra de maderable en Ojo de Agua, Changuinola, Panamá: Manejo, Crecimiento y producción de cacao y madera. Turrialba. C. R. CATIE. Informe técnico, No. 276. 28 p.
- Somarriba, E., Beer J. y Muschler R. 2000. Problemas y soluciones metodológicas en la investigación agroforestal con café y cacao en CATIE. Agroforestería en las Américas, 7: 27-32.

- Somarriba, E., Trivelato M., Villalobos M., Suárez A., Benavides P., Moran K., Orozco L. y López A. 2003. Diagnóstico agroforestal de pequeñas fincas cacaoteras orgánicas de indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10: 37-38.
- Sotomayor, A., García E., González M. y Lucero A. 2008. Modelos agroforestales. Sistema productivo integrado para una agricultura sustentable. Instituto Forestal de Chile (INFOR), Castilla 109 – C. 23 p.
- Watson, R. T., Noble I. R., Bolin B, Ravindranath N. H., Verardo D. J. and Dokken D. J. 2000. Land use, land-use change, and forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Special report. Cambridge Univ. Press. New York. 9 p.
- Zarco, E. V. M., Valdez H. J. L., Ángeles P. L. y Castillo A. O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal agua blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 26 (1): 1-17.

**CAPÍTULO III. ESTRUCTURA ARBÓREA DEL SISTEMA AGROFORESTAL CACAO
EN CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO**

ESTRUCTURA ARBÓREA DEL SISTEMA AGROFORESTAL CACAO EN CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

Facundo Sánchez Gutiérrez¹, Julián Pérez Flores^{1*}, José Jesús Obrador Olan¹, Ángel Sol Sánchez¹, Octavio Ruiz-Rosado²

¹Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, LPI-2. Agroecosistemas sustentables, Periférico Carlos A. Molina S/N. A.P 24 Cárdenas, Tabasco, México. C.P. 86500. ²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, A.P 421, Veracruz, Veracruz, México. C.P. 91700. *julianflores@colpos.mx. Autor para correspondencia.

RESUMEN

En el presente trabajo se comparó la composición florística, y la estructura y diversidad de especies arbóreas entre sistemas agroforestales de cacao (SAF-cacao) de edades diferentes. En 20 sitios de muestreo de 5,000 m² cada uno; de ellos se registró la edad y superficie de la plantación, y se identificaron taxonómicamente y se geoposicionaron los árboles presentes. En cada árbol se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP_{1.3} m) y la altura total (Ht). Con estas variables se calculó el área basal (AB, m²ha⁻¹), índice de valor de importancia (IVI); los índices de diversidad (H') y uniformidad de Shannon (E) y los índices de similitud cuantitativa Sorenson y Morisita-Horn y cualitativo Jaccard y Sorenson. La superficie promedio de las plantaciones fue de 1.8 ha, con 9 edades diferentes: 6, 15, 18, 20, 25, 27, 30, 33 y 35 años. Se registraron 2,856 árboles, pertenecientes a 67 especies de 58 géneros y 28 familias botánicas. Las familias más diversas fueron Fabaceae 35.7%, Moraceae 14.3%, Rutaceae 14.3%, Sapotaceae 14.3% y Verbenaceae 14.3%. Las plantaciones de 6 y 33 años presentaron la mayor y menor densidad con 618 y 156 árboles ha⁻¹, respectivamente. Las plantaciones de 25 y 20 años presentaron la mayor y menor área basal (AB) con 22.7 y 12.16 m² ha⁻¹, respectivamente. En cuanto al IVI, *Erythrina americana*, *Cedrela odorata*, *Erythrina poeppigiana*, *Gliricidia sepium* y *Colubrina arborescens*, representaron el 53.1% de las 67 especies registradas. Los SAF-cacao de 35 y 6 años presentaron la mayor y menor diversidad con valores H' de 2.89 y 0.92, respectivamente. Los valores de uniformidad indicaron que entre mayor edad tienen los SAF-cacao, estos son más uniformes en número de individuos por especies. En similitud cualitativa y cuantitativa los SAF-cacao de 18 y 38 y los de 25 y 30 años de edad fueron los más similares en composición de especies arbóreas, respectivamente.

Palabras clave: Estructura y diversidad, arbórea agroecosistemas cacao.

COCOA AGROFORESTRY SYSTEM TREE STRUCTURE IN CARDENAS TABASCO, MEXICO

Facundo Sánchez Gutiérrez¹, Julián Pérez Flores^{1*}, José Jesús Obrador Olan¹, Ángel Sol Sánchez¹, Octavio Ruiz-Rosado²

¹Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, LPI-2. Agroecosistemas sustentables, Periférico Carlos A. Molina S/N. A.P 24 Cárdenas, Tabasco, México. C.P. 86500. ²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, A.P 421, Veracruz, Veracruz, México. C.P. 91700. *julianflores@colpos.mx. Autor para correspondencia.

ABSTRACT

The floristic composition, as well as structure and diversity of tree species among cocoa agroforestry systems (cocoa-AFS) of different ages was compared. For each tree in 20 sampling plots of 5,000 m² each one, were established in order to record the age and surface of plantations; also trees were taxonomically identified and geographically located. For each tree diameter at breast height (DBH_{1.3 m}) and total height (TH) were measured. These variables were used to calculate the basal area (BA m²ha⁻¹), the importance value index (IVI), diversity index (H') and evenness (E) of Shannon and similarity indexes of Morisita-Horn and Sørensen (quantitative), and Sørensen and Jaccard (qualitative). The mean surface of plantations as 1.8 ha, with nine different ages: 6, 15, 18, 20, 25, 27, 30, 33 and 35 years-old. 2,856 trees belonging to 67 species, 58 genera and 28 botanical families were registered. Fabaceae (35.7%) Moraceae (14.3%) Rutaceae (14.3%) Sapotaceae (14.3%) y Verbenaceae (14.3%) families were the most frequent. Six and 33 years-old cocoa-AFS had the highest and lowest density with 618 and 156 trees ha⁻¹, respectively. Twenty and 25 years-old cocoa-AFS had the lowest and highest BA with 12.16 and 22.7 m² ha⁻¹, respectively. Regarding to the IVI, *Erythrina americana*, *Cedrela odorata*, *Erythrina poeppigiana*, *Gliricidia sepium* and *Colubrina arborescens*, represented 53.1% of the 67 recorded species. Six and 35 years-old cocoa-AFS had the lowest (0.92) and highest (2.89) diversity values H'. Uniformity values indicated that cocoa-AFS, are uniform in number of individuals per species when they are older. In qualitative and quantitative similarity cocoa-AFS of 18 and 38, and those of 25 and 30 years-old, were more similar in tree species composition, respectively.

Keywords: Tree structure and diversity, cocoa agroforestry system.

3.1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales (SAF) al poseer una amplia diversidad de especies arbóreas pueden promoverse como sitios para la conservación e incremento de biodiversidad (Corral *et al.*, 2002). La conservación de la estructura arbórea es importante por la creciente tasa de deforestación de bosques y selvas, calculada en 395,000 ha año⁻¹ en México (FAO, 2005) y 13 millones ha año⁻¹ a nivel mundial (FAO, 2007).

A nivel mundial un 70% del SAF-cacao se cultiva en asociación con árboles de sombra y/o con cultivos anuales y perennes (Salgado *et al.*, 2007). No obstante en África, Malasia, Perú, Colombia y Ecuador se han generado sistemas de producción de cacao a pleno sol (González, 2005). Los árboles de sombra constituyen un elemento que puede contribuir a la sustentabilidad de este sistema, debido a la producción de hojarasca, reciclaje de nutrientes y prevención de erosión de suelos (Alvim y Nair, 1986; Salgado *et al.*, 2007). Además el SAF-cacao puede ser un espacio para la conservación de la biodiversidad, captura de carbono y amortiguador de las condiciones climáticas adversas, aspecto que aún carece de valor para gran parte de las zonas cacaoteras de México y del mundo (Parrish *et al.*, 1999; Roa *et al.*, 2009). En México la mayor parte de la producción de cacao se localiza en los estados de Chiapas y Tabasco. Estos estados suman una superficie de 61,444 ha, de las cuales dependen 47 mil productores. En Tabasco la superficie plantada es de 41,117 ha, donde se obtuvieron 16,560 t de cacao seco, que sustentan a 31,139 familias (Córdova, 2005; SAGARPA, 2010; FAOSTAT, 2011); el 96% de la superficie cacaotera se distribuye en la región de la Chontalpa y 4% en la región Sierra (López *et al.*, 2005). Por ello, la región de la Chontalpa es la principal zona productora de cacao en México y donde se han desarrollado la mayor cantidad de estudios en el cultivo de cacao.

Los estudios sobre diversidad arbórea para sombra en el SAF-cacao en México son escasos pero han determinado que las especies más comunes son *Erythrina americana* Mill, *Diphysa robinoides* Benth, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp, *Samanea saman* (Jacq.) Merr y *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg, árboles frutales *Mangifera indica*, *Citrus* sp y *Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. y forestal maderable *Cedrela odorata* L. (Ramos 2001; Córdova *et al.*, 2001; Díaz, 2002). En Nigeria, el cacao se asocia con

Cola nitida (Sterculiaceae), planta que se considera una especie industrial (Salgado *et al.*, 2007).

La mayoría de estudios se centran en la descripción agronómica de los sistemas de producción y algunos en la fauna (Parrish *et al.*, 1999). Ibarra y Estrada (2001) y Salgado *et al.* (2007) citan que los cacaotales mantienen una amplia diversidad de aves, murciélagos, mamíferos no voladores e invertebrados, similar a la de los bosques naturales y superior a la de otros hábitats agrícolas de uso más intensivo. Las especies de mamíferos como el mono aullador (*Alouatta palliata*) han persistido en fincas cacaoteras del municipio de Comalcalco, Tabasco, donde se alimentan de especies arbóreas como *Ficus cotinifolia*, *F. obtusifolia*, *Ficus sp.*, *Samanea saman* y *Gliricidia sepium*; este mamífero está reportado como especie en peligro de extinción según la NOM-059 2002 (Muñoz *et al.*, 2005). Pérez (2008) indica que la diversidad de germoplasma del cacaotal incide en la abundancia y diversidad de escarabajos de la familia *Scolytidae*, este autor recolectó e identificó 19 especies de plantas hospedadas pertenecientes a 11 familias botánicas, siendo cacao (*Theobroma cacao*) y cacao (*Swietenia macrophylla*) las especies arbóreas donde se recolectaron más organismos. Ramos (2001) y Ramírez (2009) analizaron la estructura y diversidad de las especies arbóreas en el SAF-cacao en Tabasco, México. Aunque existen más de 20 índices de diversidad cada uno con sus ventajas y desventajas (Mostacedo y Fredericksen, 2000), la mayoría de los estudios en cacao como los citados solo han considerado los índices de Shannon, Simpson, Jaccard, Sorenson y Morisita – Horn (Ramírez, 2009). Los SAF-cacao de mayor edad son más diversos que los de menor edad, superior a otros sistemas de uso intensivo y similar en diversidad de especies con la selva mediana perennifolia en Macuspana Tabasco (Zarco *et al.*, 2010) y en el centro de Veracruz, México (Bojorges y López, 2006). Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue comparar la composición florística, estructura y diversidad de las especies arbóreas en el SAF-cacao de diferente edad en Cárdenas, Tabasco.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el SAF-cacao en diferentes localidades del municipio de Cárdenas, poblado C-11(18°10'26.05"N, 93°37'27.55"O), C-28 (18° 1'14.85"N, 93°30'13.40"O), Km 21 Carr. Cárdenas –Coatzacoalcos (17°59'24.28"N, 93°37'8.62"O), Santa Ana 2da sec. (18°10'11.25"N, 93°24'59.49"O) y Miguel Hidalgo 2da sec (18° 4'27.72"N, 93°20'54.74"O) (Figura 3.1). El municipio de Cárdenas se localiza en la región de la Chontalpa del estado de Tabasco, entre las coordenadas 17°59'N y 91° 32'O a una altitud de 2 a 17 msnm; tiene un clima cálido-húmedo, con precipitación media anual y mensual de 2,643 y 355 mm, respectivamente y una temperatura media anual de 26°C y máxima de 45°C.

Parcelas de estudio

Las parcelas experimentales se situaron en suelos representativos de la zona de estudio Fluvisoles Eutricos (FLeu) y Fluvisoles Eutri-Gléyicos (Fleugl) (Palma *et al.*, 2007), y fueron seleccionadas a partir de recorridos de campo; dicha información se corroboró con la base de información geográfica de predios de cacao realizada por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario Forestal y Pesca y el padrón de productores de cacao 2008 (SEDAFOP y OEIDRUS, 2008; OEIDRUS, 2007). Así mismo se entrevistó a los Comisariados ejidales y Delegados municipales de cada localidad, con la finalidad de seleccionar parcelas de diferente edad (6, 15, 18, 20, 25, 27, 30, 33 y 35 años) y solicitar el apoyo de los dueños (productores cooperantes).

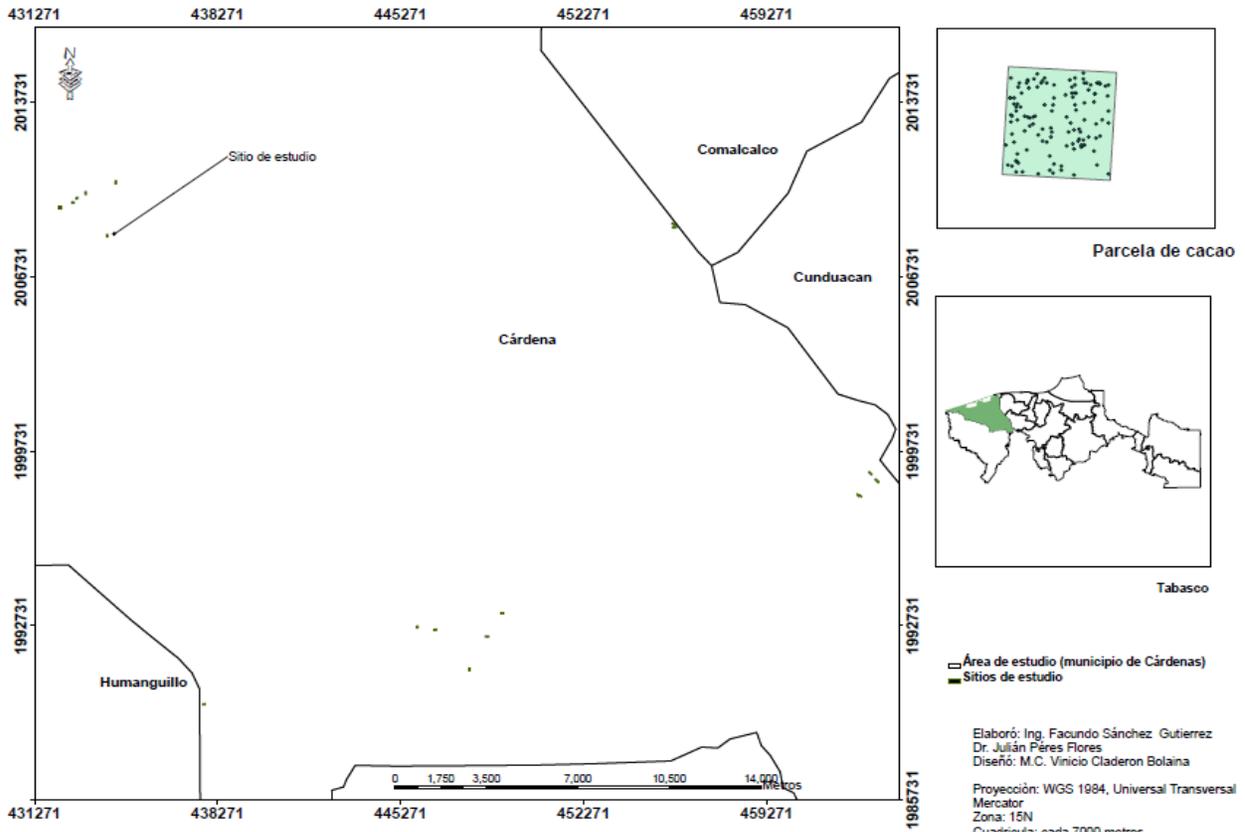


Figura 3.1. Localización geográfica de los sitios de muestreo, en el municipio de Cárdenas, Tabasco, México

Diseño y procedimiento de muestreo

Se establecieron 20 sitios de muestreo de 100 x 50 m (5,000 m²) cada uno. En cada sitio se determinó la composición florística mediante la identificación taxonómica de las especies arbóreas. Los árboles se geoposicionaron y enumeraron. En cada sitio se registró la edad y superficie a través de una entrevista dirigida al productor cooperante (Zarco *et al.*, 2010). Las variables dasométricas registradas fueron: diámetro a la altura del pecho (DAP_{1.3 m}) y altura total (Ht) medidas con cinta métrica y un clinómetro tipo Haga, respectivamente (Segovia *et al.*, 2000; Scheelje, 2009). Los SAF se agruparon de acuerdo a la edad y se evaluaron los parámetros estructurales, índices de diversidad y composición florística a partir de especies (Arango *et al.*, 2009).

Análisis estructural

El índice estructural se evaluó por medio del índice de valor de importancia (IVI) (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Ramírez, 2009; Zarco *et al.*, 2010), el cual se estimó mediante la ecuación: $IVI = DR + ABR + FR$

Donde, DR es densidad relativa, ABR área basal relativa y FR es la frecuencia relativa (Mostacedo y Fredericksen, 2000; Corral *et al.*, 2002; Scheelje, 2009). La DR, AB, ABR y FR se calcularon con las ecuaciones siguientes:

$$DR = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Número total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

$$AB = 0.7854 \times DAP^2; 0.7854 = \frac{\pi}{4}$$

$$ABR = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área basal total de todas las especies}} \times 100$$

$$FR = \frac{\text{Número de parcelas en que se presenta una especie}}{\text{Número total de parcelas donde aparecen todas las especies}} \times 100$$

Análisis de la diversidad y uniformidad

Análisis de la diversidad

Para el análisis de la diversidad, se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), que se basa en la abundancia proporcional de las especies (Magurran, 1989); este índice se estimó con la ecuación: $H' = -\sum p_i(\ln p_i)$

Donde, H' es el índice de diversidad de Shannon-Wiener, $\sum p_i$ es la proporción del total de la muestra encontrada para la especie i y \ln es el logaritmo natural.

Análisis de uniformidad

Se utilizó el índice de equidad Shannon-Wiener (E), con la finalidad de conocer la abundancia relativa a nivel de especies representada como la equidad o uniformidad, este índice sirvió para conocer el grado en que los individuos de diferentes especies están representados equitativamente a nivel de SAF y se estimó con la ecuación:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde E es el índice de equidad Shannon-Wiener, H' es el índice de diversidad de Shannon-Wiener, lnS es el logaritmo natural del número de especies.

Índices de similitud

El análisis de similitud entre los SAF-cacao de las nueve edades (6, 15, 18, 20, 25, 27, 30, 33 y 35 años), se determinó mediante el método de Jaccard y Sorenson para datos cualitativos y el método de Sorenson y Morisita Horn para datos cuantitativos. En los cuatro métodos, los valores tienden a ser igual a uno en caso de similitud completa e igual a cero si las poblaciones son diferentes y no tienen especies en común (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Las ecuaciones utilizadas para calcular estos índices se muestran en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Índices de similitud utilizados para comparar sistemas agroforestales de cacao de diferente edad en Cárdenas, Tabasco, México.

	Índices de similitud	Ecuación
Cualitativos	Jaccard	$C_j = \frac{c}{a + b + 1}$
	Sorenson	$C_s = \frac{2c}{a + b}$
Cuantitativos	Sorenson	$C_N = \frac{2j_N}{aN + bN}$
	Morisita-Horn	$C_{MH} = \frac{2\sum(an_i \times bn_i)}{(da + db) \times (aN \times bN)}$
		$da = \frac{\sum an_i^2}{aN^2} \text{ y } db = \frac{\sum bn_i^2}{bN^2}$

a, número de especies presentes en el sitio a; b, número de especies presentes en el sitio b; c, número de especies presentes en ambos sitios; aN, número de individuos en el sitio A; bN, número de individuos en el sitio B; jN, suma de las abundancias de especies en el sitio que presenta la abundancia inferior; an_i , número de individuos de la i-esima especie en el sitio A; bn_i , número de individuos de la i-esima especie en el sitio B.

Para calcular los índices de diversidad, uniformidad y similitud, se utilizó el software InfoStat versión 0.1 y BIO-DAP (Magurran, 1989; Di Rienzo *et al.*, 2008).

Análisis de datos.

Se realizó un análisis de correlación lineal simple, entre la edad con el AB, densidad, diversidad y equidad de los SAF-cacao. El coeficiente de correlación lineal simple permite medir la correlación entre dos variables. El coeficiente de correlación lineal simple permitió medir el grado de relación existente entre dos variables, el valor de R varía de -1 a +1, los valores cercanos a -1 y +1 indican la existencia de una fuerte correlación negativa y positiva, respectivamente.

3.3. RESULTADOS

Composición florística

Se muestrearon 10 ha de 36.5 ha de SAF-cacao visitadas. La superficie promedio de los SAF fue de 1.8 ha, variando de 0.5 a 5 ha, indicando que los cacaotales se encuentran en manos de pequeños productores. Los SAF visitados se agruparon en nueve edades que fluctuaron de 6 a 35 años (Cuadro 3.2). Se registraron 2,856 árboles, pertenecientes a 67 especies y 58 géneros, agrupados en 28 familias.

Las cinco especies con el mayor número de individuos del total de los sitios muestreados fueron *Erythrina americana* Mill (812 individuos), *Cedrela odorata* L. (573) *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp (247), *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg (246) y *Diphysa robinoides* Benth (188); éstas representaron el 72.4% de total de los árboles registrados. Las 10 familias más diversas fueron: Fabaceae con 10 especies, Moraceae 4, Rutaceae 4, Sapotaceae 4, Verbenaceae 4, Arecaceae 3, Meliaceae 3, Rubiaceae 3 y Sterculiaceae con 3 especies. Las familias Fabaceae, Meliaceae, Rhamnaceae y Bignoniaceae se presentaron en los SAF-cacao de las 9 edades y en ellas sobresalieron por frecuencia *E. americana*, *C. odorata*, *C. arborescens* y *Tabebuia rosea*, respectivamente.

Estratificación vertical y horizontal

La altura promedio del componente arbóreo en el SAF-cacao fue de 10.1 m, variando de 2 a 35.5 m. El 90.1% de los árboles registrados midieron menos de 15 m. El DAP promedio fue de 23 cm, variando de 1 a 146.6 cm. La densidad promedio total fue de 286 árboles ha⁻¹, variando de 96 a 618 árboles ha⁻¹. Los SAF-cacao de 6 años presentaron la mayor densidad con 618 árboles ha⁻¹, estos árboles fueron establecidos con fines de plantación forestal comercial y los de 33 años tuvieron la menor densidad con 156 árboles ha⁻¹ (Cuadro 3.2), predominando en ellos especies de mayor cobertura y AB como *Samanea saman*. Los SAF de 25 años registraron mayor AB, con un valor promedio de 22.7 m² ha⁻¹ por las especies *Erythrina poeppigiana* y *S. saman* predominantes; la menor AB la presentaron los de 20 años con 12.16 m² ha⁻¹ (Cuadro 3.2) conformado por árboles pequeños. Particularmente en el SAF-cacao de 20 años el

productor cambió moté (*E. americana*) y chipilcohite (*D. robinoides*) establecidos inicialmente como árboles de sombra por cedro (*C. odorata*) como especie maderable; no obstante, este SAF ocupó el segundo lugar en densidad.

Al comparar los datos de los SAF-cacao, se observó que los SAF-cacao jóvenes (≤ 20 años) fueron más densos, ya que conforme las especies arbóreas desarrollan, el productor se ve obligado a aclarar; por el contrario, los SAF-cacao viejos (≥ 25 años) fueron más diversos ya que conforme pasa el tiempo el productor diversifica sembrando especies frutales, maderables y ornamentales. También contribuye en esta diversificación la distribución de semillas que realizan las aves y roedores. En los SAF de 35 y 25 años se encontraron el 96 y 79% de las 28 familias y el 67 y 58% de las 67 especies registradas; los de 20 años son menos diversos con 13% de especies y 21% de familias registradas en todos los SAF-cacao muestreados (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Valores promedio de variables dasométricas, familias y especies vegetales estimadas en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.

SAF-cacao		Altura total (m)	Área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$)	Densidad (árboles ha^{-1})	Número	
Edad	Número				Familias	Especies
35	2	9.8	14.00	350	27	45
33	1	10.9	15.14	156	10	14
30	3	9.5	20.40	262	17	26
27	2	12.4	15.48	162	9	17
25	6	10.0	22.70	240	22	39
20	1	8.4	12.16	576	6	9
18	2	10.8	16.38	238	17	22
15	2	9.8	17.84	320	15	14
6	1	11.8	17.18	618	10	14

Correlación de la edad de los SAF-cacao con el AB y densidad

La correlación de la edad y el AB de las especies en el SAF-cacao, fue mínima negativa y estadísticamente no significativa ($r^2 = 0.005$, $p = 0.85$), (Figura 3.2.a); condición que puede atribuirse al objetivo del productor, tipo de especies, o al manejo de las plantaciones (los aclareos) entre otros. La correlación de la edad y densidad de los SAF-cacao, indicó una moderada relación negativa ($r^2 = 0.3994$), estadísticamente

no significativa ($p = 0.067$) (Figura 3.2.b.), condición atribuido al desarrollo del diámetro, altura y cobertura de los árboles que necesitan mayor espacio y obligan al productor a aclarear y dejar especies de mayor importancia de acuerdo a sus propios necesidades (principalmente de sombra).

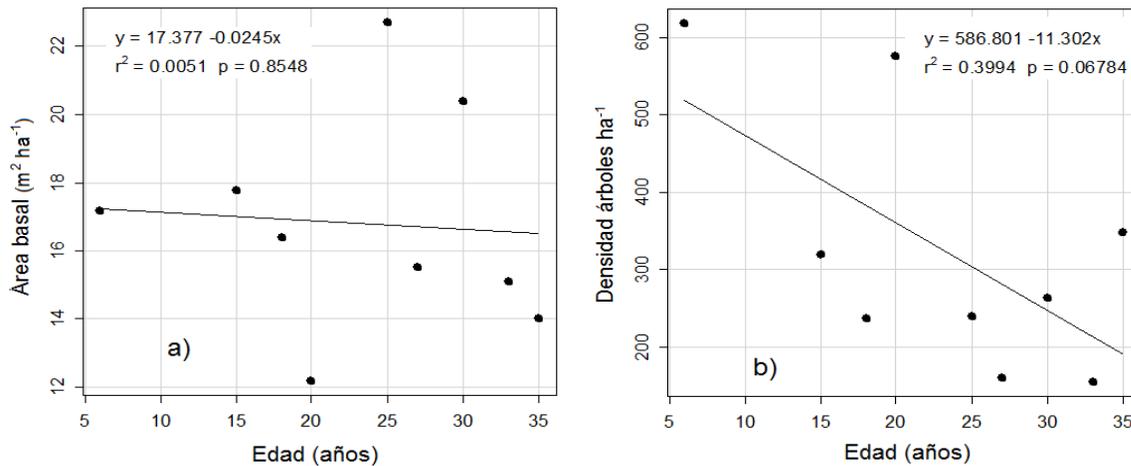


Figura 3.2. Relación de la edad con el área basal (a) y con la densidad (b) del sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.

Índices estructurales

Las cinco especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) presentes en los 20 sitios muestreados fueron: *E. americana*, *C. odorata*, *E. poeppigiana*, *G. sepium* y *C. arborescens* que representaron el 53% del total de las especies registradas. En densidad relativa (DR) y dominancia relativa (ABR) *E. americana* presentó los valores más altos y *C. odorata* tuvo la mayor frecuencia relativa (FR). *Erythrina poeppigiana* presentó la DR y FR más bajas entre las cinco especies citadas pero ocupó el segundo y tercer lugar en ABR e IVI, respectivamente (Cuadro 3.3) debido a su mayor AB.

Con base en el IVI y la edad de los SAF-cacao, las especies sobresalientes fueron *C. odorata* en los SAF de 6 y 20 años de edad, *G. sepium* en los de 15 y 35 años, *E. americana* en los de 18, 25 y 30 años y *D. robinoides* en los de 27 y 33 años (Cuadro 3.3); la variación de las especies arbóreas utilizadas como sombra en el SAF-cacao, es debido al objetivo y la preferencia de cada productor, donde las familias Fabaceae y Meliaceae son las más frecuentes.

Cuadro 3.3. Densidad, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia de las especies arbóreas en sistemas agroforestales cacao de nueve edades en Cárdenas, Tabasco, México.

Edad (años)	Nombre científico	Familia	DR	ABR	FR	IVI
6 a 35	<i>Erythrina americana</i> Mill	Fabaceae	28.4	32.2	5.6	66.2
	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	20.1	8.5	5.9	34.5
	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	Fabaceae	2.3	20.5	2.4	25.3
	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp	Fabaceae	8.7	5.5	3.5	17.6
	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg	Rhamnaceae	8.6	2.1	4.9	15.6
	62 especies restantes		31.9	31.2	77.7	140.8
	Total		100	100	100	300
6	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	78.0	91.2	7.1	176.3
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	9.4	3.6	7.1	20.1
	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Moraceae	4.5	1.3	7.1	13.0
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	Bignoniaceae	3.6	1.3	7.1	12.0
	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Fabaceae	0.7	1.0	7.1	8.8
	9 especies restantes		3.9	1.7	64.2	69.9
	Total		100	100	100	300
15	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp	Fabaceae	35.1	29.3	5.3	69.7
	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	Fabaceae	6.6	40.8	10.5	57.9
	<i>Erythrina americana</i> Mill	Fabaceae	27.9	17.3	10.5	55.7
	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	11.9	3.0	10.5	25.4
	<i>Diphysa robinoides</i> Benth	Fabaceae	9.7	3.4	10.5	23.6
	9 especies restantes		8.8	6.3	52.6	67.7
	Total		100	100	100	300
18	<i>Erythrina americana</i> Mill	Fabaceae	46.0	50.4	6.9	103.3
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	Bignoniaceae	15.2	8.2	3.5	26.8
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	8.0	11.6	6.9	26.5
	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	2.5	8.3	6.9	17.7
	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg	Rhamnaceae	7.2	3.3	6.9	17.4
	17 especies restantes		21.1	18.2	69.0	108.3
	Total		100	100	100	300
20	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	41	17.8	11.1	69.88
	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp	Fabaceae	27.1	22.2	11.1	60.38
	<i>Erythrina americana</i> Mill	Fabaceae	18.8	29.3	11.1	59.18
	<i>Diphysa robinoides</i> Benth	Fabaceae	6.6	12.0	11.1	29.75
	<i>Inga jinicuil</i> Schl.	Fabaceae	3.5	8.2	11.1	22.79
	4 especies restantes		3.1	10.5	44.4	58.02
	Total		100	100	100	300

Cuadro 3.3. Continuación... Densidad, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia de las especies arbóreas en sistemas agroforestales cacao de nueve edades diferentes en Cárdenas, Tabasco, México.

25	<i>Erythrina americana</i> Mill	Fabaceae	45.4	36.1	6.7	88.1
	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	Fabaceae	5.8	40.0	5.3	51.2
	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	16.1	4.6	6.7	27.3
	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg	Rhamnaceae	10.5	0.9	5.3	16.7
	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Fabaceae	1.1	7.4	2.7	11.2
	34 especies restantes		21.1	11.0	73.3	105.5
	Total		100	100	100	300
27	<i>Diphysa robinoides</i> Benth	Fabaceae	47.8	22.5	10.5	80.9
	<i>Gmelina arborea</i> Roxb	Verbenaceae	10.6	31.4	5.3	47.3
	<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	Meliaceae	9.9	19.1	5.3	34.3
	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	5.0	6.8	10.5	22.3
	<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Meliaceae	5.0	7.6	5.3	17.9
	12 especies restantes		21.7	12.6	63.2	97.5
	Total		100	100	100	300
30	<i>Erythrina americana</i> Mill	Fabaceae	56.6	68.6	7.3	132.5
	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg	Rhamnaceae	17.5	3.6	7.3	28.5
	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	4.8	3.5	4.9	13.2
	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	Fabaceae	0.8	9.2	2.4	12.4
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	Bignoniaceae	5.6	1.7	4.9	12.2
	21 especies restantes		14.7	13.4	73.2	101.2
	Total		100	100	100	300
33	<i>Diphysa robinoides</i> Benth	Fabaceae	38.5	16.3	7.1	61.9
	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Fabaceae	5.1	45.9	7.1	58.2
	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	7.7	16.9	7.1	31.7
	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg	Rhamnaceae	12.8	5.3	7.1	25.2
	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osb.	Rutaceae	11.5	4.9	7.1	23.6
	9 especies restantes		24.4	10.8	64.3	99.4
	Total		100	100	100	300
35	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp	Fabaceae	10.0	25.3	3.0	38.4
	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg	Rhamnaceae	16.9	5.4	3.0	25.4
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	Bignoniaceae	15.8	3.5	3.0	22.2
	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Cecropiaceae	8.6	8.1	3.0	19.7
	<i>Diphysa robinoides</i> Benth	Fabaceae	7.7	7.5	3.0	18.2
	40 especies restantes		41.0	50.3	85	176.1
	Total		100	100	100	300

DR, Densidad relativa; ABR, Dominancia relativa; FR, frecuencia relativa, IVI, Índice de valor de importancia.

Diversidad (H') y equidad (E)

Los SAF-cacao con edades de 35 años fueron los que registraron mayor diversidad de especies arbóreas ($H' = 2.89$), seguidos por los de 25 y 33 años que fueron iguales en diversidad ($H' = 2.07$), y los SAF de 6 años presentaron menor diversidad ($H' = 0.92$). En valor de equidad de Shannon (E) los SAF-cacao de 33 años registraron mayor equidad en número de individuos por especie, los de 15, 20 y 27 años registraron el mismo valor equitativo ($E = 0.67$) y los SAF de 6 años registraron el menor valor ($E = 0.35$) (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4. Diversidad y equidad de especies en sistemas agroforestales de cacao de nueve edades en Cárdenas, Tabasco, México.

Edad	Varianza de H'	Índices de diversidad/Equidad de Shannon	
		Diversidad (H')	Equidad (E)
6	0.00598	0.92	0.35
15	0.00304	1.76	0.67
18	0.00761	1.98	0.64
20	0.00234	1.47	0.67
25	0.00334	2.07	0.57
27	0.00976	1.89	0.67
30	0.00605	1.67	0.51
33	0.01325	2.07	0.78
35	0.00402	2.89	0.76

Correlación de la edad contra diversidad y equidad de las plantaciones del SAF-cacao en Cárdenas, Tabasco

La correlación entre la edad de los SAF-cacao con la diversidad (H'), indicó una buena relación positiva ($r^2 = 0.6126$) (Figura 3.3.a) estadísticamente significativa ($p = 0.01$), indicando que entre más viejos son los SAF, estos poseen una mayor diversidad de especies y familias botánicas. En esta diversidad contribuye el productor al sembrar otras especies arbóreas (frutales, ornamentales, maderables) y la fauna mediante la dispersión de semillas. La correlación de la edad con la equidad indicó que hay una moderada relación positiva ($r^2 = 0.43569$) (Figura 3.3.b), estadísticamente no significativa ($p = 0.05$); indicando que entre mayor edad tiene los SAF-cacao, estos son más uniformes en número de individuos por especie.

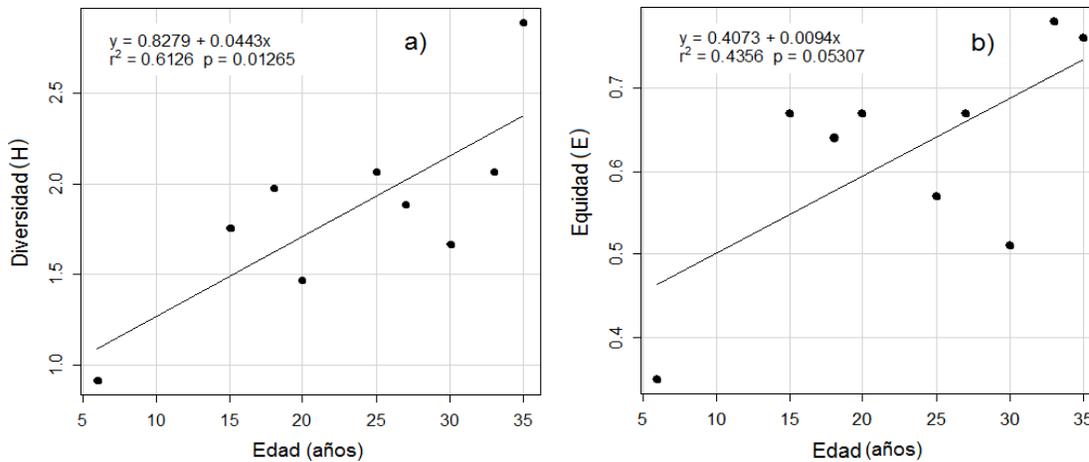


Figura 3.3. Correlación entre la edad del sistema agroforestal cacao con diversidad (a) y equidad de especies (b) en Cárdenas, Tabasco, México.

Índices de similitud

Índice de Sörenson y Jaccard (Cualitativo)

Los valores obtenidos de ambos índices para los SAF-cacao de 18 y 33 años de edad, indicaron que estos tienden a ser ligeramente similares en composición de especies (0.67 y 0.50), mientras que los SAF de 6 y 15 años tienden a una mayor disimilitud (0.21 y 0.24) (Cuadro 3.5); esto explica que pocas especies comparten edades similares, ambos índices expresan que los SAF-cacao de mayor edad tienden a la similitud en número de especies, en comparación con los de menor edad, tal y como se observa en la correlación (Figura 3.3.b).

Cuadro 3.5. Valores comparativos de índices de similitud de Sorenson y Jaccard (cualitativos) de sistemas agroforestales de cacao de nueve edades diferentes en Cárdenas, Tabasco, México.

		Índices cualitativos de similitud Sorenson y Jaccard								
Edad		6	15	18	20	25	27	30	33	35
6		1								
	6	1								
15		0.21	1							
	15	0.24	1							
18		0.39	0.50	1						
	18	0.15	0.33	1						
20		0.26	0.61	0.39	1					
	20	0.15	0.44	0.24	1					
25		0.34	0.45	0.53	0.38	1				
	25									

	0.21	0.29	0.36	0.23	1				
27	0.45	0.52	0.56	0.54	0.46	1			
	0.29	0.35	0.39	0.37	0.30	1			
30	0.35	0.50	0.50	0.34	0.62	0.47	1		
	0.21	0.33	0.33	0.21	0.44	0.30	1		
33	0.50	0.43	0.67	0.52	0.38	0.58	0.45	1	
	0.33	0.27	0.50	0.35	0.23	0.41	0.29	1	
35	0.37	0.37	0.51	0.30	0.60	0.39	0.51	0.34	1
	0.23	0.23	0.34	0.17	0.42	0.24	0.34	0.20	1

Índice Morisita –Horn y Sorenson (cuantitativos)

Los valores obtenidos de ambos índices para los SAF-cacao de 25 y 30 años de edad, indicaron que estos tienden a ser similares en número de árboles presentes de la misma especie (0.94 y 0.67), mientras que los SAF-cacao de 6 con 30 y 33 años tienden a mayor disimilitud (0.08 y 0.10; 0.11 y 0.07; respectivamente) (Cuadro 3.6), esto explica que ambos índices expresan que los SAF-cacao de mayor edad tienden a ser similares en número de individuos por especie.

Cuadro 3.6. Valores comparativos de índices de similitud de Morisita-Horn y Sorenson (cuantitativos) de sistemas agroforestales de cacao de nueve edades en Cárdenas, Tabasco, México.

Edad	Índices de similitud de Morisita-Horn y Sorenson cuantitativo								
	6	15	18	20	25	27	30	33	35
6	1								
	1								
15	0.22	1							
	0.15	1							
18	0.11	0.61	1						
	0.17	0.43	1						
20	0.71	0.79	0.42	1					
	0.40	0.64	0.28	1					
25	0.30	0.65	0.93	0.58	1				
	0.29	0.35	0.43	0.37	1				
27	0.10	0.26	0.11	0.22	0.13	1			
	0.08	0.21	0.20	0.17	0.11	1			
30	0.08	0.57	0.93	0.40	0.94	0.12	1		
	0.10	0.36	0.56	0.25	0.67	0.16	1		
33	0.11	0.29	0.12	0.26	0.12	0.88	0.11	1	
	0.07	0.22	0.27	0.17	0.09	0.45	0.13	1	
35	0.36	0.36	0.31	0.31	0.25	0.33	0.23	0.53	1
	0.31	0.31	0.37	0.28	0.30	0.27	0.38	0.31	1

3.4. DISCUSIÓN

Composición florística

Las especies arbóreas en el SAF-cacao juegan un papel importante para la conservación de la biodiversidad y disponibilidad de germoplasma en la Región de la Chontalpa, Tabasco, México. En el presente estudio se registraron 2,856 árboles de 67 especies, 58 géneros y 28 familias. Las especies *E. americana*, *C. odorata*, *G. sepium*, *C. arborescens* y *D. robinoides* Benth fueron las más frecuentes como árboles de sombra en el SAF-cacao, pertenecientes a las familias Fabáceae, Meliaceae y Rhamnaceae. Ramos (2001) en 9 ha de SAF-cacao en Tabasco, registró 33 especies pertenecientes a 31 géneros y 17 familias, coincidió con nuestro resultado que las especies *D. robinoides* y *G. sepium* fueron las más frecuentes. En la misma entidad Ramírez (2009) en 6 ha registró 1,741 árboles, de 49 especies, 45 géneros y 25 familias coincidió con nuestro resultado que las especies *D. robinoides* y *C. arborescens* fueron las más frecuentes. En la región del Soconusco, Chiapas Salgado *et al.* (2007) en 7.2 ha registraron 720 árboles, 47 especies, 38 géneros y 23 familias, la especie *G. sepium* fue la más frecuente en el SAF-cacao. El presente estudio y los tres estudios citados coincidieron en la familia Fabaceae como la más frecuente para sombra en el SAF-cacao en México, ambos autores registraron menor número de especies y familias que nuestro resultado, debido a que en este estudio se evaluaron plantaciones de diferente edad. Guiracocha *et al.* (2001) en Costa Rica, León (2006) en Ecuador, Cassano *et al.* (2009) y Rosa (2003) en Brasil, Orozco y Somarriba (2005) en Bolivia y Hervé y Vidal (2008) en África reportaron a las familias Moraceae y Anacardiaceae como las de mayor frecuencia en el SAF-cacao, los autores atribuyeron lo anterior a que no se han eliminado totalmente las especies arbóreas nativas de las selvas donde fueron establecidos los SAF-cacao, y en estas selvas abundan los géneros *Artocarpus*, *Ficus* y *Brosimum* de las familias citadas.

Índices estructurales

Los SAF-cacao de menor edad tuvieron una mayor densidad de árboles por hectárea, la correlación negativa y no significativa ($p = 0.067$) entre la edad y la densidad

coincidió con el estudio realizado por Ramos (2001) en Cárdenas, Tabasco. A nivel estructural los SAF-cacao de 25 años de edad presentaron una mayor AB con un promedio de $22.7 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, debido principalmente a una mayor densidad de árboles de *E. poeppigiana* y *S. saman* que son especies de mayor diámetro. Aunque en densidad ocuparon el segundo lugar los SAF-cacao de 20 años presentaron una menor AB con un promedio de $12.16 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Lo anterior debido a la introducción de especies forestales maderables *C. odorata* y *C. arborescens* por parte de la CONAFOR. Los SAF-cacao de 30 años presentaron un AB promedio de $20.4 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Ramírez (2009), en plantaciones de 50 y 30 años reportó un AB de 58 y $38 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, respectivamente; la diferencia del AB de los SAF de 30 años se atribuyó principalmente a las especies registradas entre las que sobresalió *S. saman*.

Las especies estructuralmente importantes según el IVI, *E. americana*, *C. odorata*, *E. poeppigiana*, *G. sepium* y *C. arborescens*, coincidieron con la reportadas por Ramírez (2009) en plantaciones de 30 y 50 años de edad en Cárdenas, Tabasco. León (2006) en Ecuador reporta como especies con mayor IVI a *Mangifera indica*, *Tabebuia rosea*, *Artocarpus altilis*, *Quararibea cordata* e *Inga spectabilis*. Orozco y Somarriba (2005) en Bolivia reportaron como especies con mayor IVI a *Schyzolobium parahyba*, *Swietenia macrophylla*, *Amburana cearensis*, *Centrolobium ochroxylum* y *C. odorata*. Rosa (2003) en Brasil reportó como especies con mayor IVI a *Schefflera morototoni*, *Trema micrantha*, *Helicostylis tomentosa*, *Sloanea obtusifolia* y *Macrolobium latifolium*; estas especies difieren de las del presente estudio debido a que los cultivos de cacao en Brasil están establecidos bajo selvas perturbadas, a diferencia de las plantaciones de la Chontalpa, Tabasco que son establecidas bajo especies arbóreas introducidas por el productor. No obstante, todos los casos confirman la importancia de los SAF-cacao como centros de conservación de biodiversidad, tanto por la diversidad de especies arbóreas que poseen, como por la función de hábitat para especies de flora y fauna.

Diversidad (H') y equidad (E)

De acuerdo con el índice de diversidad de Shannon ($H' = 2.89$ y 0.92 , para los SAF-cacao de 35 y 6 años, respectivamente), a mayor edad del SAF-cacao existe una mayor diversidad a nivel de especies. La correlación entre la edad con la diversidad ($r^2 =$

0.6126, $p = 0.01$), también indicó que entre más edad tienen los SAF, éstos son más diversos. Lo anterior coincidió con lo reportado por Ramírez (2009) en Cárdenas, Tabasco para SAF-cacao de 50 y 30 años ($H' = 2.89$ y 2.57 , respectivamente). Nuestros resultados y los de Ramírez (2009) contrastan con los resultados de Ramos (2001); este autor, en plantaciones de cacao en Tabasco, encontró que las plantaciones de mayor edad son menos diversas ($H' = 1.24$, 1.75 y 1.46 ; para 15, 20 y 30 años, respectivamente), probablemente por los aclareos de las especies arbóreas durante el desarrollo de la planta.

En la región del Soconusco en el estado de Chiapas Salgado *et al.* (2007) reportaron valores de diversidad ($H' = 2.74$ a 2.79) que coincidieron con los encontrados en nuestro estudio. No obstante, estos valores y los nuestros son menores a los reportados por Rosa (2003) en Brasil ($H' = 3.31$ a 4.22) debido a que en este país el cultivo de cacao se establece en selvas perturbadas, en las cuales hay mayor diversidad de especies vegetales.

Guiracocha *et al.* (2001) en Talamanca, Costa Rica reportaron valores de diversidad ($H' = 2.56$, 1.75 y 1.10 , para el bosque, el SAF-cacao y plantaciones de banano, respectivamente), lo que indica un mayor grado de conservación de especies en el bosque. En presente estudio registramos mayor diversidad de especies, que los tres sistemas estudiados. Bojorges y López (2006) y Zarco *et al.* (2010) en selva mediana perennifolia de Veracruz y Tabasco, respectivamente encontraron valores de $H' = 2.5$. Corral *et al.* (2002) en el bosque mesófilo en Tamaulipas reportaron $H' = 2.39$; ambos resultados son menores a los del SAF-cacao de 35 años ($H = 2.89$), del presente estudio, lo cual indica que el agroecosistema cacao puede llegar a tener más diversidad que la selva y el bosque en México.

Índices de similitud

Los valores de los índices de similitud mostraron una clara tendencia de similitud en número de especies y de individuos de las plantaciones de mayor edad (25 – 30 años); resultados similares fueron reportados por Ramírez (2009) en plantaciones de 30 y 50 años en Cárdenas, Tabasco. Ambos estudios contrastan con los resultados de Ramos (2001); quien reportó que a mayor edad del SAF-cacao hay mayor disimilitud a nivel de

especie. Hervé y Vidal (2008) y Zapfack *et al.* (2002) en Camerún, indicaron que el tipo de manejo es un factor que determina un menor porcentaje de similitud, situación inherente a cada región cacaotera del mundo. En el presente estudio, los SAF-cacao colindaban con huertos familiares, razón por la cual las plantaciones de mayor edad tienden a ser más similares a nivel de especie ya que las familias productoras introducen nuevas especies arbóreas tanto nativas como exóticas.

3.5. CONCLUSIONES

En los 20 sitios muestreados se registraron 2,856 árboles, pertenecientes a 28 familias, 58 géneros y 67 especies. Las especies *E. americana*, *E. poeppigiana*, *G. sepium* (Fabáceae), *C. odorata* (Meliaceae) y *C. arborescens* (Rhamnaceae), fueron las más frecuentes como especies para sombra en los SAF-cacao. Por su frecuencia, densidad y área basal, estas cinco especies presentaron el mayor índice estructural en las diferentes edades de los SAF muestreados.

Los SAF-cacao de mayor edad, tendieron a ser más diversos en especies y familias botánicas que los de menor edad. Por índice de similitud cualitativa los SAF-cacao de 18 y 33 años de edad, fueron los más parecidos en número de árboles y de especies; la mayor similitud cuantitativa se registró entre los SAF de 25 y 30 años. Por la diversidad de las especies arbóreas registradas el SAF-cacao puede ser propuesto como centro de conservación de la biodiversidad, o como un área natural para el refugio de vida silvestre.

3.6. LITERATURA CITADA

- Alvim, R. y Nair P. K. R. 1986. Combination of cocoa with other plantation crops. *Agroforestry Systems*, 4: 3-15.
- Arango, A. J. U., Zuluaga S. G. P. y Peñarete R. D. I. 2009. Evaluación florística y estructural en sistemas agroforestales simultáneos en territorios de comunidades

- Embera del Atrato Medio Antioqueño. Investigación, Biodiversidad y Desarrollo. Pp. 11-31.
- Bojorges, B. J. C. y López M. L. 2006. Asociación de la riqueza y diversidad de especies de aves y estructura de la vegetación en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Mexicana de Biodiversidad*, 77: 235-249.
- Cassano, C. R., Schroth G., Faria D., Delabie J. H. y Bedel L. 2009. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 18 (3): 577-603.
- Córdova, A. V. 2005. Organización campesina en la reconversión del cacao tradicional a orgánico en Tabasco, México. En: Aragon G. A., López O. J.F. y Tapia R. A. M. (eds) *Manejo Agroecológico de Sistemas*. Dirección de fomento editorial, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. 180 p.
- Córdova, A. V., Sánchez H. M., Estrella C. N. G., Macías L. A., Sandoval C. E., Martínez S. T. y Ortiz G. C. F. 2001. Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el ejido Francisco I Madero del Plan Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 17 (34): 93-100.
- Corral, R. J., Aguirre C. O. A, Jiménez P. J. y Návar C. J. J. 2002. Muestreo de diversidad y observaciones ecológicas del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8: 125-131.
- Díaz, C. A. 2002. Características de la distribución de la radiación fotosintéticamente activa y de la estructura del dosel en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el estado de Tabasco. Tesis Maestría en Ciencias; Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. 103 p.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. 2008. *InfoStat, versión 2008*, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- FAO. 2005. Situación de los bosques del mundo 2005. Consultado: <http://www.fao.org/docrep/007/y5574s/y5574s00.htm>. 16/05/11

- FAO. 2007. Situación de los bosques del mundo 2007. Consultado: <http://www.fao.org/docrep/009/a0773s/a0773s00.htm>. 16/05/11.
- FAOSTAT. 2011. Sistema Estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Consultado: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. 20/01/2012.
- González, L. V. W. 2005. Cacao en México: competitividad y medio ambiente con alianzas. USAID. 93 p.
- Guiracocha, G.; Harvey, C.A.; Somarriba, E.; Krauss, U.; 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.
- Hervé, B. D. and Vidal S. 2008. Plant biodiversity and vegetation structure in traditional cocoa forest gardens in southern Cameroon under different management. *Biodiversity and Conservation*, 17 (8): 1821-1835.
- Ibarra, M. A. y Estrada M. 2001. Avifauna asociada a dos cacaotales tradicionales en la región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 17: 101-112.
- López, A. P. A., Delgado N. V. H., Azpeitia M. A., López A J. I., Jiménez C. J. A., Flores R. A., Fraire S. L. y Castañeda C. R. 2005. El cacao en Tabasco: manejo y producción. INIFAP; ISPROTAB. Tercera edición. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 54 p.
- León, M. R. A. 2006. Diversidad vegetal asociada a cacaotales de dos zonas agroecológicas en la región litoral del Ecuador. Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. 114 p.
- Magurran, E. A. 1989. Diversidad ecológica y su medición. (A. M. Cirer, Trad.) Barcelona, España: Vendra. 200 p.
- Mostacedo, B. y Fredericksen T. S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz, Bolivia. 92 p.
- Muñoz, D., Estrada A. y Naranjo E. 2005. Monos aulladores (*Alouatta palliata*) en una plantación de cacao (*Theobroma cacao*) en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 2: 35-44.

- Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS). 2007. Mosaico estatal de cultivo Geo-Referenciado de cacao. SAGARPA; SEDAFOF. 1 p. Consultado: <http://www.campotabasco.gob.mx/>. 16/01/12.
- Orozco, L. y Somarriba E. 2005. Árboles maderables en fincas de cacao orgánico del Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas*, 43: 43-44.
- Palma, L. D. J., Cisneros D. J., Moreno C. E. y Rincón R. J. A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Parrish, J., Reitsma R., Greenberg R., Mclarney W., Mack R. y 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.
- Pérez, C. M. 2008. Diversidad y abundancia de escolitidos (Coleoptera: Scolytidae) asociados al agroecosistema cacao en Tabasco, México. Tesis Doctoral Colegio de Postgraduados Montecillo. Edo. México. 100 p.
- Ramírez, M. A. 2009. Diversidad florística y macrofauna edáfica en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas Tabasco. Tesis Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduado Campus, Tabasco. 86 p.
- Ramos, R. R. 2001. Análisis del uso sustentable de los suelos con plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México, aplicando sistemas de información geográfica. Tesis Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados Campus, Montecillo. Edo. México. 146 p.
- Roa, R. H. A., Salgado M. M. G. y Álvarez H. 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.
- Rosa, S. R. H. 2003. Ecología da vegetação arbórea de cabruca - mata atlântica raleada utilizada para cultivo de cacau - na região sul da Bahia. Universidad de Brasília. 161 p.
- SAGARPA. 2010. Impulsa SAGARPA producción de cacao. Consultado: <http://www.actualidadesmexico.com.mx/2010/03/impulsa-sagarpa-produccion-de-cacao/>. 24/03/11.

- Salgado, M. M. G., Ibarra N. G., Macías S. J. E. y López B. O. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia*, 32 (11): 763-768.
- Scheelje, B. J. M. 2009. Índice de la legislación sobre el aprovechamiento del recurso maderable en sistemas silvopastoriles de Costa Rica. CATIE. 177 p.
- SEDAFOP y OEIDRUS. 2008. Padrón de productores de cacao actualizado hasta mayo 2008. 114 p. Consultado: <http://www.campotabasco.gob.mx/>. 16/01/12.
- Segovia, R. J., Sedano R., Reina G., López G. y Schoonhoven A. V. 2000. Árboles, arbustos y aves en el agrosistema del CIAT: Inventario de árboles y arbustos y de la avifauna del CIAT, Valle del Cauca Colombia. Cali Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 2 (29): 958-694.
- Zapfack, L., Engwald S., Sonke B., Achoundong G and Madong B. 2002. The impact of land conversion on plant biodiversity in the forest zone of Cameroon. *Biodiversity and Conservation*, 11: 2047-2061.
- Zarco, E. V. M., Valdez H. J. L., Ángeles P. L. y Castillo A. O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal agua blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia*, 26 (1): 1-17.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES GENERALES

En el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco hay una diversidad de especies arbóreas, tanto nativas como exóticas. Estas especies además de concentrar un volumen maderable que puede, y debe de ser aprovechado de múltiples maneras y de forma sustentable son importantes para la conservación de la biodiversidad en el estado de Tabasco. Las especies *E. americana*, *G. sepium*, *C. odorata* y *C. arborescens*, fueron las más frecuentes como especies para sombra en los SAF-cacao. Por su frecuencia, densidad y área basal, estas cuatro especies presentaron el mayor índice estructural en las diferentes edades de los SAF muestreados.

Los usos principales de los árboles en función del DAP fueron aserrío delgado con 39% y aserrío grueso con 27.4%. Las especies con mayor volumen maderable fueron *E. poeppigiana*, *E. americana*, *C. odorata*, *S. saman* y *G. sepium*.

Los SAF-cacao de mayor edad, tienden a ser más diversos en especies y familias botánicas, que los de menor edad. Por índice de similitud cualitativa los SAF-cacao de 18 y 33 años de edad, fueron las más parecidas en número de árboles y de especies, la mayor similitud cuantitativa se registró entre los SAF de 25 y 30 años.

Por la diversidad de las especies arbóreas registradas el SAF-cacao puede ser considerado como centros de conservación de la biodiversidad, o como áreas naturales sirviendo como refugio de vida silvestre.

4.2. RECOMENDACIONES

- Incrementar la diversificación y aprovechamiento sustentable de los recursos maderables.
- Elaborar un manual para el manejo de los árboles de sombra con mayor frecuencia, en los SAF-cacao, en el estado de Tabasco, México.
- Promover más estudios para conocer las tasas de crecimiento por especie y por tipo de manejo en los SAF-cacao.
- Elaborar un plan de manejo para la conservación de este sistema.

CAPÍTULO V. ANEXO

Anexo 1. Especies arbóreas y su frecuencia de acuerdo al número de árboles registrados en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.

N° Especie	Nombre		Familia	Árboles	
	Común	Científico		Núm	Frec. (%)
1	moté	<i>Erythrina americana</i> Mill	Fabaceae	812	28.43
2	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	573	20.06
3	cocoite	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp	Fabaceae	247	8.65
4	tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg	Rhamnaceae	246	8.61
5	chipilcohite	<i>Diphysa robinoides</i> Benth	Fabaceae	188	6.58
6	macuillis	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	Bignoniaceae	166	5.81
7	eritrina	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	Fabaceae	66	2.31
8	guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	64	2.24
9	naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Obs.	Rutaceae	50	1.75
10	guarumo	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Cecropiaceae	40	1.40
11	mango	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	36	1.26
12	jinicuil	<i>Inga jinicuil</i> Schl.	Fabaceae	34	1.19
13	melina	<i>Gmelina arborea</i> Roxb	Verbenaceae	33	1.16
14	ramón	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Moraceae	24	0.84
15	caobilla	<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	Meliaceae	23	0.81
16	mandarina	<i>Citrus reticulata</i> L.	Rutaceae	21	0.74
17	café	<i>Coffea arabica</i> L.	Rubiaceae	16	0.56
18	samán	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Fabaceae	16	0.56
19	aguacate	<i>Persea americana</i> L.	Lauraceae	13	0.46
20	cesniche	<i>Lippia myriocephala</i> Sch. y Cham.	Verbenaceae	12	0.42
21	zapote	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) Moore	Sapotaceae	12	0.42
22	jobo	<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	11	0.39
23	jagua	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	9	0.32
24	majagua	<i>Hampea nutricia</i> Fryxell	Malvaceae	9	0.32
25	caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	8	0.28
26	palma de corozo	<i>Scheelea liebmanii</i> Becc.	Arecaceae	8	0.28
27	jolotzin	<i>Helicarpus donnell-smithii</i> Rose	Tiliaceae	7	0.25
28	palo mulato	<i>Bursera simaruba</i> L.	Simarubácea	7	0.25
29	pataste	<i>Theobroma bicolor</i> Humb.y Bonpl.	Sterculiaceae	7	0.25
30	pimienta gorda	<i>Pimenta dioica</i> L.	Myrtaceae	7	0.25
31	quiebrahacha	<i>Cupania dentata</i> Moc. y Sessé DC.	Sapindaceae	7	0.25
32	achiote	<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	6	0.21
33	amate	<i>Ficus insípida</i> Willd.	Moraceae	6	0.21
34	ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> L.	Bombacaceae	5	0.18
35	tulipán de la india	<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.	Bignoniaceae	5	0.18
36	bojón	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken	Boraginaceae	4	0.14
37	castaña	<i>Artocarpus altilis</i> (Parq.) Forsb.	Moraceae	4	0.14

Anexo 1. Continuación...Especies arbóreas y su frecuencia de acuerdo al número de árboles registrados en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.

38	anona	<i>Annona reticulata</i> L.	Annonaceae	3	0.11
39	capulín	<i>Muntingia calabura</i> L.	Tiliaceae	3	0.11
40	guanábana	<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	3	0.11
41	machetón	<i>Inga sapindoides</i> Willd.	Fabaceae	3	0.11
42	barí	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	Clusiaceae	2	0.07
43	bellota	<i>Sterculia apétala</i> (Jacq.) H. Karst.	Sterculiaceae	2	0.07
44	candelerero	<i>Cordia stellifera</i> I.M. Johnst	Boraginaceae	2	0.07
45	canisté	<i>Pouteria campechiana</i> Kunth Bach	Sapotaceae	2	0.07
46	chicozapote	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Sapotaceae	2	0.07
47	chinin	<i>Persea schiedeana</i> C. G. Nees	Lauraceae	2	0.07
48	coco	<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae	2	0.07
49	escobillo	<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	Ulmaceae	2	0.07
50	hule silvestre	<i>Castilla elástica</i> Sessé in Cerv.	Moraceae	2	0.07
51	kan nich	<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Ktze.	Fabaceae	2	0.07
52	lima	<i>Citrus limettoides</i> Tan.	Rutaceae	2	0.07
53	palma real	<i>Roystonea regia</i> (HBK.) O. F. Cook	Arecaceae	2	0.07
54	pomarrosa	<i>Eugenia jambos</i> L.	Myrtaceae	2	0.07
55	rabo de lagarto	<i>Zanthoxylum kellermanii</i> P. Wilson	Rutaceae	2	0.07
56	teca	<i>Tectona grandis</i> L. F.	Verbenaceae	2	0.07
57	tepejonote	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	Tiliaceae	2	0.07
58	pochote	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Cochlospermaceae	1	0.04
59	almendra	<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	1	0.04
60	caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Sapotaceae	1	0.04
61	carreto	<i>Cornutia pyramidata</i> L.	Verbenaceae	1	0.04
62	chacahuante	<i>Simira salvadorensis</i> (Standl.) Steyerm.	Rubiaceae	1	0.04
63	galán de noche	<i>Cestrum nocturnum</i> L.	Solanaceae	1	0.04
64	guatope	<i>Inga vera</i> Willd	Fabaceae	1	0.04
65	guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	1	0.04
66	quelite	<i>Cassia fruticosa</i> Mill.	Fabaceae	1	0.04
67	zapote de agua	<i>Pachira aquática</i> Aubl.	Bombacaceae	1	0.04
	total			2856	100

Anexo 2. Área basal (m² ha⁻¹) y volumen total y comercial (m³ ha⁻¹) de las especies arbóreas registradas en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.

No.	Nombre		Área basal (m ² ha ⁻¹)	Volumen (m ³ ha ⁻¹)	
	Común	Científico		Total	Comercial
1	eritrina	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	3.79	64.35	14.40
2	moté	<i>Erythrina americana</i> Mill	5.95	40.29	9.85
3	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	1.57	15.49	6.09
4	samán	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	0.95	14.50	2.60
5	cocoite	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp	1.01	7.96	1.94
6	melina	<i>Gmelina arborea</i> Roxb	0.55	7.45	2.18
7	chipilcohite	<i>Diphysa robinoides</i> Benth	0.74	5.49	1.52
8	mango	<i>Mangifera indica</i> L.	0.52	5.34	1.26
9	caobilla	<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	0.30	4.56	1.94
10	tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg	0.39	3.62	1.67
11	guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0.35	2.91	0.87
12	macuillis	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	0.32	2.68	1.12
13	zapote	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) Moore	0.22	2.24	0.59
14	jinicuil	<i>Inga jinicuil</i> Schl.	0.21	1.69	0.65
15	jobo	<i>Spondias mombin</i> L.	0.15	1.59	0.70
16	caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> King	0.12	1.54	0.56
17	guarumo	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	0.16	1.38	0.74
18	palo mulato	<i>Bursera simaruba</i> L.	0.08	0.97	0.38
19	amate	<i>Ficus insípida</i> Willd.	0.08	0.85	0.29
20	naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osb.	0.13	0.80	0.25
21	palma de corozo	<i>Scheelea liebmanii</i> Becc.	0.08	0.67	0.28
22	ramón	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	0.09	0.67	0.35
23	castaña	<i>Artocarpus altilis</i> (Parq.) Forsb.	0.06	0.59	0.18
24	aguacate	<i>Persea americana</i> L.	0.05	0.42	0.19
25	canisté	<i>Pouteria campechiana</i> Kunth Bach	0.04	0.39	0.08
26	escobillo	<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	0.04	0.39	0.05
27	pimienta gorda	<i>Pimenta dioica</i> L.	0.04	0.36	0.10
28	mandarina	<i>Citrus reticulata</i> L.	0.05	0.33	0.10
29	chinin	<i>Persea schiedeana</i> C. G. Nees	0.03	0.29	0.07
30	jagua	<i>Genipa americana</i> L.	0.03	0.28	0.16
31	teca	<i>Tectona grandis</i> L. F.	0.02	0.26	0.09
32	ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> L.	0.02	0.24	0.09
33	palma real	<i>Roystonea regia</i> (HBK.) O. F. Cook	0.02	0.21	0.13
34	chicozapote	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	0.03	0.21	0.06
35	cesniche	<i>Lippia myriocephala</i> Sch. y Cham.	0.03	0.19	0.09
36	coco	<i>Cocos nucifera</i> L.	0.01	0.19	0.14
37	candelerero	<i>Cordia stellifera</i> I.M. Johnst	0.02	0.18	0.09
38	hule silvestre	<i>Castilla elástica</i> Sessé in Cerv.	0.02	0.17	0.09

Anexo 2. Continuación...Área basal (m²ha⁻¹) y volumen total y comercial (m³ ha⁻¹) de las especies arbóreas registradas en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México

39	zapote de agua	<i>Pachira aquática</i> Aubl.	0.02	0.16	0.04
40	carreto	<i>Cornutia pyramidata</i> L.	0.02	0.16	0.02
41	barí	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	0.01	0.13	0.07
42	pataste	<i>Theobroma bicolor</i> Humb.y Bonpl.	0.02	0.13	0.07
43	guatope	<i>Inga vera</i> Willd	0.01	0.12	0.04
44	rabo de lagarto	<i>Zanthoxylum kellermanii</i> P. Wilson	0.01	0.1	0.04
45	jolotzin	<i>Heliocarpus donnell-smithii</i> Rose	0.01	0.09	0.04
46	anona	<i>Annona reticulata</i> L.	0.01	0.09	0.02
47	quiebrahacha	<i>Cupania dentata</i> Moc. y Sessé DC.	0.01	0.08	0.03
48	caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	0.01	0.07	0.02
49	chacahuante	<i>Simira salvadorensis</i> (Standl.) Steyerm.	0.01	0.05	0.02
50	macheton	<i>Inga sapindoides</i> Willd.	0.01	0.05	0.01
51	majagua	<i>Hampea nutricia</i> Fryxell	0.01	0.05	0.02
52	tepejonote	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	0.00	0.03	0.02
53	bojón	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken	0.00	0.03	0.01
54	tulipán de la india	<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.	0.00	0.03	0.01
55	capulín	<i>Muntingia calabura</i> L.	0.00	0.02	0.01
56	guanabana	<i>Annona muricata</i> L.	0.00	0.02	0.01
57	guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	0.00	0.02	0.01
58	achiote	<i>Bixa Orellana</i> L.	0.01	0.02	0.01
59	bellota	<i>Sterculia apétala</i> (Jacq.) H. Karst.	0.00	0.01	0.01
60	lima	<i>Citrus limettioides</i> Tan.	0.00	0.01	0.00
61	kan nich	<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Ktze.	0.00	0.00	0.00
62	pochote	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0.00	0.00	0.00
63	quelite	<i>Cassia fruticosa</i> Mill.	0.00	0.00	0.00
64	galan de noche	<i>Cestrum nocturnum</i> L.	0.00	0.00	0.00
65	almendra	<i>Terminalia catappa</i> L.	0.00	0.00	0.00
66	pomarrosa	<i>Eugenia jambos</i> L.	0.00	0.00	0.00
67	café	<i>Coffea arabica</i> L.	0.00	0.00	0.00

Anexo 3. Densidad, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia de las especies arbóreas registradas en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.

No.	Nombre		DR	ABR	FR	IVI
	Común	Científico				
1	moté	<i>Erythrina americana</i> Mill	28.43	32.22	5.57	66.23
2	cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	20.06	8.51	5.92	34.50
3	eritrina	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	2.31	20.51	2.44	25.26
4	cocoite	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp	8.65	5.47	3.48	17.60
5	tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg	8.61	2.13	4.88	15.62
6	chipilcohite	<i>Diphysa robinoides</i> Benth	6.58	4.00	3.48	14.07
7	macuílís	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	5.81	1.72	4.88	12.41
8	guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	2.24	1.91	3.83	7.98
9	samán	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	0.56	5.15	1.74	7.45
10	mango	<i>Mangifera indica</i> L.	1.26	2.80	3.14	7.19
11	guarumo	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	1.40	0.86	3.83	6.09
12	naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osb.	1.75	0.71	3.48	5.94
13	jinicuil	<i>Inga jinicuil</i> Schl.	1.19	1.16	3.14	5.48
14	melina	<i>Gmelina arborea</i> Roxb	1.16	2.99	1.05	5.19
15	jobo	<i>Spondias mombin</i> L.	0.39	0.83	3.14	4.35
16	ramón	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	0.84	0.48	2.79	4.11
17	caobilla	<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	0.81	1.64	1.39	3.84
18	mandarina	<i>Citrus reticulata</i> L.	0.74	0.29	2.79	3.81
19	zapote	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) Moore	0.42	1.20	1.39	3.01
20	cesniche	<i>Lippia myriocephala</i> Sch. y Cham.	0.42	0.15	2.44	3.01
21	aguacate	<i>Persea americana</i> L.	0.46	0.28	2.09	2.83
22	jagua	<i>Genipa americana</i> L.	0.32	0.16	1.74	2.22
23	majagua	<i>Hampea nutricia</i> Fryxell	0.32	0.05	1.74	2.11
24	amate	<i>Ficus insípida</i> Willd.	0.21	0.45	1.39	2.05
25	pimienta gorda	<i>Pimenta dioica</i> L.	0.25	0.23	1.39	1.87
26	castaña	<i>Artocarpus altilis</i> (Parq.) Forsb.	0.14	0.31	1.39	1.84
27	palma de corozo	<i>Scheelea liebmanii</i> Becc.	0.28	0.42	1.05	1.74
28	palo mulato	<i>Bursera simaruba</i> L.	0.25	0.45	1.05	1.74
29	quebrahacha	<i>Cupania dentata</i> Moc. y Sessé DC.	0.25	0.06	1.39	1.70
30	ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> L.	0.18	0.13	1.39	1.70
31	pataste	<i>Theobroma bicolor</i> Humb.y Bonpl.	0.25	0.12	1.05	1.41
32	jolotzin	<i>Heliocarpus donnell-smithii</i> Rose	0.25	0.08	1.05	1.37
33	caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> King	0.28	0.64	0.35	1.27
34	tulipán de la india	<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.	0.18	0.02	1.05	1.24
35	bojón	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken	0.14	0.02	1.05	1.21
36	achiote	<i>Bixa Orellana</i> L.	0.21	0.03	0.70	0.94
37	chinin	<i>Persea schiedeana</i> C. G. Nees	0.07	0.15	0.70	0.92

Anexo 3. Continuación... Densidad, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia de las especies arbóreas registradas en el sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México.

38	café	<i>Coffea arabica</i> L.	0.56	0.00	0.35	0.91
39	chicozapote	<i>Manilkara zapota</i> L.	0.07	0.14	0.70	0.91
40	palma real	<i>Roystonea regia</i> (HBK.) O. F. Cook	0.07	0.12	0.70	0.89
41	teca	<i>Tectona grandis</i> L. F.	0.07	0.11	0.70	0.88
42	anona	<i>Annona reticulata</i> L.	0.11	0.05	0.70	0.86
43	hule silvestre	<i>Castilla elástica</i> Sessé in Cerv.	0.07	0.08	0.70	0.85
44	machetón	<i>Inga sapindoides</i> Willd.	0.11	0.04	0.70	0.84
45	barí	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	0.07	0.06	0.70	0.83
46	capulín	<i>Muntingia calabura</i> L.	0.11	0.02	0.70	0.83
47	guanábana	<i>Annona muricata</i> L.	0.11	0.02	0.70	0.82
48	tepejonote	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	0.07	0.02	0.70	0.78
49	lima	<i>Citrus limettioides</i> Tan.	0.07	0.01	0.70	0.78
50	bellota	<i>Sterculia apétala</i> (Jacq.) H. Karst.	0.07	0.01	0.70	0.78
51	escobillo	<i>Aphananthe monoica</i> (Hemsl.) J.-F. Leroy	0.07	0.21	0.35	0.63
52	canisté	<i>Pouteria campechiana</i> Kunth Bach	0.07	0.20	0.35	0.62
53	candelero	<i>Cordia stellifera</i> I.M. Johnst	0.07	0.10	0.35	0.52
54	coco	<i>Cocos nucifera</i> L.	0.07	0.08	0.35	0.50
55	zapote de agua	<i>Pachira aquática</i> Aubl.	0.04	0.11	0.35	0.49
56	carreto	<i>Cornutia Pyramidata</i> L.	0.04	0.10	0.35	0.48
57	rabo de lagarto	<i>Zanthoxylum kellermanii</i> P. Wilson	0.07	0.05	0.35	0.47
58	guatope	<i>Inga vera</i> Willd	0.04	0.07	0.35	0.45
59	caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	0.04	0.04	0.35	0.42
60	kan nich	<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Ktze.	0.07	0.00	0.35	0.42
61	pomarrosa	<i>Eugenia jambos</i> L.	0.07	0.00	0.35	0.42
62	chacahuante	<i>Simira salvadorensis</i> (Standl.) Steyerem.	0.04	0.03	0.35	0.42
63	guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	0.04	0.01	0.35	0.40
64	galán de noche	<i>Cestrum nocturnum</i> L.	0.04	0.01	0.35	0.39
65	quelite	<i>Cassia fruticosa</i> Mill.	0.04	0.00	0.35	0.39
66	pochote	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	0.04	0.00	0.35	0.39
67	almendra	<i>Terminalia catappa</i> L.	0.04	0.00	0.35	0.39

DR. Densidad relativa, ABR. Dominancia relativa, FR. frecuencia relativa, IVI. Índice de valor de importancia