



Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

ISSN: 2007-0934

revista\_atm@yahoo.com.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Sánchez Gutiérrez, Facundo; Pérez-Flores, Julián; Obrador Olan, José Jesús; Sol

Sánchez, Ángel; Ruiz-Rosado, Octavio

Árboles maderables en el sistema agroforestal de cacao en Cárdenas, Tabasco, México

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, núm. 14, febrero-marzo, 2016, pp. 2711-2723

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Estado de México, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263144474006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Árboles maderables en el sistema agroforestal de cacao en Cárdenas, Tabasco, México\*

### Timber trees in the cocoa agroforestry system in Cárdenas, Tabasco, Mexico

Facundo Sánchez Gutiérrez<sup>1</sup>, Julián Pérez-Flores<sup>2§</sup>, José Jesús Obrador Olan<sup>2</sup>, Ángel Sol Sánchez<sup>2</sup> y Octavio Ruiz-Rosado<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chiapas-Escuela Maya de Estudios Agropecuarios. Playas de Catatzaja. (sanchez.facundo@colpos.mx). <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina s/n, km 3.5, A. P. 24 Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. (obradoro@colpos.mx; sol@colpos.mx). <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. Carretera Federal Veracruz-Xalapa- Vía Paso de Ovejas, km 26.5. A. P. 421, Veracruz, Veracruz, México. C. P. 91700. (octavior@colpos.mx). §Autor para correspondencia: julianflores@colpos.mx.

#### Resumen

Con el fin de estudiar los recursos madereros del sistema agroforestal de cacao (SAF de cacao) en Cárdenas, Tabasco, México, 20 sitios de 5 000 m<sup>2</sup> (100 x 50 m) fueron muestreados, y los árboles presentes en los sitios fueron identificados taxonómicamente y georreferenciados. Diámetro a la altura del pecho (DBH<sub>1.3 m</sub>), altura total (HT) y la altura de fuste limpio (Hc) se midieron en cada árbol, y DAP se correlacionó con Ht. El área basal (BA, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) y el volumen total y comercial también se calcularon (VT, VC, m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). Los productos que se obtienen a partir de la posición se definen en función del DAP. Los 2.856 árboles registrados pertenecen a 67 especies agrupadas en 28 familias y 58 géneros. *Erythrina americana* Mill., *Cedrela odorata* L. y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. Fueron las especies más frecuentes. Área basal media fue de 18.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, que van desde 8.3 hasta 34.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. La media de VT fue 192.4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, que van desde 70.4 hasta 619.9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Promedio de VC era 52.6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, que van desde 21.86 a 146.6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. De total de la muestra de los árboles 66.4% se consideraron útiles para aserrío, teniendo DAP ≥ 15 cm. Correlación entre la DAP y la altura de las especies de árboles en los SAF cacao fue baja pero significativa ( $r^2 = 0.48$ ,  $p = 0.05$ ).

#### Abstract

In order to study the timber resources of the cocoa agroforestry system (cocoa AFS) in Cárdenas, Tabasco, Mexico, 20 sites of 5 000 m<sup>2</sup> (100 x 50 m) were sampled, and the trees present in the sites were identified taxonomically and georeferenced. Diameter at breast height (DBH<sub>1.3m</sub>), total height (Ht) and clean bole height (Hc) were measured on each tree, and DBH was correlated with Ht. Basal area (BA, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) and total and commercial volume were also calculated (VT, VC, m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). The products to be obtained from the stand were defined in function of DBH. The 2 856 trees registered belonged to 67 species grouped in 28 families and 58 genera. *Erythrina americana* Mill., *Cedrela odorata* L. and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. were the most frequent species. Mean basal area was 18.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, ranging from 8.3 to 34.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Mean VT was 192.4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, ranging from 70.4 to 619.9 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Average VC was 52.6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, ranging from 21.86 to 146.6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectively. From the total sampled trees 66.4% were considered useful for sawmilling, having DBH ≥ 15 cm. Correlation between DBH and height of the tree species in the cocoa AFS was low but significant ( $r^2 = 0.48$ ,  $p = 0.05$ ).

**Key words:** Cocoa agroforestry system, dasometry, timber resources, tree diversity.

\* Recibido: octubre de 2015  
Aceptado: enero de 2016

**Palabras claves:** dasometría, diversidad de árboles, recursos madereros, sistema agroforestal de cacao.

## Introducción

En el mundo hay aproximadamente 400 millones de hectáreas manejadas bajo sistemas agroforestales (AFS) (Watson *et al.*, 2000). Los sistemas agroforestales se definen como aquellos que incluyen un conjunto de técnicas de manejo de tierra para combinar cultivos, ganado, o ambos, y el bosque. Los sistemas se pueden establecer de forma simultánea o escalonada en el tiempo y en el espacio (Combe y Budowski, 1979). Estos sistemas poseen un amplio espectro de asociaciones vegetales y un gran potencial para la producción de madera, leña, frutas, medicinas, forraje, aceites y plantas ornamentales, como ocurre en los SAF cacao (Sotomayor *et al.*, 2008).

En SAF de cacao es posible debido a que requiere poca radiación. Por lo tanto se establece bajo el dosel de los árboles, (70% de cacao se cultiva en asociación con árboles de sombra y con cultivos anuales y perennes (Salgado *et al.*, 2007), aunque en África, Malasia, Perú, Colombia y Ecuador se han desarrollado sistemas de producción de cacao bajo plena luz del sol (González, 2005). Al tener una amplia diversidad de especies de árboles, los SAF se consideran como sitios de conservación de aves residentes y migratorias: estos contienen una alta diversidad de plantas y tienen un papel importante en la protección y conservación de la biodiversidad y almacenamiento de carbono (Parrish *et al.*, 1999; Roa *et al.*, 2009). Por otra parte, las especies de árboles contribuyen a la sostenibilidad del sistema mediante la producción de hojarasca, reciclaje de nutrientes y prevención de la erosión del suelo (Alvim y Nair, 1986). Salgado *et al.* (2007) señalan que los SAF de cacao proporcionan hábitats favorables para aves, insectos benéficos y mamíferos, así como sitios para la conservación de la flora.

La flora en SAF de cacao se han descrito en diferentes estudios que incluyen árboles de sombra (Ramírez - Meneses *et al.*, 2013). García (1983) reportó que la especie *Erythrina americana* Mill, *Diphysa robinoides* Benth, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp, *Samanea saman* (Jacq.) Merr. y *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg. son los árboles de sombra más destacados de los SAF de cacao en Comalcalco, Tabasco, México. Los productores de

## Introduction

Worldwide there are approximately 400 million hectares managed in agroforestry systems (AFS) (Watson *et al.* 2000). Agroforestry systems are defined as those that include a set of land management techniques for combinations of crops, livestock, or both, and forest. The systems can be established simultaneously or stepwise over time and space (Combe and Budowski, 1979). These systems possess a broad spectrum of plant associations and strong potential for production of timber, firewood, fruits, medicines, forages, oils and ornamental plants, as occurs in the cocoa AFS (Sotomayor *et al.*, 2008).

Cocoa AFS is possible since cocoa crop requires low radiation. Then it is established under a tree canopy, (70% of cocoa is cultivated in association with shade trees and/or with annual and perennial crops (Salgado *et al.*, 2007), although in Africa, Malaysia, Peru, Colombia and Ecuador cocoa production systems under full sunlight have been developed (González, 2005). Having a broad diversity of tree species, AFS are considered as conservation sites for resident and migratory birds; they contain a high diversity of plants and have an important role in the protection and conservation of biodiversity and carbon storage (Parrish *et al.*, 1999; Roa *et al.*, 2009). Moreover, the tree species contributes to the system's sustainability by producing forest litter, recycling nutrients and preventing soil erosion (Alvim and Nair, 1986). Salgado *et al.* (2007) point out that cocoa AFS provide favorable habitats for birds, beneficial insects and mammals, as well as sites for conservation of flora.

The flora of cocoa AFS has been described in different studies which include shade trees (Ramírez-Meneses *et al.*, 2013). García (1983) reported that the species *Erythrina americana* Mill, *Diphysa robinoides* Benth, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp, *Samanea saman* (Jacq.) Merr. and *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg. are the most outstanding shade trees of the cocoa AFS in Comalcalco, Tabasco, Mexico. Cocoa producers also introduce other species of their preference useful by their timber (*Cedrela odorata* L.) and fruits as *Mangifera indica* L., *Citrus* spp., and *Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. (García, 1983; Cordova *et al.*, 2001). In Nigeria, cocoa is associated with *Cola nitida*, which is considered as industrial species (Salgado *et al.*, 2007), while in Costa Rica it is associated with *Cordia alliodora*, *Citrus* spp., *Cocos nucifera*, *Inga* spp. and *Cedrela odorata* (Somarriba *et al.*, 2003).

cacao también introducen otras especies de su preferencia, útiles por su madera (*Cedrela odorata* L.) y frutas como *Mangifera indica* L., *Citrus* spp. y *Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. (García, 1983; Córdova *et al.*, 2001). En Nigeria, cacao se asocia con *Cola nitida*, que es considerada como especie industrial (Salgado *et al.*, 2007), mientras que en Costa Rica se asocia con *Cordia alliodora*, *Citrus* spp., *Cocos nucifera*, *Inga* spp. y *Cedrela odorata* (Somarriba *et al.*, 2003).

Los usos más comunes de los árboles en SAF de cacao son medicinales, madera, pilares para construir casas, mangos de herramientas, postes para cercos, la producción de frutos, sombra para cacao, leña, ornamentales y techos para casas (Ramírez - Meneses *et al.*, 2013). Somarriba *et al.* (2003) y Orozco y Somarriba (2005) reportaron que 34% de los árboles en plantaciones de cacao en Costa Rica y 15% en Bolivia se utilizan para tableros de espesor en función de su diámetro a la altura del pecho (DAP<sub>1.3 m</sub>).

En el estrato superior de los SAF de cacao (más de 20 m de altura), la especie de árbol que sobresalen son *S. saman*, *D. robinoides*, *Guazuma ulmifolia*, *G. sepium*, *C. arborescens*, *C. alliodora*, *Terminalia ivorensis* y *Tabebuia rosea*. Los árboles en este estrato alcanzan una altura de 36 m, DAP de 137 cm y área basal media de 11 m<sup>2</sup> a 47.22 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Somarriba *et al.*, 2003; Ramírez - Meneses *et al.*, 2013). Somarriba *et al.* (1996) reportó que *C. alliodora*, *T. ivorensis* y *T. rosea* tuvieron el mayor volumen de madera en los SAF de cacao. FHIA (2007) informó que *Cordia megalantha*, *Tabebuia Donnell*, *Cojoba arborea* y *Vitex gaumeri*, tuvieron el volumen de madera más grande en este sistema, y Somarriba y Domínguez (1994) obtuvieron resultados similares, pero para *T. ivorensis*, *C. alliodora* y *T. rosea*.

Ya que la producción de madera puede complementar la producción de cacao, el presente estudio se realizó para identificar las especies de árboles forestales presentes en el SAF y determinar el volumen de madera en el municipio de Cárdenas, Tabasco. Tabasco posee 41 117 hectáreas de SAF de cacao y produjo 16 560 toneladas de cacao seco en 2010. Es el estado productor más grande de México. Cárdenas con una superficie de 10 487 hectáreas de SAF de cacao es el segundo municipio productor de cacao de Tabasco (SIAP, 2011).

The most common uses for trees in the cocoa AFS are medicinal, timber, pillars for constructing houses, fence posts, tool handles, fruit production, shade for cocoa, firewood, ornamental and roofing for houses (Ramírez-Meneses *et al.*, 2013). Somarriba *et al.* (2003) and Orozco and Somarriba (2005) reported that 34% of the trees in cocoa plantations in Costa Rica and 15% in Bolivia are used for thick boards in function of their diameter at breast height (DBH<sub>1.3 m</sub>).

In the upper stratum of the cocoa AFS (more than 20 m high), the tree species *S. saman*, *D. robinoides*, *Guazuma ulmifolia*, *G. sepium*, *C. arborescens*, *C. alliodora*, *Terminalia ivorensis* and *Tabebuia rosea* stand out. The trees in this stratum reach a height of 36 m, DBH of 137 cm and average basal area from 11 m<sup>2</sup> to 47.22 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Somarriba *et al.*, 2003; Ramirez-Meneses *et al.*, 2013). Somarriba *et al.* (1996) reported that *C. alliodora*, *T. ivorensis* and *T. rosea* had the greatest timber volume in the cocoa AFS. FHIA (2007) reported that *Cordia megalantha*, *Tabebuia donnell*, *Cojoba arborea* and *Vitex gaumeri*, had the largest timber volume in this system, and Somarriba and Domínguez (1994) had similar results but for *T. ivorensis*, *C. alliodora* and *T. rosea*.

Since timber production would complement cocoa production, the present study was conducted to identify the forest tree species present in the AFS and determine the timber volume in the municipality of Cárdenas, Tabasco. Tabasco possesses 41 117 ha of cocoa AFS and produced 16 560 t of dry cocoa in the year 2010. It is the Mexico's largest producer state. Cárdenas with an area of 10 487 ha of cocoa AFS is the second main cocoa-producing municipality of Tabasco (SIAP, 2011).

## Materials and methods

### Study area

The study was conducted in cocoa AFS in different localities of the municipality of Cárdenas, Tabasco. Cárdenas is located in the Chontalpa region (17° 59' N; 91° 32' W) at an altitude of 2 to 17 masl. Climate is hot-humid with mean annual precipitation of 2 643 mm and a monthly mean of 355 mm; mean annual temperature is 26 °C with a maximum of 45 °C (CNA-SMN-SCDI, 2012).

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en SAF de cacao en diferentes localidades de los municipios de Cárdenas, Tabasco. Cárdenas se localiza en la región de Chontalpa (17° 59' latitud norte; 91° 32' longitud oeste) a una altura de 2 a 17 msnm. El clima es cálido - húmedo con precipitaciones medias anuales de 2 643 mm y una media mensual de 335 mm; la temperatura media anual es 26 °C con una máxima de 45 °C (CNA-SMN, SCDI, 2012).

### Sitios de muestreo

20 parcelas experimentales de 50 x 100 m se establecieron en Fluvisol Eutrico (FLeu) y Fluvisol Gleysol-Eutrico (FLeugl), que son los suelos representativos del área de estudio y de los SAF de cacao (Palma *et al.*, 2007). Además de las observaciones de suelo, las autoridades de cada municipio fueron entrevistadas para contactar a productores cooperantes y seleccionar los SAF de cacao a muestrear.

### Composición de flora arbórea y variables dasométrica

La edad y el área de los SAF de cacao se registraron dentro de cada sitio de muestreo. Los árboles fueron identificados taxonómicamente y geo-referenciados con GPS (modelo Garmin GMap60csx®) y se asignó un número que fue pintado en el árbol con pintura en aerosol (Zarco *et al.*, 2010). Las variables dasométricas registradas fueron: diámetro a la altura del pecho (DAP<sub>1.3m</sub>, cm), medido con una cinta diamétrica; altura total (Ht, m) y fuste comercial (Hc) medido con una pistola Haga®; área basal (BA, m<sup>2</sup>) calculada con la ecuación  $BA = 0.7854 \times DAP^2$  en el que, 0.7854 = constante; volumen total y comercial (TV, CV, m<sup>3</sup>) se estimó con la ecuación  $V = BA \times ff \times H$ , donde: ff = factor de forma (0.70) y H = altura total o comercial (Dauber, 1997; FAO, 2004).

El dosel de árbol se clasificó siguiendo el criterio propuesto por Pinelo (2001); estrato muy bajo (<5 m de altura), bajo (≥5 - <15 m), mediano (≥15 - <25 m), y estrato alto (≥25 m altura). La información DAP de los árboles fue organizada por clase diamétrica a intervalos de 10 cm (1 a 10, 10 a 20...) para determinar la frecuencia de cada clase con respecto al total de las clases (Orozco and Somarriba, 2005; Zarco *et al.*, 2010). Los productos potenciales a obtener de cada árbol se definieron por DAP: sin uso (DBH < 5 cm), leña (≥5 - <10 cm), postes (≥10 - <15 cm), tablón delgado (≥15 - <30 cm), tablón grueso (DBH ≥30 cm) (Mora and Hernández, 2007).

### Sampling sites

Twenty experimental plots 50 x 100 m were set up on Eutric Fluvisols (FLeu) and Eutri-gleyic Fluvisols (FLeugl), which are the representative soils of the study area and of the cocoa-AFS (Palma *et al.*, 2007). In addition to the field observations, authorities of each locality were interviewed to contact cooperating producers and to select the cocoa AFS to sample.

### Tree flora composition and dasometric variables

The age and area of the cocoa AFS were recorded within each sampling site. The trees were identified taxonomically and georeferenced with a GPS (Garmin model GMap60csx®) and assigned a number that was painted on the tree with spray paint (Zarco *et al.*, 2010). The dasometric variables recorded were: diameter at breast height (DBH<sub>1.3m</sub>, cm) measured with a diametric tape; total height (Ht, m) and commercial bole (Hc) measured with a Haga® Pistol; basal area (BA, m<sup>2</sup>) estimated with the equation  $BA = 0.7854 \times DBH^2$  in which, 0.7854 = constant; total and commercial volume (TV, CV, m<sup>3</sup>) estimated with the equation  $V = BA \times ff \times H$ , where: ff = form factor (0.70) and H = total or commercial height (Dauber, 1997; FAO, 2004).

### Classification of canopy based on height and DBH and potential use of trees

Tree canopy was classified following the criteria proposed by Pinelo (2001): very low stratum (<5 m high), low (≥5 - <15 m), medium (≥15 - <25 m), and high stratum (≥25 m high). Information on DBH of trees was organized by diametric category at intervals of 10 cm (1 to 10, 10 to 20...) to determine the frequency of each class with respect to the total classes (Orozco and Somarriba, 2005; Zarco *et al.*, 2010). The potential products to be obtained from individual trees were defined in function of DBH: without use (DBH < 5 cm), firewood (≥5 - <10 cm), posts (≥10 - <15 cm), narrow boards (≥15 - <30 cm), thick boards (DBH ≥30 cm) (Mora and Hernández, 2007).

## Results and discussion

Ten of the 36.5 ha of cocoa AFS visited were sampled. The average area of the AFS was 1.8 ha, ranging from 0.5 to 5 ha indicating that cocoa plantations belong to the small producers. Somarriba *et al.* (2003) reported an average area of 1.3 ha, varying from 0.25 to 15 ha in Talamanca, Costa Rica.



## Resultados y discusión

Diez de las 36.5 hectáreas de SAF cacao visitados fueron muestreados. El área promedio del SAF fue 1.8 ha, que varía de 0.5 a 5 ha indicando que las plantaciones de cacao pertenecen a pequeños productores. Somarriba *et al.* (2003) reportó una superficie promedio de 1.3 ha, que varía de 0.25 a 15 hectáreas en Talamanca, Costa Rica.

### Composición de flora arbórea

En las 10 hectáreas muestreadas se encontraron 2,856 árboles forestales, 67 especies pertenecientes a 58 géneros y 28 familias. Ramírez-Meneses *et al.* (2013), muestreo 6 ha en Tabasco México y encontraron 38 especies, 35 géneros y 24 familias. García (1983), en Tabasco, registró 40 especies de 19 familias en una encuesta a 72 productores, mientras que Salgado *et al.* (2007) en la región del Soconusco, Chiapas México registro 790 árboles pertenecientes a 23 familias, 38 géneros y 47 especies en 7.2 ha. En nuestro estudio se encontró una mayor diversidad de especies y familias que el reportado por García (1983) y Salgado *et al.* (2007). En contraste, Rosa (2003), en Brasil, registró un menor número de árboles (2 514), pero un mayor número de especies y familias (293 y 52, respectivamente), probablemente debido a que los SAF de cacao se encuentran en áreas de selvas despejadas o porque el área de muestreo fue mayor (15 ha). Por otra parte, en Nigeria Do y Odebiyi (2007) reportaron 487 árboles pertenecientes a 45 especies y 24 familias en 1,3 ha.

El número promedio de especies por hectárea fue de 14, que van desde 6 a 35. Las especies más comunes fueron *E. americana* y *C. odorata*. Orozco y Somarriba (2005), en Bolivia, reportaron a *Swietenia macrophylla*, *Schyzolobium parahyba* y *Amburana cearensis* como las especies más frecuentes por hectárea.

En este estudio, la densidad media fue de 286 árboles ha<sup>-1</sup>, variando de 96 a 618 árboles ha<sup>-1</sup>. Las familias Fabaceae y Meliaceae fueron las más predominantes. En Panamá y Costa Rica, Somarriba *et al.* (1996; 2000) registraron 278 árboles ha<sup>-1</sup>; Mogollón *et al.* (1996) en Venezuela reportó 300 árboles ha<sup>-1</sup>, mientras que Rosa (2003) en Brasil informó de 47 a 355 árboles ha<sup>-1</sup>. Los cuatro estudios mencionados coinciden con los nuestros en densidad de árboles por hectárea, y también en que la familia Fabaceae fue el más utilizado para sombrear el cultivo de cacao.

### Tree flora composition

In the 10 ha sampled it was found 2 856 forest trees, 67 species belonging to 58 genera and 28 families. Ramírez-Meneses *et al.* (2013), sampled 6 ha in Tabasco Mexico and found 38 species, 35 genera and 24 families. García (1983), also in Tabasco, recorded 40 species of 19 families in a survey of 72 producers, while Salgado *et al.* (2007) in the Soconusco region in Chiapas Mexico recorded 790 trees belonging to 23 families, 38 genera and 47 species in 7.2 ha. In our study a broader diversity of species and families were recorded than that reported by García (1983) y Salgado *et al.* (2007). In contrast, Rosa (2003), in Brazil, recorded a smaller number of trees (2 514) but a larger number of species and families (293 and 52 respectively), probably because the cocoa AFS were found in cleared rainforests areas or because the sampling area was larger (15 ha). Moreover, in Nigeria Do and Odebiyi (2007) reported 487 trees belonging to 45 species and 24 families in 1.3 ha.

The average number of species per hectare was 14, ranging from 6 to 35. The most common species were *E. americana* and *C. odorata*. Orozco and Somarriba (2005), in Bolivia, reported *Swietenia macrophylla*, *Schyzolobium parahyba* and *Amburana cearensis*. as more frequent species per hectare.

In this study, mean density was 286 trees ha<sup>-1</sup>, varying from 96 to 618 trees ha<sup>-1</sup>. The families Fabaceae and Meliaceae were more predominant. In Panama and Costa Rica, Somarriba *et al.* (1996; 2000) recorded 278 trees ha<sup>-1</sup>; Mogollón *et al.* (1996) in Venezuela reported 300 trees ha<sup>-1</sup>, while Rosa (2003) in Brazil reported from 47 to 355 trees ha<sup>-1</sup>. The four studies mentioned coincide with ours in tree density per hectare, and also in that the Fabaceae family was the most frequently used for shading the cocoa crop.

### Frequency of tree species by plantation age

The age of cocoa AFS sampled varied from 6 to 35 years-old (Table 1). In this entire range of ages, *Mote* (*E. americana*), 28.4%, Spanish cedar (*C. odorata*), 20.1%, and *Cocoite* (*G. sepium*) 8.7% were outstanding. This agree with Cordova *et al.* (2001) who reported 25% *E. americana* in Cárdenas, Tabasco, but contrasts with this same study for *G. sepium* (75% of the shade trees). Rosa (2003) in Brazil indicated that the most frequent species used to shade cocoa were *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, and *Artocarpus heterophyllus* Lam., with 8 and 7%, respectively. In Nigeria 10 species accounted for 76% of the trees recorded: *Elaeis*

**Frecuencia de especies arbóreas por dad de plantación**

La edad de los SAF de cacao muestreados varió de 6 a 35 años edad (Tabla 1). En este rango de edades, *Mote* (*E. americana*), 28.4%, *cedro español* (*C. odorata*), 20.1%, y *Cocoite* (*G. sepium*) 8.7% fueron excepcionales. Esto concuerda con Córdova *et al.* (2001), quien reportó 25% *E. americana* en Cárdenas, Tabasco, pero contrasta con este mismo estudio en *G. sepium* (75% de los árboles de sombra). Rosa (2003) en Brasil indicó que las especies más utilizadas para el sombreado 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: *Elaeis guineensis* Jacq., *Cola nitida* (Vent.) Schott et Endl., *C. sinensis*, *Mangifera indica*, *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, *C. alliodora*, *Citrus* spp., *C. nucifera*, *Inga* spp., y *C. odorata* fueron sobresalientes (Somarriba *et al.*, 2003), pero en Bolivia las especies destacadas fueron *S. macrophylla*, *S. parahyba*, *A. cearensis*, *Centrolobium ochroxylum* y *C. odorata* (Orozco y Somarriba, 2005). Estos estudios, en comparación con el nuestro, registraron especies similares pero diferente densidad, lo cual es razonable, ya que las especies utilizadas para sombra en los SAF de cacao no varían sólo entre países sino también entre regiones de un mismo país.

*guineensis* Jacq., *Cola nitida* (Vent.) Schott et Endl., *C. sinensis*, *Mangifera indica*, *Anacardium occidentale* L., *Psidium guajava* L., *Persea americana* Mill., *Ricinodendron heudelotii* Muell. Arg., *Citrus reticulata* L. and *Cocos nucifera* L. (Oke and Odebiyi, 2007). In Talamanca, Costa Rica, *C. alliodora*, *Citrus* spp., *C. nucifera*, *Inga* spp., and *C. odorata* were outstanding (Somarriba *et al.*, 2003), but in Bolivia the outstanding species were *S. macrophylla*, *S. parahyba*, *A. cearensis*, *Centrolobium ochroxylum* and *C. odorata* (Orozco and Somarriba, 2005). These studies, compared with ours, recorded similar species but different density, which is reasonable since the species used for shade in the cocoa AFS vary not only among countries but also among regions of the same country.

In 6-, 20- and 25-year-old cocoa AFS, the most frequent tree species used to shade the cocoa AFS was *C. odorata*, with a frequency of 78.0, 41.9 and 15.1%, respectively. In 15- and 20-year-old plantations *G. sepium* was the most frequent with 35.1 and 27.1%. *Erythrina americana* was the most frequent in the 18-, 25- and 30-year old cocoa AFS with frequencies of 46, 45.4 and 56.6%, respectively. *Tabebuia rosea* was most frequent in plantations 18- and 35-years-old with 15.2 and 15.8%. *Diphysa robinoides* was the most frequent in 27- and 33-year-old plantations accounting for 47.8 and 38.5%. In 30-, 33- and 35-year-old plantations, *C. arborescens* was most frequent with 17.5, 12.8 and 16.9%, respectively (Table 1).

**Cuadro 1. Frecuencia de las especies de acuerdo al número de árboles registrados en SAF de cacao de diferentes edades, Cárdenas, Tabasco, México.**

**Table 1. Frequency of species according to the number of trees recorded in cocoa AFS of different ages, Cárdenas, Tabasco, Mexico.**

Age of cocoa AFS (years)	Species		Number of trees	Frequency (%)
	Common name	Scientific name		
6-35	Moté	<i>Erythrina americana</i> Mill.	812	28.4
	Spanish cedar	<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 robinoides</i> Benth.	188	6.6
	62 other species		790	27.6
	Total		2 856	100
6	Spanish cedar	<i>Cedrela odorata</i> L.	241	78
	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	29	9.4
	Ramón	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	14	4.5
	Macuílís	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	11	3.6
	Kan nich	<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Ktze.	2	0.6
	9 other species		12	3.9
	Total		309	100

**Cuadro 1. Frecuencia de las especies de acuerdo al número de árboles registrados en SAF de cacao de diferentes edades, Cárdenas, Tabasco, México (Continuación).****Table 1. Frequency of species according to the number of trees recorded in cocoa AFS of different ages, Cárdenas, Tabasco, Mexico (Continuation).**

Age of cocoa AFS (years)	Species Common name	Scientific name	Number of trees	Frequency (%)
15	Cocoite	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	112	35.1
	Moté	<i>Erythrina americana</i> Mill.	89	27.9
	Spanish cedar	<i>Cedrela odorata</i> L.	38	11.9
	Chipilcohite	<i>Diphyssa robinoides</i> Benth.	31	9.7
	Eritrina	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O. F. Cook	21	6.6
	9 other species		28	8.8
	Total		319	100
18	Moté	<i>Erythrina americana</i> Mill.	109	46
	Macuílís	<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
	Spanish cedar	<i>Cedrela odorata</i> L.	11	4.6
	17 other species		45	19.0
	Total		237	100
20	Spanish cedar	<i>Cedrela odorata</i> L.	118	41
	Cocoite	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	78	27.1
	Moté	<i>Erythrina americana</i> Mill.	54	18.8
	Chipilcohite	<i>Diphyssa robinoides</i> Benth.	19	6.6
	Jinicuil	<i>Inga jinicuil</i> Schl.	10	3.5
	4 other species		9	3.1
	Total		288	100
25	Moté	<i>Erythrina americana</i> Mill.	327	45.4
	Spanish cedar	<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
	Macuílís	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	32	4.4
	34 other species		128	17.8
	Total		721	100
27	Chipilcohite	<i>Diphyssa robinoides</i> Benth.	77	47.8
	Melina	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	17	10.6
	Caobilla	<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	16	9.9
	Tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	13	8.1
	Mahogany	<i>Swietenia macrophylla</i> Willd.	8	5
	12 other species		30	18.6
	Total		161	100
30	Moté	<i>Erythrina americana</i> Mill.	223	56.6
	Tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	69	17.5
	Macuílís	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	22	5.6
	Spanish cedar	<i>Cedrela odorata</i> L.	19	4.8
	Melina	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	9	2.3
	21 other species		52	13.2
	Total		394	100



**Cuadro 1. Frecuencia de las especies de acuerdo al número de árboles registrados en SAF de cacao de diferentes edades, Cárdenas, Tabasco, México (Continuación).**

**Table 1. Frequency of species according to the number of trees recorded in cocoa AFS of different ages, Cárdenas, Tabasco, Mexico (Continuation).**

Age of cocoa AFS (years)	Species		Number of trees	Frequency (%)
	Common name	Scientific name		
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
	Spanish cedar	<i>Cedrela odorata</i> L.	4	5.1
	9 other species		19	24.4
	Total		78	100
35	Tatúan	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	59	16.9
	Macuílís	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC.	55	15.8
	Cocoite	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	35	10
	Guarumo	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	30	8.6
	Chipilcohite	<i>Diphysa robinoides</i> Benth.	27	7.7
	40 other species		143	41
	Total		349	100

En SAF de cacao de 6-, 20- y 25- años de edad, las especies arbóreas más utilizados para dar sombra a los SAF de cacao fue *C. odorata*, con una frecuencia de 78.0, 41.9 y 15.1%, respectivamente. En plantaciones de 15- y 20- años de edad, *G. sepium* fue el más frecuente con un 35.1 y 27.1%. *Erythrina americana* fue la más frecuente en 18-, 25- y 30- años, con frecuencias de 46, 45.4 y 56.6%, respectivamente. *Tabebuia rosea* fue la más frecuente en las plantaciones de 18- y 35- años de edad, con 15.2 y 15.8%. *Diphysa robinoides* fue el más frecuente en 27- y 33- años de edad, las que representan el 47.8 y 38.5% de las plantaciones. En las plantaciones de 30-, 33- y 35- años de edad, *C. arborescens* fue la más frecuente con un 17.5, 12-8 y 16.9%, respectivamente (Tabla 1).

**Especies con mayor área basal por edad de SAF cacao**

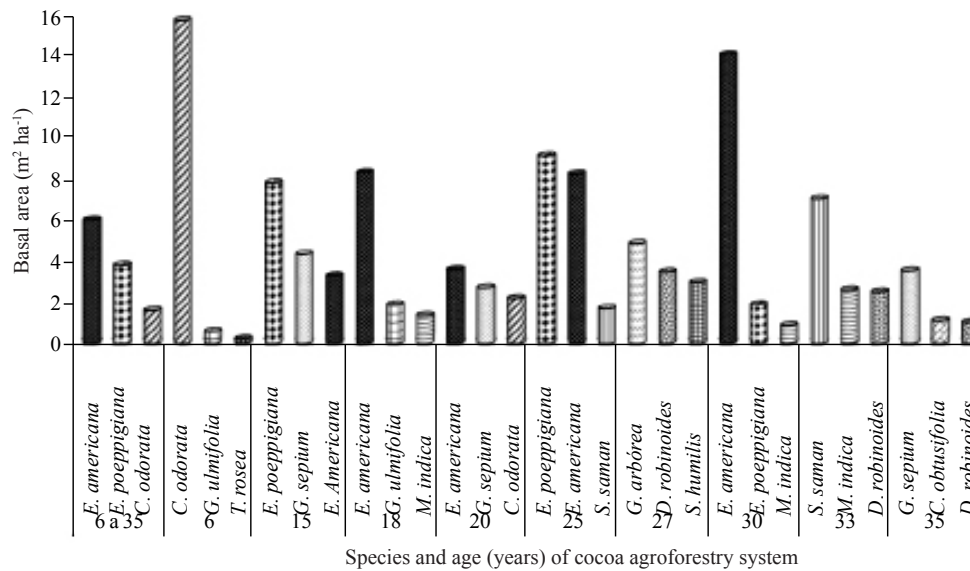
Los SAF de cacao de 20 años de edad, tuvieron el AB más bajo y el de 25- años de edad el más grande: 12.2 y 22.7 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Las tres especies forestales con mayor AB en los SAF muestreados (6 a 25 años) fueron *E. americana* (6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), *E. poeppigiana* (3.8 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) y *C. odorata* (1.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), mientras que cada una de las 64 especies restantes tenían una AB de ≤ 1 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Figura 1).

**Species with greater basal area by age of cocoa AFS**

The 20-year-old cocoa AFS had the smallest BA and the 25-year-old AFS the largest: 12.2 and 22.7 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, respectively. The three forest species with the largest BA in the sampled AFS (6 to 25 years old) were *E. americana* (6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), *E. poeppigiana* (3.8 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) and *C. odorata* (1.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), while each of the remaining 64 species had a BA of ≤ 1 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Figure 1).

*Cedrela odorata* was the outstanding species in BA in both 6- and 20 year-old cocoa AFS (15.7 and 2.2 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, respectively). *Guazuma ulmifolia* was outstanding in 6- and 18-year old cocoa AFS (0.6 and 1.9 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). In those cocoa AFS aged 15, 25 and 30 years, it was *E. poeppigiana* (7.8, 9.1 and 1.9 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). *Gliricidia sepium* had the largest BA in 15, 20 and 35-year-old AFS (4.3, 2.7 and 3.5 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), *E. americana* in AFS aged 15, 18, 25 and 30 years (3.3, 8.3, 8.2 and 14 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), *M. indica* in 18-, 30- and 33-year-old AFS (1.4, 0.9 and 2.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>); *S. saman* in 25- and 33-year-old AFS (1.7 and 7 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). The 27-, 33- and 35-year-old ASF shared *D. robinoides* as the outstanding species in BA (3.5, 2.5 and 1 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) (Figure 1).

Basal area (BA) of all the registered trees was 185 m<sup>2</sup>, with a mean of 18.5 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> and a range of 8.3 to 34.6 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Ramirez-Meneses *et al.* (2009) in Cárdenas, Tabasco,



**Figura 1. Especies con mayor área basal ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) en SAF de cacao de diferentes edades en Cárdenas, Tabasco, México.**  
**Figure 1. Species with the largest basal areas ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) in cocoa AFS of different ages in Cárdenas, Tabasco, Mexico.**

*Cedrela odorata* fue la especie sobresaliente en AB en ambas SAF de cacao de 6 y 20 años de edad ( $15.7$  y  $2.2 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ , respectivamente). *Guazuma ulmifolia* destacó en SAF de cacao de 6 y 18 años de edad ( $0.6$  a  $1.9 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ). En aquellos SAF de cacao de 15, 25 y 30 años, fue *E. poeppigiana* ( $7.8$ ,  $9.1$  y  $1.9 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ). *Gliricidia sepium* tuvo el mayor AB en SAG de 15, 20 y 35 años de edad ( $4.3$ ,  $2.7$  y  $3.5 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), *E. americana* en SAF de 15, 18, 25 y 30 años ( $3.3$ ,  $8.3$ ,  $8.2$  y  $14 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), *M. indica* en SAF de 18, 30 y 33 años de edad ( $1.4$ ,  $0.9$  y  $2.6 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ); *S. saman* en SAF de 25 y 33 años de edad ( $1.7$  y  $7 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ). Los SAF de 27-, 33- y 35- años de edad compartieron con *D. robinoides* como las especies destacadas en AB ( $3.5$ ,  $2.5$  y  $1 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) (Figura 1).

El área basal (BA) de todos los árboles registrados fue de  $185 \text{ m}^2$ , con una media de  $18.5 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$  y un rango de  $8.3$  a  $34.6 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ . Ramírez-Meneses *et al.* (2009) en Cárdenas, Tabasco, reportó una media de  $48.2 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ , destacando la especie *S. saman* ( $12 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), *D. robinoides* ( $7.8 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) y *G. ulmifolia* ( $5.6 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ). Estos valores son más altos que los encontrados en nuestro estudio, ya que las especies son de mayor diámetro y mayor frecuencia (*S. saman*). Somarriba *et al.* (1996), en Panamá, informó una media de  $11 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ; la especie *C. alliodora* ( $12 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), *T. ivorensis* ( $11 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) y *T. rosea* ( $10 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) tuvo el mayor AB. Concha *et al.* (2007) en Lima, Perú, informó AB promedio de  $5.71 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$  y la especie con mayor AB fue *Inga sp.*, *Citrus nobilis* y *Piptadenia Favia*. Somarriba y Domínguez (1994), en Costa Rica, reportó un promedio un AB de  $4.1 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ; las especies destacadas fueron *T. ivorensis* ( $52 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), *T. rosea* ( $4.5 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) y *C.*

reported a mean of  $48.2 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ , highlighting the species *S. saman* ( $12 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), *D. robinoides* ( $7.8 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) and *G. ulmifolia* ( $5.6 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ). These values are higher than those found in our study since the species are of larger diameter and higher frequency (*S. saman*). Somarriba *et al.* (1996), in Panamá, reported a mean of  $11 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ; the species *C. alliodora* ( $12 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), *T. ivorensis* ( $11 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) and *T. rosea* ( $10 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) had the largest BA. Concha *et al.* (2007) in Lima, Peru, reported average BA of  $5.71 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$  and the species with the largest BA were *Inga sp.*, *Citrus nobilis* and *Piptadenia favia*. Somarriba and Domínguez (1994), in Costa Rica, reported an average BA of  $4.1 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ; the outstanding species were *T. ivorensis* ( $52 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ), *T. rosea* ( $4.5 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) and *C. alliodora* ( $2.8 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ ). FHIA (2007), in Honduras, reported an average BA of  $4.8 \text{ m}^2 \text{ha}^{-1}$ . The four cited authors recorded smaller BA than that of our results because the trees were young and had small diameters.

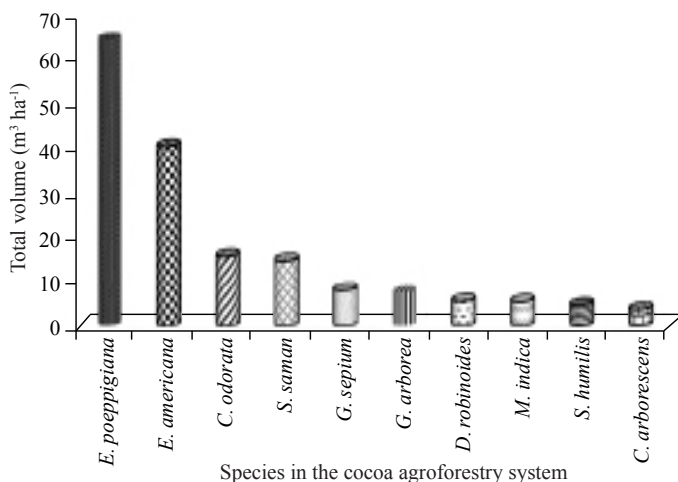
### Total timber and commercial volumes (TV, CV)

There is a large quantity of timber in cocoa AFS that can and should be used in a sustainable way. A TV of  $1\,923.8 \text{ m}^3$  in logs was found in the 20 sampled sites. The average TV was  $192.4 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ . It ranged  $70.4$  to  $619.86 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ . Ten species accounted for  $87.4\%$  of the TV; the outstanding species were *E. poeppigiana*  $33.5\%$  ( $64.4 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), *E. americana*  $20.9\%$  ( $40.3 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) and *C. odorata*  $8.1\%$  ( $15.5 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) (Figure 2). Somarriba *et al.* (1996), in Panama, reported the species *C. alliodora* ( $90 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), *T. ivorensis* ( $81 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) and *T. rosea* ( $46 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) as having larger volumes than those of our study,

*alliodora* ( $2.8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). FHIA (2007), en Honduras, reportó un AB promedio de  $4.8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . Los cuatro autores citados registraron AB menores que el de nuestros resultados, ya que los árboles eran jóvenes y tenían diámetros pequeños.

### Volumen total maderable y comercial (TV, CV)

Hay una gran cantidad de madera en SAF de cacao que pueden y deben ser utilizados de una manera sustentable. Se registró un TV en troncos de  $1923.8 \text{ m}^3$  en los 20 sitios muestreados. El TV promedio fue de  $192.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Variando de  $70.4$  a  $619.86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Diez especies representaron el 87.4% del TV; las especies destacadas fueron *E. poeppigiana* 33.5% ( $64.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), *E. americana* 20.9% ( $40.3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) y *C. odorata* 8.1% ( $15.5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) (Figura 2). Somarriba *et al.* (1996), en Panamá, reportó la especie *C. alliodora* ( $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), *T. ivorensis* ( $81 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) y *T. rosea* ( $46 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) como las que tuvieron volúmenes mayores a los de nuestro estudio, ya que se establecieron preferentemente para sombra. Los valores similares a aquellos reportados por FHIA (2007) en Honduras para las especie *C. megalantha*  $118 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , *T. Donnell*  $33.9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , *C. arborea*  $33.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y *V. gaumeri*  $32.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Somarriba y Domínguez (1994) en Costa Rica reportaron TV para *T. ivorensis* con  $35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , *C. alliodora* con  $21 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y *T. rosea* con  $19 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .



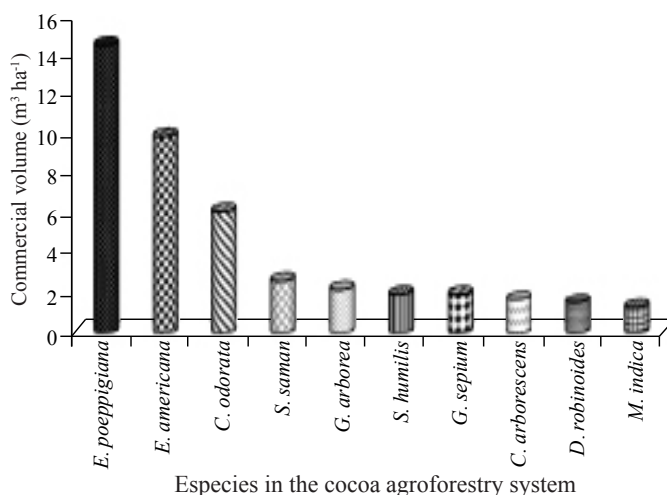
**Figura 2. Especies con mayor volumen maderable ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) en SAF de cacao en Cárdenas, Tabasco, México.**

**Figure 2. Species with the highest timber volumes ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) in cocoa AFS in Cárdenas, Tabasco, Mexico.**

El volumen de madera comercial (fuste limpio) registrado en los 20 sitios muestreados fue  $526.29 \text{ m}^3$  de leña, un promedio de  $52.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , que van desde  $21.9$  hasta  $146.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Diez especies representaron el 82.9% del VC total; de estos, *E. poeppigiana* 27.4% ( $14.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), *E. americana* 18.7% ( $9.9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) y *C. odorata* 11.9% ( $6.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) fueron

as they were established preferentially for shade. The values similar to those reported by FHIA (2007) in Honduras for the species *C. megalantha*  $118 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , *T. donnell*  $33.9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , *C. arborea*  $33.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  and *V. gaumeri*  $32.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Somarriba and Domínguez (1994) in Costa Rica reported *T. ivorensis* with  $35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , *C. alliodora* with  $21 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  and *T. rosea* with  $19 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  TV.

Commercial timber volume (clean bole) recorded in the 20 sampled sites was  $526.29 \text{ m}^3$  log, an average of  $52.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , ranging from  $21.9$  to  $146.7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Ten species accounted for 82.9% of the total VC; of these, *E. poeppigiana* 27.4% ( $14.4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), *E. americana* 18.7% ( $9.9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) and *C. odorata* 11.9% ( $6.1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) were outstanding (Figure 3). Calero (2008), in Costa Rica reported to *C. alliodora* as the species with the largest VC ( $31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ); this is explained by its preferential establishment for shade. *Cedrela odorata* had a smaller VC, which was also smaller than that recorded in our study.



**Figura 3. Especies con mayor volumen comercial ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) en SAF de cacao, en Cárdenas, Tabasco, México.**

**Figure 3. Species with the largest commercial volumes ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) in the cocoa AFS, in Cárdenas, Tabasco, Mexico.**

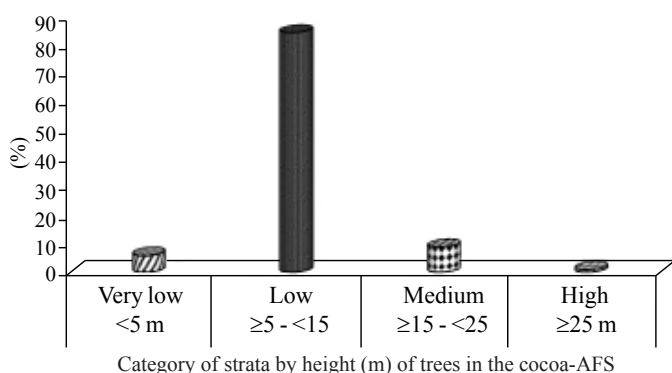
### Strata of canopy by height

Mean Ht was  $10.1 \text{ m}$  varying from  $2$  to  $35.5 \text{ m}$ ; 5.8% of the trees were placed in the stratum of very low canopy (height  $<5 \text{ m}$ ). These were new-planted timber species such as *C. odorata*, *T. rosea* and *C. arborescens*. Most of the trees (84.2% of the total) were concentrated in the low canopy ( $\geq 5 - <15 \text{ m}$ ) and 1% in the high canopy ( $\geq 25 \text{ m}$ ) (Figure 4). In this last category were grouped species such as Eritrina (*E. poeppigiana*), Samán (*S. saman*) and Chestnut (*A. altalis*). Ramírez-Meneses *et al.* (2013) in Cárdenas, Tabasco, also

sobresalientes (Figura 3). Calero (2008), en Costa Rica reportó a *C. alliodora* como la especie con mayor VC ( $31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ); esto se explica por su preferencia como establecimiento para sombra. *Cedrela odorata* tuvo un VC más pequeño, el cual también fue menor que el registrado en nuestro estudio.

### Estratos del dosel por altura

La media de Ht fue de 10.1 m variando 2 a 35.5 m; 5.8% de los árboles se ubicaron en el estrato de muy bajo dosel (altura <5 m). Estas fueron las especies maderables recién plantadas como *C. odorata*, *T. rosea* y *C. arborescens*. La mayoría de los árboles (84.2% del total) se concentró en bajo dosel ( $\geq 5$  - <15 m) y 1% en el dosel alto ( $\geq 25$  m) (Figura 4). En esta última categoría se agruparon las especies Eritrina (*E. poeppigiana*), Samán (*S. saman*) y Castaño (*A. altalis*). Ramírez-Meneses *et al.* (2013) en Cárdenas, Tabasco, también se reportó de algunos árboles de 36 m, principalmente *S. saman*, *G. ulmifolia* y *C. arborescens*, evidenciando que SAF de cacao contiene especies de árboles de altura similar a las que se encuentran en las selvas tropicales. Somarriba *et al.* (2003) reportaron hasta 30 m para el dosel superior de SAF de cacao en Talamanca, C. R Somarriba *et al.* (1996) en Panamá y FHIA (2007) reportaron alturas medias de 17 y 13 m, respectivamente, que son superiores a los registrados en nuestro estudio, probablemente debido a las especies maderables registradas no se podaron.



**Figura 4. Distribución de árboles por altura (m) en SAF de cacao en Cárdenas, Tabasco, México.**

**Figure 4. Trees distribution by height (m) in cocoa AFS in Cárdenas, Tabasco, Mexico.**

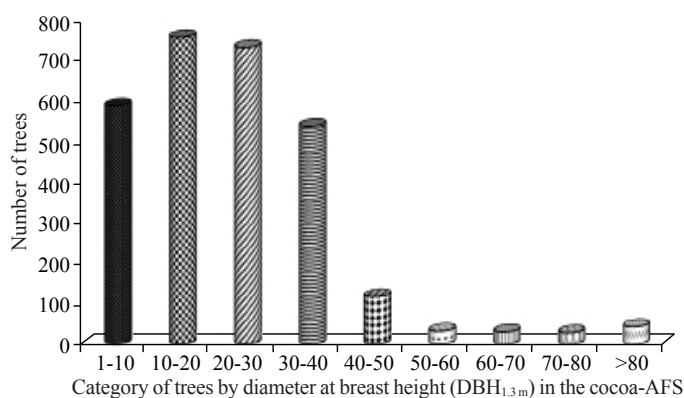
### Clasificación de árboles por diámetro a altura de pecho (DBH<sub>1.3 m</sub>)

Los valores de DAP variaron de 1 a 146 cm, con una media de 23 cm. De los 2 856 árboles registrados, el 91% tuvo una DAP de 1 a 40 cm y entre estos, el 53% tuvo de 10 a 30 cm

reported some trees of 36 m, mainly of the species *S. saman*, *G. ulmifolia* and *C. arborescens*, evidencing that cocoa AFS contains tree species of similar height to those found in the tropical rainforests. Somarriba *et al.* (2003) reported up to 30 m for the upper canopy of cocoa AFS in Talamanca, C. R. Somarriba *et al.* (1996) in Panama and the FHIA (2007) reported average heights of 17 and 13 m, respectively, which are higher than those recorded in our study, probably because the timber species recorded are not pruned.

### Classification of trees by diameter at breast height (DBH<sub>1.3 m</sub>)

DBH values varied from 1 to 146 cm, with a mean of 23 cm. Of the 2 856 trees registered, 91% had a DBH of 1 to 40 cm and among these, 53% had 10 to 30 cm DBH (Figure 5). Orozco and Somarriba (2005) stated that in Bolivia 45% of the trees in cocoa AFS had DBH of 10 to 20 cm, while Ramírez-Meneses *et al.* (2013) reported a maximum DBH of 137 cm for some species in Cárdenas, Tabasco. Somarriba *et al.* (1996) in Panamá and FHIA (2007) in Honduras reported average DBH of 25 and 28 cm, respectively. Both authors reported larger DBH than those found in our study, probably because they averaged only three timber species, while we averaged all the timber species found in the cocoa AFS.



**Figura 5. Categorías de árboles por diámetro a la altura de pecho (DAP<sub>1.3 m</sub>) en SAF de cacao en Cárdenas, Tabasco, México.**

**Figure 5. Categories of trees by diameter at breast height (DBH<sub>1.3 m</sub>) of the cocoa AFS in Cárdenas, Tabasco, Mexico.**

### Potential use of trees in function of diameter at breast height (DBH<sub>1.3 m</sub>)

According to the DBH, the main timber uses of the registered trees were narrow and thick boards, 39 and 27.4%, respectively, and 6.9% of the trees were recorded without



DAP (Figura 5). Orozco y Somarriba (2005) mencionan que en Bolivia el 45% de los árboles en SAF de cacao tienen DAP de 10 a 20 cm, mientras que Ramírez - Meneses *et al.* (2013) reportan un DAP máxima de 137 cm para algunas especies en Cardenas, Tabasco. Somarriba *et al.* (1996) en Panamá y FHIA (2007) en Honduras reportaron DAP promedio de 25 y 28 cm, respectivamente. Ambos autores reportaron DAP mayores que los encontrados en nuestro estudio, probablemente debido a que ellos promediaron sólo tres especies maderables, mientras que en el presente estudio se promediaron todas las especies maderables que se encuentran en los SAF de cacao.

### Uso potencial de los árboles en función del diámetro a la altura de pecho (DAP<sub>1.3m</sub>)

De acuerdo con el DAP, los principales usos maderables de los árboles registrados fueron tablón delgado y tablón grueso, 39 y 27.4%, respectivamente, y el 6.9% de los árboles se registraron sin uso (Figura 6) porque eran especies de reforestación establecidos en áreas sin sombra. El uso varía según la especie, la edad, la diversidad y la cultura, entre otros factores Somarriba *et al.* (2003), en Talamanca, Costa Rica, registro que 34% de los árboles tiene uso para tablón grueso, y Orozco y Somarriba (2005) en Bolivia informó de 15% con este uso.

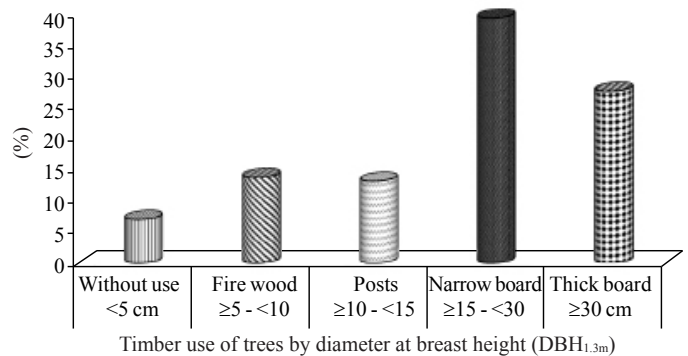
## Conclusiones

En los SAF de cacao de Cárdenas, Tabasco, se presenta una amplia diversidad de especies de árboles importantes para la conservación de la biodiversidad. La especie más común utilizada como sombra fueron *E. americana*, *C. odorata*, *G. sepium*, *C. arborescens* y *D. robinoides*. Además, debido a la gran cantidad de especies encontradas en los SAF de cacao, hay un volumen maderable que puede ser sustentable en diferentes maneras. Las especies con el mayor volumen maderable fueron *E. poeppigiana*, *E. americana*, *C. odorata*, *S. saman* y *G. sepium*. El principal uso de los árboles en función de su diámetro a altura de pecho (DAP<sub>1.3m</sub>) son tablón delgado y grueso.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a LPI-2 y LPI-8 del Colegio de Posgraduados, por el apoyo recibido para llevar a cabo este estudio.

any use (Figure 6) because they were reforestation species established in areas without shade. Use varies with species, age, diversity and culture, among other factors. Somarriba *et al.* (2003), in Talamanca, Costa Rica, registered 34% of the trees with use for thick boards, and Orozco and Somarriba (2005) in Bolivia reported 15% with this use.



**Figura 6. Uso potencial maderable por diámetro a la altura de pecho (DAP<sub>1.3m</sub>) de árboles de los SAF de cacao en Cárdenas, Tabasco, México.**

**Figure 6. Potential timber use by diameter at breast height (DBH<sub>1.3m</sub>) of trees from the cocoa AFS in Cárdenas, Tabasco, Mexico.**

## Conclusions

In cocoa AFS in Cárdenas, Tabasco, is present a wide diversity of tree species important for conservation of biodiversity. The most common species used as shade trees were *E. americana*, *C. odorata*, *G. sepium*, *C. arborescens* and *D. robinoides*. Moreover, because of the large quantity of tree species found in cocoa AFS, there is a timber volume that can be used sustainably in different ways. The species with the largest timber volumes were *E. poeppigiana*, *E. americana*, *C. odorata*, *S. saman* and *G. sepium*. The principal uses of the trees in function of their diameter at breast height (DBH<sub>1.3m</sub>) were narrow boards and thick boards.

*End of the English version*



## Acknowledgements

The authors are grateful to LPI-2 and LPI-8 of the Colegio de Posgraduados, for the support received to conduct this research.



## Literatura citada

- Alvim, R. and Nair, P.K.R. 1986. Combination of cocoa with other plantation crops. *Agroforestry Systems*. 4:3-15.
- CNA-SMN-SCDI, 2012. Climatología y Estadísticas. Disponible en [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75). Consultado: 21/07/2013.
- 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.
- Córdova, A.V.; Sánchez, H. M.; Estrella, C.N.G.; Macías, L. A.; Sandoval, C.E. y Martínez, S.T. 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.
- Dauber, E. 1997. Propuesta para la elaboración de tablas volumétricas y/o factores de forma. BOLFOR. USAID, Santa, Cruz, Bolivia. 511-0621.
- Do, O.K.E. and Odebiyi, K.A. 2007. Traditional cocoa-based agroforestry and forest species conservation in Ondo State, Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 122:5-11.
- FAO. 2004. Inventario forestal nacional. Manual de campo modelo. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. Guatemala.
- FHIA. 2007. Uso de especies maderables tropicales latifoliadas como sombra del cacao. Hoja técnica, programa de cacao y agroforestería.
- García, L.J.L. 1983. Los árboles utilizados como sombra de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Comalcalco, Tabasco. Universidad Autónoma Chapingo México.
- González, L.V.W. 2005. Cacao en México: competitividad y medio ambiente con alianzas. USAID.
- 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.
- Mora, F. y Hernández, W. 2007. Estimación del volumen comercial por producto para rodales de teca en el pacífico de Costa Rica.
- 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.
- Parrish, J.; Reitsma, R.; Greenberg, R.; McLaren, Y. 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.
- 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.
- Ramírez-Meneses, A.; García-López, E.; Obrador-Olán J.J.; Ruiz-Rosado, O. y Camacho-Chiu, W. 2013. Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*. 29(3):215-230.
- 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 Brasilia.
- 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. 2011. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. 2011. Revisado: 07 noviembre 2011. En: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=184](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=184).
- 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, C.E. y Domínguez, L. 1994. Maderables como alternativa para la substitución de sombra en cacaotales establecidos -manejo y crecimiento. Informe técnico/ CATIE. No. 240.
- 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.
- Somarriba, E.; Trivelato, M.; Villalobos, M., Suárez, A.; Benavides, P. y Moran, K. 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.
- 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.
- 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.