

---

## ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ARBÓREA DEL SISTEMA AGROFORESTAL DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS - MÉXICO

### Analysis of the Structure Arborea Agroforestry System Cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Soconusco, Chiapas - Mexico

HUGO A. ROA-ROMERO<sup>1</sup>, Ingeniero Agrónomo; MARISELA G. SALGADO-MORA<sup>2</sup>, Bióloga, Ph. D.; JAVIER ALVAREZ-HERRERA<sup>3</sup>, Ingeniero Agrícola, M.Sc.

<sup>1</sup>Grupo de Investigación Ecofisiología Vegetal. Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.

hugoalexander186@hotmail.com

<sup>2</sup>Conservación de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Chiapas, Huehuetán, México.

<sup>3</sup>Autor para correspondencia: Grupo de Investigaciones Agrícolas. Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sede Tunja.

Avnida Central del Norte Km 0. FACIAT - UPTC. Tunja, Colombia.

Telefax: 742 43 21. jgalvarezh@gmail.com.

Presentado 17 de mayo de 2008, aceptado junio 29 de 2009, correcciones julio 30 de 2009.

#### RESUMEN

Se determinó la abundancia, riqueza, importancia, equidad y diversidad de los árboles encontrados en sistemas agroforestales de cacao, del Soconusco, Chiapas, México. La presente investigación, se desarrolló en la región costera del Soconusco, ubicada al sur del estado de Chiapas; se muestrearon los municipios de Huehuetán, Tapachula y Tuxtla Chico, por ser los más representativos en área sembrada de cacao. En cada municipio, se establecieron al azar siete parcelas temporales de 50 x 50 m cada una, lo que suma en total 5,25 hectáreas, en las cuales se registraron variables como el diámetro a la altura del pecho (DAP: 1,3 m sobre el nivel del suelo), área basal, y sombrero en el cacaotal. Se encontraron 46 especies agrupadas en 21 familias, las especies con el mayor valor de importancia fueron *Mangifera indica* y *Pouteria sapota*, convirtiéndose en las especies de sombra más frecuentemente encontradas. La composición florística denotó una mayor similitud en los municipios de Tapachula y Huehuetán, como lo muestra el mayor porcentaje del índice de Jaccard y en lo que respecta a diversidad, el municipio de Tuxtla Chico presentó el mayor valor según el índice de Shannon. Este estudio determina la existencia de una cobertura definitiva de preferencia asociada a los árboles frutales.

**Palabras clave:** árboles de sombra, biodiversidad, composición florística, agroforestería.

## ABSTRACT

The abundance, wealth, size, fairness and diversity of trees found in cacao agroforestry systems was determined in Soconusco, Chiapas, Mexico. This research was conducted in the coastal region of Soconusco, located in the southern state of Chiapas. The municipalities of Huehuetán Tapachula and Tuxtla Chico were sampled, as the most representative in area planted with cocoa. In each municipality, were created at random seven parcels temporary 50 x 50 m each, which amount totalling 5.25 hectares, in which there were variables such as the diameter at breast height (DBH: 1.3 m above the soil), basal area, and grim in the cacaotal. We found 46 species grouped into 21 families, species with higher importance were *Mangifera indica* and *Pouteria sapota*, becoming species of shade most frequently encountered. The floral composition noted greater similarity in the municipalities of Tapachula and Huehuetán, as shown by the largest percentage index Jaccard and with regard to diversity, the town of Tuxtla Chico presenting the greatest value as the index Shannon. This study determined the existence of a definitive coverage preferably associated with fruit trees.

**Key words:** Shade trees, biodiversity, floristic composition, agroforestry.

## INTRODUCCIÓN

La situación por la que atraviesan los bosques y selvas del mundo es preocupante y difícil, debido a múltiples factores como, la tala inmoderada, el aumento de la frontera agrícola, la ganadería extensiva e irracional, los cambios climáticos que repercuten en el aumento del número de incendios forestales, inundaciones y el crecimiento de la población. Según FAO, 1999, se calcula que la tasa mundial de pérdida de bosques y selvas asciende a más de 16,1 millones de hectáreas por año de vegetación natural, de las cuales 15,2 millones se encuentran en zonas tropicales (Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández, 2003). Específicamente en México, hubo una pérdida anual de 678.000 ha de cobertura forestal de 1980 a 1990 y de 631.000 ha por año para 1990 a 2000 (FAO, 2002).

La agroforestería debe ser considerada como una serie de estrategias, que permitan un sistema de uso sostenible de la tierra (Krishnamurthy y Ávila, 1999), es por esto que el cultivo de cacao establecido bajo sombrío resulta una alternativa para contrarrestar estos graves efectos, dado que engloba aspectos naturales, sociales, productivos y ecológicos, imprescindibles para un equilibrio natural. Sin embargo, el conocimiento y documentación que se tiene en relación a la estructura arbórea en plantaciones de cacao en la región del Soconusco es escaso, lo que conlleva al desconocimiento de la importancia ecológica que tiene el mencionado cultivo.

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

Al no tener ningún registro de la estructura y función de los árboles que son utilizados como sombra en el cultivo del cacao en la región del Soconusco, se complica el desarrollo de políticas, proyectos o investigaciones que propendan por el mejoramiento y el conocimiento de los recursos naturales con los que se cuenta en esta región del sur del estado de Chiapas. De aquí se deriva la importancia de cuantificar los recursos disponibles y crear estrategias de producción para un desarrollo sostenible, considerando la situación de deterioro ambiental y sus efectos en el mundo. El manejo de los cacaotales proporciona un “puente” entre el desarrollo agrícola y la conservación, facilitando la cooperación y la colaboración entre los finqueros y los conservacionistas (Parrish *et ál.*, 1999). Conocer la estructura y función de los árboles que se utilizan como sombra en el cultivo del cacao es de gran importancia, para conocer el impacto ecológico que desde un enfoque agronómico, es necesario, para la competitividad en un mercado más consciente de la estabilidad del medio ambiente y con preferencia por cultivos que sean en lo posible manejados de forma amigable con la naturaleza. Por tanto, y con la intención de dar a conocer la importancia y diversidad de las especies arbóreas, el presente trabajo de investigación tuvo como principal objetivo analizar la estructura arbórea del sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región del Soconusco y entregar a la comunidad académica una referencia bibliográfica que contribuya al estudio ambiental, del cual somos parte.

## MATERIALES Y METODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se desarrolló en la región del Soconusco, la cual se encuentra ubicada al sur del estado de Chiapas - México. Esta región cuenta con una humedad relativa media de 79,4%, temperatura media anual de 26,8 °C, la máxima de 36,4 °C y la mínima de 20 °C (CNA, 1998). De acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García, 1973, el clima predominante en la localidad de estudio es del tipo Aw2 (w) Ig, que corresponde al más húmedo de los cálidos subhúmedos tropicales con lluvias de verano. Los municipios en los cuales se desarrolló la investigación, fueron Huehuetán, Tapachula y Tuxtla Chico (Fig. 1), escogidos por sumar la mayor área de cacao sembrada y el mayor número de productores de cacao. Los municipios se encuentran delimitados entre las coordenadas geográficas 14° 52'-14°55' latitud norte y 92° 10'-92°29' longitud oeste. En lo que se refiere a la altura sobre nivel del mar, para Tuxtla Chico, Tapachula y Huehuetán, los datos arrojados fueron 293, 287 y 29 respectivamente. La vegetación natural de la zona se clasifica como una selva mediana perennifolia (Rzedowski, 1985; Miranda, 1998).

### MUESTREO

Para el desarrollo de la plantación se contemplaron tres sitios de estudio con siete repeticiones cada uno, lo que da un universo de 21 unidades experimentales escogidas de manera aleatoria dentro de la plantación. Estas unidades de muestreo contaron con una superficie de 2.500 m<sup>2</sup> (50 m x 50 m) lo que sumó un total de 5,25 ha para toda el área muestreada. Y en ellas se determinó el número de árboles, uso actual, la identificación por nombre común, la cual se realizó gracias a los conocimientos locales de los

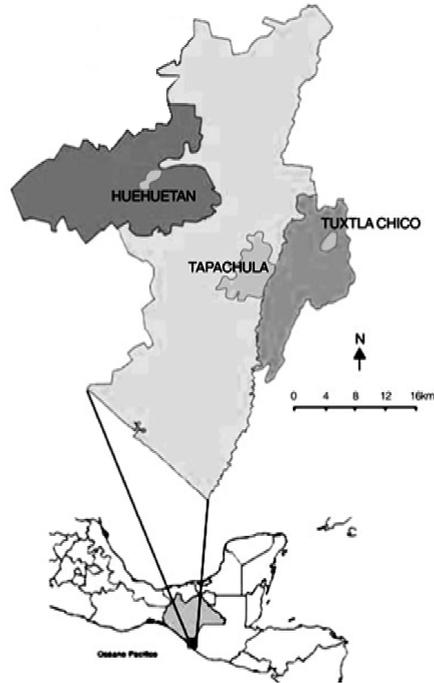


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo.

productores de cacao de la región. Para la ayuda del registro e identificación taxonómica del componente arbóreo se apoyó en los trabajos realizados por Benítez *et ál.*, 2004, Maximino, 1987, Miranda, 1998, Pennington y Sarukhan, 2005 y Martínez, 1994.

#### VARIABLES DE RESPUESTA

La cobertura se obtuvo como un porcentaje de la capacidad de sombra de los diferentes doseles de los árboles encontrados en la parcela. Para aleatorizar el dato de la parcela, se realizaron cinco repeticiones repartidas en cuatro esquinas y una en el centro, estos resultados se promediaron inicialmente por parcela y finalmente por municipio. Para la medición se utilizó un densiómetro cóncavo (esfer modelo C; Braun-Blaquet, 1979).

Respecto a la estructura de la vegetación, Curtis y McIntosh, 1951, desarrollaron un índice de valor de importancia (IVI) que es el producto de la suma de los valores relativos de frecuencia, densidad y dominancia asignado a cada especie. Para esto fue necesario conocer el área basal por especie, el cual se obtiene a partir de la variable de diámetro medido a la altura del pecho (DAP: 1,3 m sobre el nivel del suelo) el cual se midió con una cinta diamétrica de 10 m (Modelo 283D). Consecuente con esto, se determinaron los valores de abundancia y riqueza los cuales son un indicativo de la salud de los sistemas.

Estos valores se determinaron como sigue:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Densidad relativa} = \left( \frac{\text{Densidad por especie}}{\text{Densidad de todas las especies}} \right) \times 100$$

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{Total de área basal}}{\text{Área muestreada}}$$

Dominancia relativa =  $(\text{Dominancia por especie} / \text{Dominancia de todas las Especies}) \times 100$

Frecuencia =  $\text{Unidades muestreo que esta presente la especie} / \text{Número total unidades de muestreo}$

Frecuencia relativa =  $(\text{Frecuencia por especie} / \text{Frecuencia de todas las especies}) \times 100$

Valor de Importancia = densidad relativa + dominancia relativa + frecuencia relativa

Se han desarrollado índices en los cuales se miden elementos de diversidad (Magurran, 1998), en lo que concierne a esta investigación se utilizó el índice de Shannon (H') el cual se calculó con la siguiente ecuación:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (1)$$

Donde  $p_i$  = proporción de cada especie en la población.

También, se obtuvo el coeficiente de Jaccard ( $C_j$ ), que se basa en la relación de presencia-ausencia entre el número de especies en cada sistema y el número total de especies (Stiling, 1999):

$$C_j = C / (A + B - C) \quad (2)$$

Donde C = número de especies comunes a ambos sistemas; A = número de especies encontradas en el sistema A; B = número de especies encontradas en el sistema B.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultados generales de la investigación, en lo que respecta a la abundancia de especies encontradas en los tres municipios evaluados, se registraron 418 individuos en un total de área de muestreo de 5,25 ha. La riqueza encontrada fue de 46 especies arbóreas pertenecientes a vegetación nativa, secundaria y exótica, de las cuales 12 estuvieron presentes en Tapachula, 36 en Tuxtla Chico y 26 en Huehuetán.

Se encontró un total de 21 familias (Tabla 1), de las cuales la más importante fue la Fabaceae ya que denotó la mayor diversidad, dado que se registraron seis especies y seis géneros. Lo anterior debido muy seguramente, a los beneficios que tiene este grupo de especies en cuanto a fertilidad se refiere. Según Martínez, 1989, en el estado de Chiapas sobre todo en la zona norte, Pichucalco y aledaños se han empleado algunas Fabaceas como sombra, tal es el caso específico del yaite (*Gliricida sepium*) el cual ha sido una de las especies encontradas dentro de esta familia. De acuerdo al año de publicación de esta referencia se puede deducir que el cacaocultor chiapaneco se ha interesado desde hace mucho tiempo por utilizar como sombra especies de esta familia, que aportan un beneficio agronómico al cultivo del cacao.

Le siguen en importancia de diversidad las familias Palmae y Rutaceae, la primera con tres géneros y especies diferentes, en cambio que la última solo difiere en especie, ya que pertenecen al género *Citrus*. Estas familias son muy importantes en la región, dado que la primera es usada muy frecuentemente para uso artesanal y la segunda por su característica de frutal comestible se traduce en un beneficio económico adicional al cacaocultor. El presente trabajo de investigación, arrojó una composición florística típica de los agroecosistemas con cacao de esta región, como también especies comunes de la selva alta perennifolia, tal es el caso de *Terminalia amazonia*, *Bursera simaruba*, *Aspidosperma megalocarpum*, *Cupania dentata* (Miranda, 1998; Pennington y Sarukan, 2005).

Familia	Especies	Nombre común	Uso	Frecuencia relativa %
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	F	12
	<i>Spondias mombim</i> L.	Jobo	F	0,7
Anonaceae	<i>Annona diversifolia</i> Saff.	Papause	F	0,2
	<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	F	0,7
Apocynaceae	<i>Aspidosperma megalocarpum</i> Müll.Arg.	Chiche	M	4,5
Bignoniaceae	<i>Tabebuia donell-smithii</i> Rose.	Primavera	M	3,4
	<i>Tabebuia pentaphylla</i> (L.) Hemsl.	Roble	M	2,2
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Achiote	F	0,2
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken	Laurel	M	6,2
Burceraceae	<i>Bursera simada</i> Sarg	Palojiote	Md	0,5
	<i>Bursera simaruba</i> (L) Sarg.	Mulato	Irs	1,4
Combretaceae	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F.Gmel.) Exell	Guayabo volador	Irs	0,7
Fabaceae	<i>Acacia</i> sp.	Ishcanal	A	0,2
	<i>Diphysa robinoides</i> Benth.	Guachipilin	L	1,2
	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.)	Yaite	L	2,4
	<i>Inga jinicuil</i> G. Don	Jinicuil	L	0,2
	<i>Inga micheliana</i> Harás.	Chalum	L	4,3
	<i>Lonchocarpus salvini</i> Harma	Chaperno	M	0,5
	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr	Samán	L	2,9
Gutiferae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess	Marillo	M	1,2
Lauraceae	<i>Nectandra reticulata</i> Mez	Tepeagucate	S/C	0,7
	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	F	4,1
Malpigiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> HBK.	Nance	F	1,4
Meliaceae	<i>Cederla odorata</i> L.	Cedro	M	5,5
	<i>Guarea</i> sp.	Cedrillo	M	0,2
Moraceae	<i>Artocarpus communis</i> Forst.	Pan de palo	F	0,2
	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Guarumo	S/C	0,5
	<i>Ficus tecolutensis</i> (liebm.) miq.	Coshte	S/C	0,5
	<i>Ficus</i> sp.	Matapalo	S/C	0,5
Myrtaceae	<i>Eugenia jambos</i> L.	Pomarrosa	F	0,2
	<i>Psidium guajava</i> Nied.	Guayaba	F	1,0
Palmae	<i>Cocos nucifera</i> L.	Palma de coco	F	5,3
	Manaca	Manaca	S/C	1,0
	<i>Sabal mexicana</i> Mart	Palma real	S/C	1,2
Papilionae	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	Hormiguillo	M	1,4
Rutaceae	<i>Citrus aurantifolium</i> (Christm)	Limón	F	0,2
	<i>Citrus nobilis</i> Lour.	Mandarina	F	1,0
	<i>Citrus sinensis</i> L.	Naranja	F	3,6
Rosaceae	<i>Licania platypus</i> (Hemsl.) Fritsch	Sunzapote	S/C	0,2
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i> Moc. y Sessé	Cola de pava	Irs	1,0
Sapotaceae	<i>Cryosophyllum caimito</i> L.	Caimito	F	0,2
	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) Moore & Stearn	Zapote mamey	F	22,3
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Cuaulote	M	0,5
	<i>Theobroma bicolor</i> H. et B.	Pataste	F	1,2
Verbenaceae	<i>Tectona grandis</i> L.	Teca	S/C	0,2
		Camarón	S/C	0,2

Tabla 1. Listado de especies arbóreas encontradas en los sitios de muestreo. A. artesanal, F. frutal, Irs. Indicador resto de selva, L. leguminosa, M. maderable, Md. medicinal S/C. Sin uso conocido.

Se registraron además, especies representativas de vegetación secundaria, como *Cecropia obtusifolia* y *Guazuma ulmifolia*. Los resultados obtenidos en esta investigación 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.

#### ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA

Según Miranda, 1998, la vegetación típica de la región del Soconusco, corresponde a una selva siempre verde, la cual está constituida por un número elevado de especies arbóreas, sin que algunas de ellas muestren un predominio definitivo. Sin embargo, y en concordancia con los resultados de este estudio, se encontró que existen especies con mayor relevancia tal es el caso de frutales como mango (*M. indica*) y zapote mamey (*P. sapota*), los cuales fueron los que presentaron el mayor valor de importancia en los tres municipios muestreados (Tabla 2). Zapote mamey reporta el valor más alto de importancia en Tapachula y en Tuxtla Chico, aunque en el primero se observa más relevancia en comparación con las demás especies que en Tuxtla Chico. Esto infiere, que los cacao-cultores de Tapachula homogenizan más la sombra de su plantación, muy seguramente a que en el zapote mamey encuentran otra fuente de ingresos. Algo muy similar sucedió en Huehuetán, pero en este caso el cultivo de mango fue el de mayor importancia seguido de zapote mamey. Estos dos frutales en la actualidad son los que tienen más importancia, debido a su característica de frutal y a su excelente demanda en el mercado.

#### ABUNDANCIA, RIQUEZA Y COBERTURA PROMEDIO

De acuerdo con los resultados arrojados en la investigación, el municipio de Tuxtla Chico resultó ser el más abundante en árboles de sombra (Fig. 2), seguido de Huehuetán, mientras que el menos abundante fue Tapachula, aunque no se aprecia diferencia relevante entre estos dos últimos. Para la riqueza de especies de igual manera Tuxtla Chico presentó el mayor valor con 36 especies, seguido de Huehuetán con 25 el valor más bajo lo presentó Tapachula con tan solo 12 especies de las 46 encontradas en el total del área de muestreo.

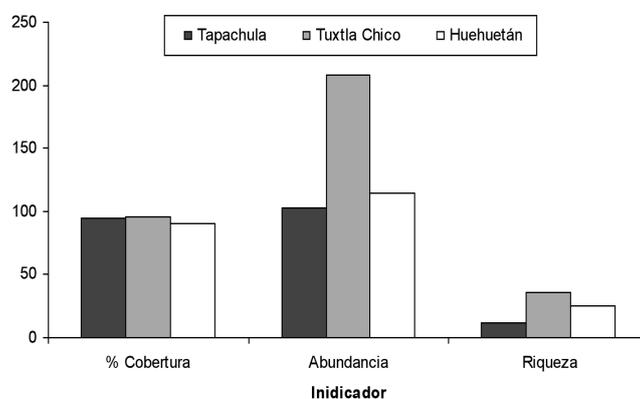


Figura 2. Cobertura arbórea, abundancia total y riqueza.

Tuxtla Chico	IVI	Huehuetán	IVI	Tapachula	IVI
Zapote mamey	41,58	Mango	65,01	Zapote mamey	100,4
Chiche	20,36	Zapote mamey	40,13	Mango	58,01
Laurel	20,13	Chalum	28,20	Cedro	37,22
Palma de coco	17,95	Yaite	22,90	Saman	33,56
Aguacate	17,94	Naranja	14,84	Palma real	15,97
Primavera	17,02	Aguacate	11,47	Palma de coco	11,70
Mango	14,35	Roble	10,98	Primavera	10,89
Guyabo volador	12,73	Nance	8,80	Guayabo volador	10,66
Cedro	12,45	Marillo	8,49	Laurel	6,40
Matapalo	12,14	Mandarina	8,35	Aguacate	5,53
Chalum	11,85	Palma de coco	8,28	Teca	4,92
Hormiguillo	8,57	Guayabo volador	8,22	Palojiote	4,71
Mulato	7,66	Jobo	7,44		
Naranja	7,56	Guayaba	6,62		
Guachipilin	6,72	Pataste	6,56		
Manaca	6,45	Cumulote	6,40		
Roble	6,44	Guanábana	5,88		
Cola de pava	5,77	Saman	5,10		
Tepeaguacate	5,51	Primavera	4,45		
Marillo	5,11	Pan de palo	3,70		
Nance	4,94	Sun Zapote	3,51		
Chaperno	4,53	Caimito	3,34		
Pataste	3,91	Jinicuil	3,05		
Coshte	2,74	Laurel	2,82		
Guarumo	2,69	Cedro	2,73		
Yaite	2,63	Achiote	2,73		
Palojiote	2,57				
Pomarrosa	2,16				
Camaron	2,05				
Papause	2,02				
Mandarina	1,97				
Ishcanal	1,94				
Limón	1,91				
Cedrillo	1,91				
Guanábana	1,86				
Guayaba	1,86				

Tabla 2. Valores de Importancia (IVI) obtenidos en los diferentes municipios.

La relevancia de Tuxtla Chico en cuanto a riqueza y abundancia en árboles de sombra es notoria, siendo además el que conserva el mayor número de especies de la vegetación original. Quizá pueda deberse a que este municipio conserva algunos aspectos de sus formas tradicionales pues es uno de los municipios con más antigüedad en el cultivo del cacao. Por el contrario Tapachula fue el municipio con la menor abundancia y riqueza de árboles de sombra, a la vez que es el que conserva el menor número de especies de la vegetación original. Muy seguramente por ser el epicentro económico de la región, lo que conlleva a un municipio mas urbanizado y de terrenos muy fragmentados. Por lo que la intervención del hombre es mayor.

En cuanto a la cobertura arbórea, se encontró similitud en todos los sitios de muestreo, en donde alcanza más del 90% 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 sanitaria o de formación, quizá esto sea un indicador de la poca atención que recibe el manejo de las plantaciones.

#### ABUNDANCIA DE ESPECIES EN RELACIÓN AL USO

Considerando el uso alternativo de las especies de sombra (Tabla 3), estas se agruparon en frutales, leguminosas usadas como mejoradoras del suelo, maderables y otras.

Especies	Tapachula	Tuxtla Chico	Huehuetán	Total
Frutales				
<i>Pouteria sapota</i>	43	32	18	93
<i>Mangifera indica</i>	17	10	23	50
<i>Cocos nucifera</i>	3	15	4	22
<i>Persea americana</i>	1	12	4	17
<i>Citrus sinensis</i>		6	9	15
<i>Anona muricata</i>		1	2	3
<i>Theobroma bicolor</i>		2	3	5
<i>Byrsonima crassifolia</i>		3	3	6
<i>Psidium guajava</i>		1	3	4
<i>Citrus nobilis</i>		1	3	4
<i>Spondias mombim</i>			3	3
<i>Guazuma ulmifolia</i>			2	2
<i>Annona diversifolia</i>		1		1
<i>Eugenia jambos</i>		1		1
<i>Citrus aurantifolium</i>		1		1
<i>Crysophyllum caimito</i>			1	1
<i>Artocarpus communis</i>			1	1
<i>Bixa orellana</i>			1	1
Maderables				
<i>Cordia alliodora</i>	2	23	1	26
<i>Cedrela odorata</i>	16	6	1	23
<i>A. megalocarpum</i>		19		19
<i>Tabebuia donell-smithii</i>	2	10	2	14
<i>Tabebuia pentaphylla</i>		5	4	9
<i>P. dimorphandrum</i>		6		6
<i>Calophyllum brasiliense</i>		2	3	5
<i>Lonchocarpus salvini</i>		2		2
<i>Guarea</i> sp.		1		1
Leguminosas				
<i>Inga micheliana</i>		8	10	18
<i>Samanea saman</i>	11		1	12
<i>Gliricidia sepium</i>		1	9	10
<i>Diphysa robinoides</i>		5		5
<i>Inga jinicuil</i>			1	1

Tabla 3. Abundancia de especies por categorías de uso, por municipio.

Las especies de frutales más abundantes fueron *P. sapota* y *M. indica*. La presencia de estos componentes es un factor importante en la economía del productor de cacao, ya que presenta una alternativa de ingreso adicional. Debido a la fácil comercialización de estos frutales en la región, además de que estas especies presentan un aporte que satisface las necesidades de sombra del cacao (Beer, 1987).

El grupo de las leguminosas mejoradoras del suelo está representado principalmente por *Inga micheliana*, *Samanea saman* y *Gliricidia sepium*, especies que por tradición se han asociado al cacao en esta zona. Se conoce que 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 biomasa a través de la hojarasca (Phillips-Mora, 1993), aunque no genera productos de utilidad económica directa al productor, los servicios agroecológicos que estas especies prestan son conocidos y valorados por los productores, razón por la que se siguen conservando en las plantaciones (Alpizar *et ál.*, 1986).

Otro grupo, es el formado por las especies de uso maderable. Unas de las especies maderables más comunes en esta región son, *Cedrela odorata*, *Aspidosperma megalocarpum*, *Tabebuia pentaphyla*, *Cordia alliodora* y *Tabebuia donnell-smithii*, estas dos últimas coinciden con lo reportado por Beer *et ál.*, 1998, para plantaciones de cacao en Costa Rica. La presencia de especies maderables además de proveer otros materiales útiles como combustible y material para construcción, también brinda servicios medicinales, de conservación de suelo y finalmente de diversidad biológica. El municipio de Tuxtla Chico es el que más especies de uso forestal presenta, esto se debe muy seguramente a que son especies muy propias de esta región, y dado que este es un municipio muy diverso que mantiene un gran número de árboles nativos, es consecuente una mayor abundancia de especies forestales. Tal es el caso por ejemplo, de *Tabebuia donnell-smithii* la cual es una especie nativa de la región del Soconusco y por esto se han fomentado sus plantaciones (Colomo-González, 2003).

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, ya que los bajos precios de este ejercen una fuerte presión para asociar cacao con sombra económicamente rentable (Benitez *et ál.*, 2004; Meléndez, 1993; Sonwa, 2004).

#### ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON

Teniendo en cuenta que es más fácil la expresión matemática de los distintos aspectos de la biodiversidad que su interpretación biológica, dado que en muchos casos la interpretación biológica carece de precisión (Halfpter y Moreno, 2005), esta diversidad se estudió por medio del índice de Shannon, la cual para Tuxtla Chico presenta el mayor valor con 2,94, le sigue Tapachula con 2,71, mientras que el menor lo presenta Huehuetán con 2,42. Según estos resultados, Tuxtla Chico presenta una estructura con mayor equitatividad (relación entre riqueza y abundancia relativa de cada especie) y diversidad. A pesar de la similitud en los valores, existe una alta diferencia en diversidad en las zonas estudiadas, pues los valores del índice de diversidad de Shannon varían generalmente de 1,5 a 3,5 (Zak y Willig, 2004), y debido a que es una función logarítmica, al expresar su antilogaritmo, el número de especies diferentes encontradas en cada una de las zonas tendrá gran diferencia.

Esto se pudo constatar con las visitas a campo y las conversaciones con los dueños de las parcelas, esta diferencia en diversidad con los otros municipios, se debe principal-

mente a que el cacaocultor de Tuxtla Chico se preocupa por mantener su biodiversidad, para no depender de un solo ingreso económico adicional, ya que los cultivos de sombra le ofrecen al cacaocultor beneficios económicos adicionales en su cultivo, en similares estudios se comprueba la valoración de la diversidad por parte de los cacaocultores, desde el punto de vista de mantener un mayor número de opciones al momento de la explotación agrícola de la sombra (Benítez *et ál.*, 2004). Del mismo modo, las zonas de Huehuetán y Tapachula son zonas cuyos mercados locales están más centrados en la producción del cacao, en cambio según se pudo observar, Tuxtla Chico es un municipio que presenta mayor adopción de tecnología y un mercado más dinámico y amplio para productos de *M. indica* y *P. sapota*, lo que favorece la mayor diversidad en esta zona.

#### ÍNDICE DE SIMILITUD DE JACCARD

En cuanto a similitud se refiere, entre pares de municipios el índice cualitativo de Jaccard define a Tapachula-Huehuetán como los más parecidos en composición de especies. Esto significa que estos dos municipios poseen una estructura (composición y abundancia combinadas) muy parecida con un 75% de similitud.

Muy seguramente se debe a que son estos los municipios menos diversos, como lo muestra el índice de diversidad de Shannon y como es de suponer su vegetación arbórea es más simple. Lo anterior corrobora los altos índices de valor de importancia (Tabla 2), en los que se aprecian las dos especies arbóreas más importantes, *M. indica* y *P. sapota* ya que poseen alta demanda en el mercado y una muy buena rentabilidad. Esto conlleva, a que el cacaocultor prefiera estos árboles como sombrío. Y es esta misma explotación agrícola, la que hace que se comparta una elevada composición florística.

En orden descendente, lo siguen los municipios Tuxtla Chico-Huehuetán con un 70%, mientras que Tuxtla Chico-Tapachula son los municipios que menos especies comparten con un 68%. Aunque, los municipios de Tapachula y Huehuetán denotan un mayor porcentaje de similitud, no existe una amplitud marcada en los resultados del índice de Jaccard con relación a los diferentes municipios, como lo reportan otros estudios en los que se evidencia reducidos valores de similitud en cacaotales de la región del Soconusco (Salgado-Mora *et ál.*, 2007). A pesar de tener rangos elevados de similitud, las especies encontradas en las tres zonas no son exactamente las mismas, lo que originan las diferencias en la diversidad.

En general, los valores encontrados para el índice de diversidad de Shannon y el índice de similitud de Jaccard presentan valores promedios en las tres zonas estudiadas, no obstante, se puede afirmar que Tuxtla Chico presenta mayor diversidad de especies que las zonas de Huehuetán y Tapachula.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Unidad de Relaciones Exteriores y Convenios (UREC) de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC-Tunja) por la gestión y el apoyo para el desplazamiento hacia México con el fin de realizar la presente investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALPÍZAR L, FASSBENDER HW, HEUVELDOP J, FOLSTER H, ENRIQUEZ G. Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao* L.) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica, Inventoty of organic matter and nutrients. *Agroforest Syst.* 1986;4:175-189.
- BEER J. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agroforest Syst.* 1987;5:3-13.
- BEER J, MUSCHLER R, KASS D, SOMARRIBA E. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforest Syst.* 1998;38:139-164.
- BENITEZ BG, PULIDO ST, EQUIHUA ZM. Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología, A. C. Veracruz, México; 2004.
- BRAUN-BLANQUET J. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume Ediciones, Madrid; 1979.
- COLOMO-GONZÁLES I. Diagnostico de enfermedades en Primavera (*Tabebuia donnell-smithii* Rose) en el Soconusco, Chiapas [Tesis de Maestría]. Tapachula: El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas, México; 2003.
- CNA. Datos meteorológicos del municipio de Tapachula, Chiapas. Comisión Nacional del Agua, México; 1998.
- CURTIS JT, MCINTOSH RP. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology.* 1951;32:476-496.
- FAO. La situación de los bosques y selvas del mundo. Roma, Italia; 1999.
- FAO. Global forest resources assessment. Main Report. Rome, Italy; 2002.
- GARCÍA E. Modificaciones del Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 2.ª ed, 246p; 1973.
- HALFFTER G, MORENO CE. Significado biológico de las diversidades Alfa, Beta y Gama. Monografías tercer milenio. España. 2005;1:5-18.
- IBARRA MA, ESTRADA M. Avifauna asociada a dos cacaotales tradicionales en la región de la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia.* 2001;17(34):101-112.
- KRISHNAMURTHY L, ÁVILA M. Agroforestería básica. PNUMA-FAO. Red de Información Ambiental. México; 1999.
- MAGURRAN AE. Ecological diversity and its measurement. Croom Helm. London; 1998.
- MARTÍNEZ R. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica, México, D.F;* 1994. p. 179-224.
- MARTÍNEZ VE. Manual del cacaotero Chiapaneco. Gobierno del Estado Chiapaneco; 1989.
- MAXIMINO M. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas Mexicanas. Fondo de Cultura y Económica. México; 1987.
- MELÉNDEZ ML. Sombras temporales para cacao. En: Phillips-Mora. (Ed). Seminario regional "Sombras y Cultivos Asociados con Cacao". Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza- CATIE. Turrialba, Costa Rica; 1993. p. 99-110.
- MIRANDA F. La vegetación de Chiapas. Tercera edición. Consejo Estatal Para la Cultura y las Artes de Chiapas. México; 1998.

PARRISH J, REITSMA R, GREEBERG R, McLARNEY W, MACK R, LYNCH J. Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. *Agrofor Am.* 1999;6:16-22.

PENNINGTON JD, SARUKAN J. Árboles tropicales de México manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México. Edición. Científica Universitaria. México; 2005.

PHILLIPS-MORA W. Seminario regional "Sombras y cultivos asociados con cacao". Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza- CATIE. Turrialba, Costa Rica; 1993. p. 200-221.

RICE R, GREENBERG R. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio.* 2000;29(3):167-173.

RZEDOWSKI J. Vegetación de México. 3.ª ed. Limusa. México; 1985.

SALGADO-MORA MG, IBARRA-NUÑES G, MACIAS-SAMANO JE, LÓPEZ-BÁEZ O. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia.* 2007;11(32):763-768.

SMITHSONIAN INSTITUTE. 1998. Proceedings of the Internacional Conference on Sustainable Cocoa Growing, Panama City, Panama. [citado Octubre 2007]. Disponible en URL: [www.si.edu.smbc/cacao.htm](http://www.si.edu.smbc/cacao.htm).

SONWA DJ. Biomasa management and diversification within cocoa agroforest in the humid forest zone of Southern Cameroon. Cuvillier Verlag, Göttingen; 2004.

STILING P. Ecology; theories and applications. 3rd edition. Prentice Hall. New Jersey, USA; 1999.

VILLAVICENCIO-ENRÍQUEZ L, VALDEZ-HERNÁNDEZ JI. Análisis y estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia.* 2003;37:413-423.

YOUNG MA. El Retorno del cacao al bosque tropical húmedo. *Agrofor Am.* 1994;6(22):28.

ZAKJC, WILLIG MR. Fungal Biodiversity patterns. En: MUELLER GM, BILLS GF y FOSTER, MS. Biodiversity of fungi: Inventory and monitoring methods. Elsevier, Academic Press, Amsterdam. 2004. p. 59-75.