

---

# DIVERSIDAD ARBÓREA EN CACAOTALES DEL SOCONUSCO, CHIAPAS, MÉXICO

---

Marisela G. Salgado-Mora, Guillermo Ibarra-Núñez, Jorge E. Macías-Sámamo  
y Orlando López-Báez

## RESUMEN

Se estudiaron 80 parcelas productoras de cacao en cuatro áreas de la región del Soconusco, Chiapas, México, con el objetivo de conocer la diversidad arbórea. Se utilizaron los índices de diversidad de Shannon y de Simpson, y de similitud de Sørensen y de Morisita-Horn. Se establecieron 80 sitios de muestreo de 30x30m cada uno en donde se registró densidad, riqueza y diámetro a la altura del pecho. Se encontraron 47 especies agrupadas en 23 familias. Tapachula presentó diferencias significativas con los demás sitios al aplicar la prueba t de student a los valores del índice de

Shannon entre pares de sitios; las otras tres áreas no mostraron diferencias estadísticas significativas y los índices de similitud mostraron diferencias entre pares de sitios. La composición florística en los cacaotales estudiados es similar entre los diferentes municipios, como lo muestran las reducidas diferencias entre los valores del índice de Sørensen. Las especies de sombra más frecuentemente encontradas fueron *Mangifera indica* y *Pouteria sapota*. Este estudio determina la existencia de solo un tipo de sistema agroforestal para los cacaotales del Soconusco.

## TREE DIVERSITY IN CACAO PLANTATIONS IN THE SOCONUSCO AREA, CHIAPAS, MEXICO

Marisela G. Salgado-Mora, Guillermo Ibarra-Núñez, Jorge E. Macías-Sámamo and Orlando López-Báez

## SUMMARY

Eighty parcels producing cacao in four areas at the Soconusco region, Chiapas, Mexico, were studied in order to analyze the arboreal diversity. The diversity indexes of Shannon and Simpson, and the similarity indexes of Sørensen and Morisita-Horn were applied. Eighty sample sites, 30x30m each, were established and density, riches, and diameter at breast height were measured. Forty seven species grouped in 23 families were found. Shannon's diversity index showed significant differences when analyzed by

site pairs at the Tapachula site, while the other three areas did not show significant statistical differences between pairs of sites. The floristic composition in the cacao plantations studied is similar among the different municipalities, as shown by the absence of statistical differences in the Sørensen index. The most frequent shadow species found were *Mangifera indica* and *Pouteria sapota*. This study found only one type of agro-forestry system at the cacao sites in the Soconusco region.

## Introducción

El cacao es un producto agrícola que se cultiva en áreas tropicales de África, Centro y Sudamérica (Alpizar *et al.*, 1986; Phillips-Mora, 1993; Sonwa, 2004). Cerca del 70% del cacao en el mundo se cultiva en asociación con árboles de sombra y/o con cultivos anuales y perennes (Herzog, 1994; Duguma *et al.*, 2001). Sin embargo, la mayoría de los paisajes tropicales han sido deforestados y convertidos a la agricultura, y ahora consisten en mosaicos de

parques forestales intercalados con pasturas, campos agrícolas y áreas de vivienda.

La transformación del paisaje tropical original como resultado de la agricultura intensiva ha hecho que los sistemas agroforestales dominados por componentes leñosos adquieran importancia en la conservación del medio. Por ello las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*) establecidas bajo árboles de sombra pueden ser un espacio para la conservación de la biodiversidad. La condición de especie umbrófila del cacao

puede resultar una herramienta útil para la conservación y manejo de la biodiversidad en sitios donde el hábitat natural ha sido perturbado (Parrish *et al.*, 1999).

La sombra desempeña un papel importante en las plantaciones de cacao y su manejo y efectos en el agroecosistema varían de acuerdo con las especies y genotipos usados, así como con las características del ambiente. En lugares donde la época de seca es muy corta o casi no existe, el cultivo puede prescindir de

la sombra; por el contrario, cuando el período se amplía la sombra juega un papel importante como amortiguador de las condiciones climáticas adversas para el cacao (Beer *et al.*, 1998).

A nivel mundial, las plantas que brindan sombra al cacao dependen de la región. En Nigeria, por ejemplo, se asocia el cacao con *Cola nitida* (Sterculiaceae), planta que se considera una especie industrial (Fanaye *et al.*, 2003). En el este de Ghana las especies más comúnmente asociadas al

---

## PALABRAS CLAVE / Árboles de Sombra / Biodiversidad / *Theobroma cacao* /

Recibido: 09/04/2007. Modificado: 25/09/2007. Aceptado: 02/10/2007.

**Marisela G. Salgado-Mora.** Bióloga y Maestra en Agricultura Tropical, Universidad Autónoma Metropolitana, México. Estudiante de Posgrado, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México. Dirección: Carretera Antiguo Aeropuerto

Km. 2.5 C.P. 30700 Tapachula, Chiapas, México. e-mail: msalgadomora@hotmail.com

**Guillermo Ibarra Núñez.** Biólogo, Universidad Nacional Autónoma de México. Doctor en Ciencias, Université de Paris XIII, Francia. Investigador,

ECOSUR, México. e-mail: gibarra@ecosur.mx

**Jorge E. Macías-Sámamo.** Biólogo, Instituto Politécnico Nacional, México. Ph.D., Simon Fraser, University, Canadá. Investigador, ECOSUR, México. e-mail: jmacias@ecosur.mx

**Orlando López-Báez.** Doctor en Ciencias en Mejoramiento genético y biotecnología de plantas, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, Francia. Profesor, Universidad Autónoma de Chiapas, México. e-mail: olopez@unach.mx

RESUMO

Este projeto tem por objetivo avaliar a diversidade florestal, por meio do uso dos índices de diversidade de Shannon, Simpson, e da similaridade de Sørensen e de Morisita-Chifre. Foram estudadas 80 parcelas na região de Soconusco, em Chiapas, México, onde 80 locais de amostragem medindo 30 x 30m foram estabelecidas para registro das seguintes variáveis: densidade, riqueza e diâmetro à altura do peito. Foram encontradas 47 espécies representando 23 famílias. O índice da diversidade de Shannon mostrou diferenças significativas ao se analisar por pares dos locais, estas incluíram a municipalidade de Tapachula. As outras três associações não mostraram diferenças estatísticas significativas, mas os índices da similaridade mostraram diferenças entre pares dos locais. A composição da flores nas plantações de cacau estudadas foi similar entre as municipalidades, uma vez que não foram encontradas diferenças estatísticas. Entretanto, as espécies mais frequentemente encontradas da máscara foram *Mangifera indica* e *Pouteria sapota*. Este estudo determina a única existência de um tipo de sistema agro-florestais para as plantações de cacau da região de Soconusco.

Este projeto tem por objetivo avaliar a diversidade florestal, por meio do uso dos índices de diversidade de Shannon, Simpson, e da similaridade de Sørensen e de Morisita-Chifre. Foram estudadas 80 parcelas na região de Soconusco, em Chiapas, México, onde 80 locais de amostragem medindo 30 x 30m foram estabelecidas para registro das seguintes variáveis: densidade, riqueza e diâmetro à altura do peito. Foram encontradas 47 espécies representando 23 famílias. O índice da diversidade de Shannon mostrou diferenças significativas ao se analisar por pares dos locais, estas incluíram a municipalidade de Tapachula. As outras três associações não mostraram diferenças estatísticas significativas, mas os índices da similaridade mostraram diferenças entre pares dos locais. A composição da flores nas plantações de cacau estudadas foi similar entre as municipalidades, uma vez que não foram encontradas diferenças estatísticas. Entretanto, as espécies mais frequentemente encontradas da máscara foram *Mangifera indica* e *Pouteria sapota*. Este estudo determina a única existência de um tipo de sistema agro-florestais para as plantações de cacau da região de Soconusco.

cacao son *Rauvolfia vomitoria* (Apocynaceae), *Milicia excelsa* (Moraceae) y *Sterculia traqacantha* (Sterculiaceae; Osei-Bonsu *et al.*, 2002), además de especies frutales como *Citrus sinensis* (Rutaceae), *Persea americana* (Laureaceae), *Mangifera indica* (Anacardiaceae) y *Elaeis guinensis* (Arecaceae), mientras que en Costa Rica las principales especies de sombra son *Bactris gasipaes* (Arecaceae), *Cordia alliodora* (Boraginaceae), *Nephelium lappaceum* (Sapindaceae), *Cedrela odorata* (Meliaceae), *Calophyllum brasiliense* (Guttiferae), *Terminalia amazonia* (Combretaceae) y *Erythrina poeppigiana* (Fabaceae; Sua-tunce *et al.*, 2003). En Brasil se emplean especies nativas, sobre todo en el sur de Bahía, tales como *Bombax macrophyllum* (Bombacaceae), *Caryocarp edule* (Caryocaceae), *Lecythis pisonis* (Lecythidaceae), *Manilkara elata* (Sapotaceae), *Pithecolobium pedicellare* (Fabaceae), *Manilkara coreaceae* (Sapotaceae) y *Spondias lutea* (Anacardiaceae), entre otros (Cabala-Rosand *et al.*, 1985).

Para la región del Soconusco, México, existían (López-Báez *et al.*, 1988) tres tipos de sombra para cacao: sombra específica, sombra de frutales y sombra de restos de selva. La sombra específica está principalmente compuesta de *Inga micheliana* (Fabaceae), *Inga laurina* (Fabaceae), *Gliricidia sepium* (Fabaceae), *Tabebuia donnell-smithii* (Bignoniaceae) y *Samanea saman* (Fabaceae); la sombra de frutales incluye

*Persea americana* (Lauraceae), *Mangifera indica* (Anacardiaceae), *Pouteria sapota* (Sapotaceae), *Cocus nucifera* (Palmae) y *Musa sp.* (Musaceae); y en la sombra de restos de selva sobresalen *Terminalia amazonia* (Combretaceae), *Aspidosperma megalocarpum*, (Apocynaceae), *Bursera simaruba* (Burseraceae) y *Platymiscium dimorphandrum* (Fabaceae).

El diseño y manejo de los árboles de sombra del cacao determina en gran medida el valor que para la conservación tiene el cacaotal, su diversidad funcional y su potencial de provisión de bienes y servicios (Smithsonian, 1998). Los cacaotales mantienen una amplia diversidad de aves, murciélagos, mamíferos no voladores e invertebrados (especialmente hormigas) similar a la de los bosques naturales y superior a las de otros hábitat agrícolas de uso más intensivos (Young, 1994; Rice y Greenberg, 2000; Ibarra y Estrada, 2001).

En México el cacao es cultivado principalmente en asociación con frutales, leguminosas y plantas maderables (López-Báez *et al.*, 1988). Los cultivos de cacao representan un sistema complejo que puede funcionar como corredor biológico, como proveedor de servicios ambientales, de captura de carbono y conservación de agua (Reitsma *et al.*, 2001). 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 (Alpizar *et al.*, 1986; Alvim y Nair, 1986; Beer, 1987; Fassbender *et al.*, 1988; Imbach *et al.*, 1989).

En agroecosistemas con cacao, los estudios que hacen referencia a la diversidad arbórea de la sombra son escasos, ya que la mayoría de los estudios se centran en la descripción agronómica de los sistemas de producción

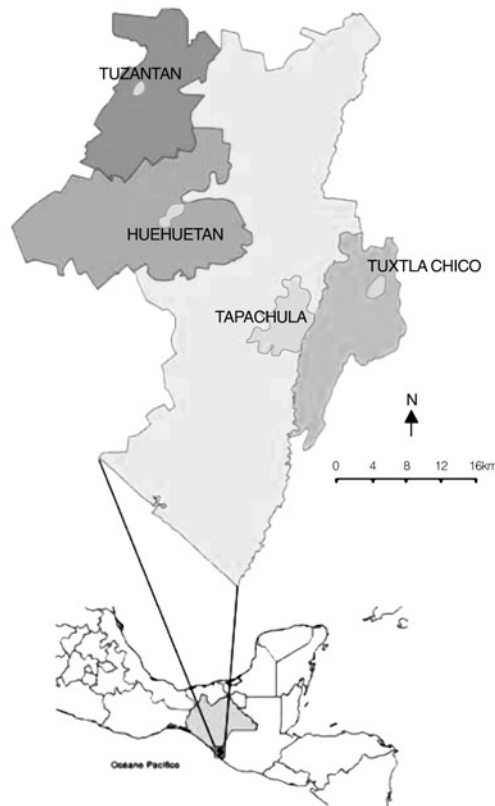


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo.

y algunos a la diversidad de animales (Parrish *et al.*, 1999). El objetivo de este trabajo es analizar y discutir la composición, estructura, diversidad y el uso de los árboles de sombra de cacaotales, en el Soconusco, Chiapas, una zona con tradición en este cultivo.

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en cuatro áreas del sur de Chiapas, en los municipios de Tuzantán, Huehuetán, Tapachula y Tuxtla Chico (Figura 1), los cuales fueron escogidos por sumar la mayor área sembrada de cacao y el mayor número de productores de la región. Estos municipios están ubicados entre 14°33' y 15°30'N, y entre 92°08' y 93°13'O. El clima predominante en el área de influencia de estos municipios es de  $Aw_2(w)Ig$  correspondiendo al más húmedo de los cálidos sub-húmedos tropicales con lluvias en verano (García, 1973). La temperatura media anual es de 26,8; la máxima de 36,4 y la mínima de 20°C (CNA, 1988). El tipo de suelo es andosol y fluvisol (López-Báez *et al.*, 1988). El porcentaje de lluvias invernales es <5% del total anual y las oscilaciones isotermales son <5°C, presentándose los meses más calurosos antes de julio. La vegetación natural de la zona se clasifica como una selva me-

diana perennifolia (Rzedowski, 1985; Miranda, 1998).

## Métodos

### Muestreo

En cada municipio se seleccionaron 20 parcelas de 30x30m, para un total de 80 parcelas. En cada parcela se determinó la composición florística de los árboles de sombra por medio de un censo de los individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) >10cm, registrando el nombre común. Se estimó la densidad (número de individuos en el área muestreada) y la frecuencia relativa expresada en porcentaje (unidades de muestreo en que está presente la especie dividida entre el número total de unidades de muestreo). Se estimó la cobertura vegetal con un densitómetro cóncavo (Braun-Blanquet, 1979; Stiling, 1999). Los árboles registrados fueron agrupados en categorías por el principal uso alternativo que se hace de ellos en la región, siendo agrupadas las especies en maderables, frutales y leguminosas mejoradoras del suelo.

Dado que las especies más frecuentes fueron especies frutícolas ampliamente conocidas, no fueron identificadas en herbario. Las demás especies se identificaron según Pennington y Sarukhan (2005).

### Análisis de diversidad

En este estudio se analiza la diversidad alfa, por medio de los índices  $H'$  de Shannon y  $D$  de Simpson (Magurran, 1988), utilizando para el primero la fórmula

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

donde  $p_i$ :  $n_i/n$ ,  $n_i$ : número de individuos de la  $i$ -ésima especie,  $n$ : número total de individuos de todas las especies de la comunidad de estudio, y para el segundo.

$$D = \sum p_i^2$$

donde  $p_i$ : proporción de individuos de cada especie con respecto al total.

La similitud entre los sitios de muestreo se determinó mediante el método de Sørensen cualitativo y el de Morisita-Horn (Magurran, 1988). El primero está basado en la relación presencia-ausencia entre el número de especies compartidas o no, en cada sistema y el número total de especies de los dos sitios en comparación (Stiling, 1999), mientras que el segundo considera los valores

de abundancia de las especies, compartidas o no, entre los dos sitios en comparación.

Los datos obtenidos se analizaron por medio del programa EstimateS 6.1 (Colwell, 2000) y se realizó una prueba  $t$  de Hutchenson con corrección de Bonferoni (Zar, 1999) al 0,008%, para las comparaciones entre pares de valores de Shannon y un análisis de varianza.

## Resultados

Se registró un total de 790 árboles, representando a 23 familias, 38 géneros y 47 especies (Tabla I) en un área total de 7,2 ha. La familia Fabaceae fue el grupo con mayor diversidad, con 9 géneros y 6 especies, seguido por Bignoniaceae y Moraceae con 3 especies cada una. La densidad promedio

LISTADO DE ESPECIES ARBÓREAS ENCONTRADAS EN LOS SITIOS DE MUESTREO

Familia	Especies	Nombre Común	Uso	Frecuencia relativa (%)
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	F	10
	<i>Spondias mombim</i> L.	Jobo	F	0,47
Anonaceae	<i>Annona diversifolia</i> Saff.	Papause	F	0,95
	<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	F	1,66
Apocynaceae	<i>Aspidosperma megalocarpum</i> Müll.Arg.	Chiche	M	2,61
	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> (Rose) Woodson	Chapón		0,23
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i> L.	Jicara	A	0,23
	<i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose	Primavera	M	4,28
	<i>Tabebuia pentaphylla</i> (L.) Hemsl.	Roble	M	3,33
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Achiote	F	0,23
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba		0,23
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Zapotón		0,23
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Laurel	M	5,95
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Mulato		0,71
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> (L.)	Papaya	F	0,23
Combretaceae	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	Guayabo volador		2,61
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Cuauote	M	1,19
	<i>Theobroma bicolor</i> H. et B.	Pataste	F	2,14
	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	Yaite	L	5,00
	<i>Acacia</i> sp.	Ischcanal	A	0,23
	<i>Diphysa robinoides</i> Benth.	Guachipilin	L	0,95
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Guanacastle	M	0,23
	<i>Inga micheliana</i> Harms.	Chalum	L	9,28
	<i>Inga jinicuil</i> G. Don	Jinicuil	L y F	1,42
	<i>Lonchocarpus</i> sp.	Chaperno		1,19
	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Samán	L	1,19
	<i>Tamarindus indicus</i> L.	Tamarindo	F	0,23
	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad.	Bambu	A	0,47
	Gramínea	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Marillo	M
Gutiferae	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	F	6,20
Lauraceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> HBK.	Nance	F	0,95
Malpigiaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	M	2,38
Meliaceae	<i>Psidium guajava</i> Nied.	Guayaba	F	1,19
Myrtaceae	<i>Artocarpus communis</i> Forst.	Pan de palo	F	0,47
Moraceae	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Guarumo		1,66
	<i>Ficus</i> sp.	Hule		0,71
	<i>Cocos nucifera</i> L.	Coco	F	3,57
Palmae	<i>Citrus sinensis</i> L.	Naranja	F	7,14
	<i>Citrus nobilis</i> Lour.	Mandarina	F	1,66
Rutaceae	<i>Cupania dentata</i> Moc. & Sessé	Cola de pava		1,19
Sapindaceae	<i>Chrysophyllum caimito</i> L.	Caimito	F	0,23
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i> L.	Mamey	F	9,28
Camarón				0,23
Manacá				0,47
Plumajillo				0,23
Tememixtle				0,23
Zopilote blanco				0,71

F. frutal, L. leguminosa mejoradora del suelo, A. artesanal, M. maderable. Las especies a las que no se les anota una categoría de uso, no tienen un uso específico. La de artesanal, sin uso conocido, directo.

total fue de 109 árboles de sombra por ha.

#### Abundancia y riqueza de especies

El municipio de Tuxtla Chico resultó el más abundante en árboles de sombra (Tabla II), seguido de Huehuetán, mientras que el menos abundante fue Tuzantán. Para la riqueza de especies, de igual manera Tuxtla Chico presentó el mayor valor, con 37 especies, seguido de Tuzantán con 31, el valor más bajo lo presentó Tapachula con solo 22 especies del total de 47 encontradas en el área de muestreo.

En cuanto a la diversidad por municipio medida por medio de los índices de diversidad de Shannon, tras analizar con una prueba t de Hutchen-son por pares de municipios se encontraron valores significativos para Tuzantán-Tapachula ( $P=0,0007$ ), para Huehuetán-Tapachula ( $P=0,0007$ ) y para Tuxtla Chico-Tapachula ( $P=0,0000304$ ); las tres comparaciones restantes resultaron no significativas. En el índice de Simpson (Tabla II) Tapachula presentó el mayor valor, mientras que el menor lo presenta Tuzantán.

Respecto a la similitud entre pares de municipios (Tabla III) el índice cualitativo de Sørensen muestra que Tuzantán-Huehuetán son los más parecidos en composición de especies, seguidos por Tuzantán-Tapachula y Huehuetán-Tapachula. Por su parte, el índice de Morisita-Horn expresa que los municipios que tienen una estructura (composición y abundancia relativa combinadas) más parecida son Tuxtla Chico-Tapachula con un 88% de similitud, seguidos de Tuzantán-Huehuetán, mientras que Tuzantán y Tuxtla Chico son los municipios con una estructura menos similar (58%). Los valores de cobertura arbórea (Tabla IV) no muestran diferencias estadísticas significativas entre los municipios ( $P=0,446$ ).

Considerando el uso alternativo de especies de sombra

(Tabla V), éstas se agrupan en frutales, leguminosas usadas como mejoradoras del suelo, maderables y otras. Las especies de frutales más abundantes fueron *M. indica* y *P. sapota*; Tuxtla Chico, Tapachula y Huehuetán fueron los sitios de más alta abundancia en esa categoría de uso. El grupo de las leguminosas mejoradoras del suelo está representado principalmente por *G. sepium*, *I. micheliana*, especies que por tradición se han asociado al cacao en esta zona. El tercer grupo, formado por las especies de uso maderable, estuvieron representadas principalmente por *C. alliodora* y *T. donnell-smithii*.

La Tabla VI muestra los resultados de un análisis de varianza de las cobertura, abundancia promedio de cada uno de los grupos de uso y del total de árboles de sombra.

#### Discusión

La composición florística del sistema estudiado presentó especies típicas de los agroecosistemas donde se cultiva el cacao en esta región, además de especies comunes de la selva alta perennifolia, como *T. amazonia* y *C. pentandra*, (Miranda, 1998; Pennington y Sarukhán, 2005). Se registraron además especies representativas de vegetación secundaria, como *C. obtusifolia*, *C. dentata* y *G. ulmifolia*. Los resultados obtenidos respecto a la composición florística y grupos de utilidad son similares a los encontrados en otras regiones del mundo donde se cultiva cacao (Meléndez, 1993; Parrish *et al.*, 1999; Sonwa, 2004). Así, estas especies denotan una amplia distribución en regiones tropicales además de brindar algunos beneficios al árbol de cacao.

El municipio de Tuxtla Chico tuvo la mayor abundancia y riqueza de árboles de sombra, siendo además el que conserva el mayor número de especies de la vegetación original. Quizá esto pueda deberse a que este municipio conserva algunos aspectos de sus formas tradicionales, pues

TABLA II  
ABUNDANCIA PROMEDIO, RIQUEZA DE ESPECIES  
E ÍNDICES DE DIVERSIDAD POR MUNICIPIOS

Municipio	Abundancia promedio (desv. est.)	Riqueza de especies	Índices de diversidad	
			Shannon	Simpson
Tuzantán	9,00 (1,91)	31	2,74	10,98
Huehuetán	10,35 (2,62)	30	2,92	12,76
Tapachula	9,55 (3,53)	22	2,99	13,43
Tuxtla Chico	11,15 (4,98)	37	2,97	13,23

TABLA III  
SIMILITUD POR PARES DE MUNICIPIOS

Sitios	Sørensen cualitativo	Morisita-Horn
Tuzantán-Huehuetán	76	82
Tuzantán-Tuxtla Chico	68	58
Tuzantán-Tapachula	70	63
Huehuetán-Tuxtla Chico	65	59
Huehuetán-Tapachula	70	75
Tuxtla Chico-Tapachula	65	88

TABLA IV  
COBERTURA ARBÓREA Y DENSIDAD ARBÓREA  
POR MUNICIPIO

	Tuzantán	Huehuetán	Tapachula	Tuxtla Chico
Cobertura (%)	89,5	88,2	88,9	89,2
Densidad (árboles de sombra/ha)	9,72	11,38	10,5	12,22

es uno de los municipios con más antigüedad en el cultivo del cacao. Por el contrario, Tapachula fue el municipio con la menor riqueza de árboles de sombra, a la vez que es el que conserva el menor número de especies de la vegetación original.

En términos de diversidad los resultados de los índices de Shannon presentaron diferencias estadísticas significativas siempre que se compararon entre pares de sitios que incluyeran al municipio de Tapachula, que fue el que obtuvo los mayores valores de diversidad (Shannon), indicando una estructura con mayor equitatividad (relación entre riqueza y abundancia relativa de cada especie). La mayor parte de las especies usadas como sombra son frutales, similar a lo que sucede en otras regiones del mundo donde se cultiva cacao, ya que los bajos precios de este último ejercen una fuerte presión

para asociarlo con sombra económicamente rentable. La cobertura arbórea es similar en todos los sitios de muestreo, en donde alcanza >80% de cobertura, indicativo de una uniformidad en cuanto al manejo de la densidad de la sombra. En los cacaotales estudiados existe poco manejo referente a las podas, ya sea sanitarias o de formación, lo que quizá sea un indicador de la poca atención respecto del manejo de las plantaciones.

La densidad de árboles de sombra por ha es similar en los sitios estudiados, 10 árboles en promedio, excepto en Tuxtla Chico con 12, lo que coincide con lo reportado por Padi y Owusu (2003) para Ghana. Estos autores recomiendan densidades de 10 a 15 árboles por ha. Sin embargo, en África la tendencia es hacia la tecnificación y al incremento de la densidad (Sonwa, 2004), mientras que los cacaotales estudiados en

TABLA V  
ABUNDANCIA DE ESPECIES POR CATEGORÍAS DE USO, POR MUNICIPIO

Especies	Tuzantán	Huehuetán	Tapachula	Tuxtla Chico	Total
<b>Frutales</b>					
<i>Mangifera indica</i>	27	50	26	9	112
<i>Pouteria sapota</i>	9	17	42	44	112
<i>Citrus sinensis</i>	28	16	6	7	57
<i>Persea americana</i>	7	8	17	16	48
<i>Cocus nucifera</i>	4	4	11	13	32
<b>Mejoradora del suelo</b>					
<i>Inga micheliana</i>	29	17	21	16	83
<i>Gliricidia sepium</i>	1	18	12	10	41
<b>Maderables</b>					
<i>Cordia alliodora</i>	11	10	16	26	63
<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	10	9	5	12	36
<i>Tabebuia pentaphylla</i>	2	4	11	2	19
<i>Aspidosperma megalocarpum</i>	1	3	2	12	18
<i>C. brasiliense</i>	9	3	0	5	17
<i>Cedrela mexicana</i>	4	0	4	3	11

TABLA VI  
COMPARACIÓN DE MEDIAS DE LAS VARIABLES MEDIDAS  
EN LAS 80 PARCELAS ESTUDIADAS (P=0,005)

Variables	Tuzantán		Huehuetán		Tuxtla Chico		Tapachula	
	X	ds	X	ds	X	ds	X	ds
Abundancia (n)	9,00	1,91	10,35	2,62	11,15	4,98	9,55	3,53
Cobertura (%)	89,45	2,31	88,24	2,47	89,15	2,70	88,86	2,20
Frutales (n)	4,00	3,04	5,80	3,15	5,15	4,73	5,45	2,72
Maderables (n)	1,90	1,48	1,70	1,83	3,10	2,78	1,95	1,31
Leguminosas (n)	2,00	2,31	1,90	1,83	1,30	1,62	1,70	1,94
Otros (n)	1,10	1,25	0,90	2,07	1,60	1,60	0,45	0,82

X: media; ds: desviación estándar. No hay diferencias estadísticas (P<0,05) entre las medias de cada una de las variables.

este trabajo son sistemas tradicionales, con énfasis en la diversificación de la sombra.

En términos utilitarios, las categorías dominantes fueron frutales y maderables. Esto es parecido a lo que sucede en otras regiones del mundo donde se cultiva cacao y también se busca asociarlo con sombra económicamente rentable. Las especies más utilizadas son frutales tales como *P. sapota* y *M. indica*, aunque existen otras especies con las cuales se asocia. La presencia de estos componentes es un factor importante en la economía que brinda al productor de cacao, una alternativa de ingreso adicional debido a la fácil comercialización de estos frutales en esta región, además de presentar un porte que satisface las necesidades de sombra (Beer, 1987).

Las especies maderables más comunes en esta región son *C. alliodora* y *T. donnell-smithii*, lo que coincide con lo reportado por Beer (1998) para plantaciones de cacao en

Costa Rica. La presencia de especies maderables, además de contribuir como materiales útiles como combustible y construcción, provee finalmente diversidad botánica y en algunos casos puede brindar servicios adicionales como medicinales y de conservación del suelo.

Las leguminosas mejoradoras del suelo más comunes son *I. micheliana* y *G. sepium*, especies que tradicionalmente se asocian al cultivo del cacao en esta región. Estas especies tienen un efecto positivo en la producción al favorecer la disponibilidad de nitrógeno, mejorar la calidad de los suelos y por su aporte de hojarasca. Aunque no generan productos de utilidad económica directa al productor, los beneficios agroecológicos que estas especies prestan son conocidos y valorados por los productores, razón por la que se conservan en las plantaciones (Alpizar et al., 1986; Word y Lass, 1987; Phillips-Mora, 1993; Ayanlaja, 2000).

En la actualidad, los árboles de sombra en los sistemas de producción de cacao en esta región constituyen una mezcla de especies con tendencia hacia la dominancia de los frutales y ya no se observaron las sombras específicas como lo reportaron López-Baez y Huerta (1988).

### Conclusiones

Por su composición, estructura y diversidad, los sistemas de producción de cacao estudiados pueden ser considerados como favorables para apoyar la conservación de la diversidad, sirviendo como refugio de vida silvestre y/o ser usados en zonas de amortiguamiento de áreas naturales, mientras que los monocultivos presentan una menor biodiversidad.

Todas las parcelas estudiadas muestran una clara diversificación de las especies de árboles usadas como sombra, sin especialización en algún grupo utilitario. La mezcla

de especies de cada parcela refleja los intereses del productor, que busca diversificar su ingreso para no depender de un solo producto específico, resultando esto en una sombra mixta.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Javier Valle Mora por su ayuda en los análisis estadísticos y a Lorena Soto-Pinto por sus comentarios al manuscrito, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para los estudios de posgrado, al Colegio de la Frontera Sur por las facilidades otorgadas y al Sistema Institucional de Investigación de la Universidad Autónoma de Chiapas, México, por el financiamiento para la realización de esta investigación.

### REFERENCIAS

- Alpizar L, Fassbender HW, Heuvel-dop J, Fölster H, Enríquez G (1986) Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao* L.) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. I. Inventory of organic matter and nutrients. *Agrofor. Syst.* 4: 175-189.
- Alvim R, Nair PKR (1986) Combination of cocoa with other plantation crops. *Agrofor. Syst.* 4: 3-15.
- Ayanlaja SA (2000) The development of an alley cropping system: A viable agroforestry technology for sustained cocoa production in Nigeria. *Cocoa Grower's Bull* 52:9-20
- Beer JW (1987) Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agrofor. Syst.* 5: 3-13.
- Beer JW (1988) Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao* L.) plantations with shade trees. *Agrofor. Syst.* 7: 103-114.
- Beer JW, Muschler R, Kass D, Sommarriba E (1998) Shade management in coffee and cacao plantations. *Agrofor. Syst.* 4: 175-189.
- Braun-Blanquet J (1979) Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume. Barcelona, España. 820 pp.

- Cabala-Rosand P, Santana M, Cadima-Zevallos A (1985) Asociaciones entre cacao (*Theobroma cacao* L.) y árboles de sombra en el Sur de Bahía, Brasil. En Beer JW, Fassbender HW, Heuvelodop J (Eds.) *Avances en la investigación forestal*. CATIE. Costa Rica. pp. 271.
- CNA (1988) *Datos meteorológicos del Municipio de Tapachula, Chiapas*. Comisión Nacional del Agua. México. 100 pp.
- Colwell RK (2000) *EstimateS: Statistical Estimation of Species richness and shared species from samples*. Ver. 6. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Duguma B, Gockowski J, Bakala J (2001) Smallholder cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: Challenges and opportunities. *Agrofor. Syst.* 51: 177-188.
- Fanaye AO, Adeyemi EA, Olaiya AO (2003) Spacing experiments in cocoa/kola/citrus intercrop. *14<sup>th</sup> Int. Cocoa Res. Conf.* Accra, Ghana.
- Fassbender HW, Alpizar L, Heuvelodop J, Fölster H, Enríquez G (1988) Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao* L.) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. III. Cycles of organic matter and nutrients. *Agrofor. Syst.* 6: 49-62.
- García E (1973) Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México. 246 pp.
- Herzog F (1994) Multipurpose shade trees in coffee and cocoa plantations in Côte d'Ivoire. *Agrofor. Syst.* 27: 259-267.
- Ibarra MA, Estrada M (2001) Avifauna asociada a dos cacaotales tradicionales en la región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*. 17: 101-112.
- Imbach AC, Fassbender HW, Borel R, Beer JW, Bonnemann A (1989) Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao* L.) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. IV: Water balances, nutrient inputs and leaching. *Agrofor. Syst.* 8: 267-287.
- López-Báez O, Huerta G (1988) Manual del cacao. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. México. 96 pp.
- López-Báez O, Sandoval Gallardo A, Soto Rosiles J (1988) Sistemas de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región del Soconusco, Chiapas, México. Folleto de Investigación. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 73 pp.
- Magurran AE (1988) Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Princeton, NJ, EEUU. 179 pp.
- Meléndez ML (1993) Sombras temporales para cacao. In: Phillips-Mora W, 1993. Seminario regional "Sombras y cultivos asociados con cacao". CATIE. Costa Rica. 221 pp.
- Miranda F (1998) La vegetación de Chiapas. 3ª ed. Gobierno del Estado de Chiapas. México. 596 pp.
- Osei-Bonsu K, Opoku-Ameyaw K, Amoah FM, Oppong FK (2002) Cacao-coconut intercropping in Ghana: agronomic and economic perspectives. *Agrofor. Syst.* 55: 1-8
- Padi B, Owusu GK (2003). Towards an integrated pest management for sustainable cocoa production in Ghana. Paper from workshop held in Panama. Smithsonian Institution. Washington, D.C
- Parrish J, Reitsma R, Greenberg R, McLarney W, Mack R, Lynch J (1999) Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. *Agroforestería en las Américas*. Vol. 6 N° 22. 35 pp.
- Pennington TD, Sarukhán J (2005) *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. UNAM-Fondo de Cultura Económica. México. 523 pp.
- Phillips-Mora W (1993) *Seminario regional "Sombras y cultivos asociados con cacao"*. CATIE. Costa Rica. 221 pp.
- Reitsma R, JF Parrish, W McLarney (2001) The role of cacao plantations in maintaining forest avian diversity in Southeastern Costa Rica. *Agrofor. Syst.* 53: 185-193.
- Rice R, Greenberg R (2000) Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio* 29: 167-173.
- Rzedowski J (1985) *Vegetación de México*. 3ª ed. Limusa. México. 432 pp.
- Smithsonian (1998) *Proceedings of the International Conference on Sustainable Cocoa Growing*. Smithsonian Institution. Panamá City, Panama. [www.si.edu.smbcl/cacao.htm](http://www.si.edu.smbcl/cacao.htm)
- Sonwa DJ (2004) *Biomasa management and diversification within cocoa agroforest in the humid forest zone of Southern Cameroon*. Cuvillier. Göttingen, Alemania. 112 pp.
- Stiling PD (1999) *Ecology: theories and applications*. Prentice Hall. NJ, EEUU. 638 pp.
- Suatunce P, Somarriba E, Harvey C, Finegan B (2003) Composición florística y estructura de bosques y cacaotales en los territorios indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. Vol 10 N° 37-38. 23 pp.
- Word GAR, Lass RA (1987) *Cocoa. Tropical agriculture Series*. 4ª ed. Longman. New York, EEUU. 620 pp.
- Young AM (1994) *The chocolate tree: A natural history of cacao*. Smithsonian Institution Press: Washington, DC, EEUU. 254 pp.
- Zar JH (1999) *Biostatistical analysis*. 4ª ed. Prentice Hall. NJ, EEUU. 660 pp.