

Composición florística y estructura de cacaotales y parches de bosque en Waslala, Nicaragua¹

Aura Matey², Lester Zeledón², Luis Orozco³, Francisco Chavarría⁴, Arlene López³, Olivier Deheuvels^{5,6}

RESUMEN

Se estudió la composición botánica y estructural de la vegetación leñosa presentes en 36 SAF-cacao y cuatro parches de bosque ubicados en el atlántico nicaragüense. Se estableció una parcela de 1000 m² (20x50 m) donde se identificaron, contaron y midieron todos los árboles con dap ≥ 10 cm y se aplicó una entrevista semiestructurada a 36 productores para indagar sobre el manejo agronómico del cacao y sobre el uso y manejo de los árboles de sombra. La densidad de siembra del cacao fue de 660 árboles ha⁻¹; en los SAF-cacao se registraron un total de 521 individuos (145 árboles ha⁻¹) de 35 familias, 57 géneros y 70 especies en 3,6 ha. Las musáceas fueron las especies más abundantes (182 tallos ha⁻¹) seguidas de *Cordia alliodora* (22 árboles ha⁻¹), *Bactris gasipaes* (20 individuos ha⁻¹) y *Ryania speciosa* (17 plantas ha⁻¹). En los parches de bosque se contabilizaron 869 árboles (2173 árboles ha⁻¹) de 47 familias, 80 géneros y 90 especies. Las especies más abundantes y comunes en las parcelas de bosques fueron *Ryania speciosa* (173 plantas ha⁻¹), *Piper aduncum* (143 árboles ha⁻¹) y *Parkinsonia aculeata* (83 árboles ha⁻¹). La diversidad de especies leñosas asociadas al cacao es menor a la diversidad arbórea registrada en los parches de bosque, aunque se encuentra dentro de los rangos medidos en otras zonas cacaoteras de Centroamérica. La estructura horizontal de la vegetación arbórea en los SAF-cacao fue notoriamente diferente a la de los parches de bosque. Los SAF-cacao registraron hasta un 25% de las especies arbóreas inventariadas en los parches de bosque. Se sugiere promover la diversificación productiva de los cacaotales y de otros espacios de la finca con frutales y maderables valiosos y se recomienda brindar asistencia técnica a los productores sobre selección de especies para sombra, manejo de la regeneración natural y sobre el diseño y manejo de la sombra en los cacaotales.

Palabras clave: diversidad, sombra, madera, fruta

ABSTRACT

Floristic composition and structure of cacao orchards and forest patches in Waslala, Nicaragua

We studied the botanical and structural composition of the woody vegetation present in 36 cocoa-AFS and four forest patches located on the Nicaraguan Atlantic slope. We set up a 1000 square meter plot (20x50 m) where we identified, counted and measured all trees with dbh ≥ 10 cm and we used a semi-structured interview process with 36 producers to investigate cacao agronomic management and the use and management of shade trees. Cacao plant density was 660 trees ha⁻¹; the cocoa-AFS had a total of 521 individuals (145 trees ha⁻¹) in 35 families, 57 genera and 70 species on 3.6 ha. Musaceae were the most abundant species (182 stems ha⁻¹) followed by *Cordia alliodora* (22 trees ha⁻¹), *Bactris gasipaes* (20 individuals ha⁻¹) and *Ryania speciosa* (17 plants ha⁻¹). In the forest patches we counted 869 trees (2173 trees ha⁻¹) in 47 families, 80 genera and 90 species. The most abundant and common species in the forest plots were *Ryania speciosa* (173 plants ha⁻¹), *Piper aduncum* (143 trees ha⁻¹) and *Parkinsonia aculeata* (83 trees ha⁻¹). The diversity of woody species associated with cacao lower than the tree diversity recorded in forest patches, although it is within the ranges measured in other Central American cocoa orchards. The horizontal structure of the tree vegetation in cocoa-AFS was markedly different from that of forest patches. Up to 25% of the tree species inventoried in forest patches were recorded for the cocoa-AFS. We suggest promoting the diversification of the cacao orchards and other areas of the farm with fruit trees and valuable timber trees and we recommend providing technical assistance to producers about the selection of species for shade, management of natural regeneration and the design and management of shade in cacao orchards.

Keywords: diversity, shade, timber, fruit

INTRODUCCIÓN

El cacao se cultiva en áreas tropicales de África, Asia, Centro y Sudamérica (Sonwa et al. 2007, Asare 2005). Cerca del 70% del cacao en el mundo se cultiva en asocio con árboles de sombra y/o con cultivos anuales y perennes (Herzog 1994, Duguma et al. 2001). A nivel

mundial, la diversidad (riqueza y abundancia) de plantas que brindan sombra al cacao depende de la región (Beer et al. 1998, Bentley et al. 2004, Asare 2005). El diseño y manejo de los árboles de sombra determina en gran medida el valor que para la conservación tiene el cacaotal, su diversidad funcional y su potencial de pro-

¹ Basado en Matey, A.; Zeledón, L. 2010. Caracterización de la vegetación arbórea asociada al cacao (*Theobroma cacao*) y en fragmentos boscosos del municipio de Waslala, RAAN, Nicaragua.

² Ingenieros Agrónomos. aurameyling333@yahoo.com; herivertovich@yahoo.es (autores para correspondencia).

³ Consultores agroforestales. luisoroz@catie.ac.cr, lopeza@catie.ac.cr

⁴ Docente investigador UNAN-FAREM, Matagalpa, Nicaragua (fchavarría@unan.edu.ni)

⁵ CATIE, Turrialba, Costa Rica.

⁶ CIRAD, UMR SYSTEM, F-34398 Montpellier, France

visión de bienes y servicios ecosistémicos (Smithsonian 1998, Beer et al. 2003, Somarriba et al. 2008). Los cacaotales mantienen una amplia diversidad de aves, murciélagos, mamíferos e invertebrados (especialmente hormigas), similar a la registrada en los bosques naturales y superior a las de otros hábitat agrícolas de uso más intensivos (Rice y Greenberg 2000 Reitsma et al. 2001).

En Centroamérica, el cacao se cultiva entre los 100-800 m de altitud, en pequeñas parcelas (1,2 ha por finca) y con bajos rendimientos (200-350 kg ha⁻¹ año⁻¹). En la mayoría de los países, el cacao proviene de semilla sexual híbrida y se planta típicamente a 4x4 m (625 plantas ha⁻¹). Los cacaotales de semilla tienen una edad entre 20-25 años y el cacao injertado básicamente fue plantado durante la última década. La mayoría de los productores poseen 2-3 parcelas de cacao en sus fincas, las cuales reciben poco manejo; las plantas tienen entre 4-6 m altura y el dosel de sombra es subóptimo y mal manejado. La densidad arbórea varía de 85-166 árboles ha⁻¹; la mayoría de los árboles de sombra son seleccionados de la regeneración natural y son usados para madera (*Cordia alliodora*, *Cedrela odorata*), fruta (*Mussa spp.*, *Citrus spp.*, *Persea americana*, *Mangifera indica*, *Cocos nucifera* y la palma *Bactris gasipaes*) y árboles de servicio (*Gliricidia sepium*, *Inga spp.*, *Leucaena leucocephala*). Los árboles de sombra ocurren en tres estratos verticales (bajo ≤10 m, medio 10-20 m y alto ≥20 m) en proporción 50:30:20 de la densidad total (Somarriba et al. 2008).

La producción de cacao en Nicaragua se encuentra en manos de pequeños productores (menos de 12 ha de terreno agrícola) que asocian el cacao con árboles frutales, maderables y de servicio (Somarriba et al. 2008, Buschert 2008). El municipio de Waslala concentra el 45% de la producción total de cacao del país. Se estima que existen unas 2500 ha cultivadas con cacao, con una producción aproximada de 562 t año⁻¹ y un rendimiento medio de 328 kg ha⁻¹ (Somarriba et al. 2008). El 75% de los cacaotales de Waslala fueron establecidos bajo bosque raleado o tacotales socolados (Lok y Sandino 1999, Sandino et al. 1999). El objetivo del presente estudio fue determinar la composición botánica, estructura vertical y horizontal de la vegetación leñosa asociada al cacao, con el fin de identificar tipologías de doseles de sombra y contrastarlas con la vegetación arbórea de parches de bosque remanentes

MATERIALES Y METODOS

Ver descripción del área de estudio en Ayestas et al., en este mismo número de la RAFA.

Selección de parcelas y mediciones

Las fincas fueron seleccionadas según el protocolo desarrollado por Deheuvels et al. (2012) y se ubicaron a diferentes altitudes: 18 SAF-cacao se localizaron arriba de 350 msnm y otros 18 SAF por debajo de 280 msnm. Los SAF-cacao muestreados se localizaron con GPS, se trazó el contorno del cacaotal y se georreferenció el punto central del cuadro de muestreo. Se identificaron todos los usos de suelo colindantes a cada SAF-cacao y se registró la altitud y la orientación de la pendiente por medio de brújula y clinómetro. Adicionalmente, se ubicó cada SAF-cacao con respecto al relieve del sitio (parte plana, pie de loma, media loma o cumbre) y se preguntó al productor la edad (años) y superficie (ha), variedades cultivadas y métodos de propagación utilizados (semilla, injerto, ramillas). Al centro del SAF-cacao se estableció una parcela de medición de 1000 m² (50 x 20 m). La estructura vertical del cacaotal se definió con base en cuatro estratos en el dosel de sombra: alto (25-35 m), medio (9-24 m), bajo (1-8 m) y piso (0-1 m) (Somarriba 2005).

En cada SAF-cacao se midieron los siguientes componentes:

- **Cacao** (cultivo del estrato bajo cultivo del estrato bajo): se contaron las plantas de cacao con altura ≥2,5 m; se estimó la altura de la planta al ojo y se midió la circunferencia del árbol a 30 cm sobre el suelo.
- **Musáceas** (plantas del estrato bajo): se contaron las cepas de banano con altura ≥2,5 m, la altura de la planta se estimó al ojo y se midió la circunferencia de cada pseudo tallo a 30 cm sobre el suelo.
- **Plantas leñosas**: se identificaron hasta nivel de especie todas las leñosas con altura ≥2,5 m. A cada individuo se le midió el diámetro a la altura del pecho (dap) y se determinó el área basal. Todas las plantas leñosas cuya altura fue mayor a los 25 m pertenecen al estrato superior. Se evaluó la forma de copa de las leñosas perennes a partir de cinco clases (elipse a, elipse b, esférica, pirámide a y pirámide b). Para determinar el área de copa se tomaron tres mediciones del ancho de la copa proyectada sobre el suelo, todos los ejes de medición pasaron por el tronco principal del árbol medido. Para las mediciones de altura se utilizó un clinómetro. Para evaluar el estrato superior en el muestreo de fragmentos boscosos se utilizó el mismo procedimiento usado para las plantas leñosas (Grandjean 2008).

Análisis de datos

Se calcularon medidas resumen (media, desviación estándar, mínimo y máximo) para comparar la riqueza

y densidad de especies arbóreas entre SAF-cacao y parches de bosque. Adicionalmente se construyeron gráficos de distribución diamétricas de todos los individuos inventariados tanto en SAF-cacao como en parches de bosque. Se seleccionaron 15 variables cuantitativas relacionadas con aspectos biofísicos (altitud, pendiente, edad del cacao) y estructurales de los SAF-cacao (riqueza y densidad de especies, área basal de musáceas, árboles y cacao), número de estratos verticales del dosel (alto, medio y bajo) para realizar un análisis de conglomerados. La finalidad de este análisis fue conformar grupos de SAF-cacao similares dentro de cada grupo pero disímiles entre ellos. Mediante un análisis discriminante canónico se descartaron las variables correlacionadas; por ejemplo, el área basal con el dap. Por medio de un análisis de componentes principales se identificaron las variables biofísicas y estructurales que tuvieron más peso en la conformación de los grupos. Posteriormente, se hizo un análisis multivariado (anova al 95% de confianza) y se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan para describir la estructura y composición de las tipologías de SAF-cacao conformadas. La caracterización vertical y horizontal de los diferentes grupos de SAF-cacao conformados y de los fragmentos boscosos incluidos en el inventario se realizó con base en la propuesta de Somarriba (2005). Con el fin de identificar el manejo agroforestal y los beneficios y productos que se obtienen del dosel de sombra, se aplicó una entrevista semiestructurada a 36 productores de cacao (32 hombres y 4 mujeres) y se analizaron mediante estadísticas descriptivas y tablas de frecuencia.

RESULTADOS

Composición florística de los SAF-cacao y parches de bosque

Los SAF-cacao de Waslala se ubicaron a una altitud media de 550 m (± 150). La densidad media de siembra fue de 625 plantas ha^{-1} (± 225) y la altura promedio de las plantas de cacao fue de 4 m (± 2). La edad media de los cacaotales fue de 23,5 años (± 12) y registraron una productividad baja (328 kg ha^{-1} (± 120)). La densidad y altura media de las musáceas fue de 182 tallos ha^{-1} (± 120) y de 3 m, respectivamente. En las 3,6 ha de SAF-cacao inventariadas se registraron un total de 521 individuos (árboles, palmas y otras plantas leñosas en el dosel de sombra), con lo cual se obtiene una densidad promedio de 145 individuos ha^{-1} . Toda la vegetación encontrada corresponde a 35 familias, 57 géneros y 70 especies. Las especies más abundantes fueron *Cordia alliodora* (22 árboles ha^{-1}), *Bactris gasipaes* (20,7 palmas ha^{-1}), *Ryania speciosa* (17 plantas ha^{-1}), *Brosimum terrabanum* (14

árboles ha^{-1}), *Piper aduncum* (14 plantas ha^{-1}) y *Zuelania guidonia* (14 árboles ha^{-1}). Las familias botánicas más representadas, en términos de géneros, especies e individuos, fueron Mimosaceae (5, 13, 182), Moraceae (5, 9, 138), Flacourtiaceae (4, 5, 131) y Fabaceae (8, 10, 54).

En la 0,4 ha de parches de bosque se contabilizaron 869 individuos (árboles, palmas y otras plantas leñosas), para una densidad de 2173 individuos ha^{-1} , correspondientes a 47 familias, 80 géneros y 90 especies. Las especies arbóreas más abundantes y comunes en las parcelas de bosques fueron: *Ryania speciosa* (69 individuos, 173 plantas ha^{-1}), *Piper aduncum* (57 individuos, 143 plantas ha^{-1}), *Parkinsonia aculeata* (33 individuos, 83 árboles ha^{-1}).

Estructura horizontal de los SAF-cacao y parches de bosque

El dap promedio de la vegetación arbórea en los SAF-cacao fue de 22,34 cm (± 19) y de 11 cm (± 9) en los parches de bosque. El total de cacao registrado (2375 plantas) ocupó un área basal total de 43,74 m^2 (12,15 m^2ha^{-1}), las musáceas (654 tallos en total) ocuparon 26,48 m^2 (7,35 m^2ha^{-1}) y los árboles de sombra (521 individuos) ocuparon un total de 35,16 m^2 (9,77 m^2ha^{-1}). En los parches de bosque, la vegetación arbórea (2173 individuos) sumó un área basal total de 14,72 m^2 (36 m^2ha^{-1}). En los SAF-cacao, el número de individuos por clase diamétrica aumenta a medida que se incrementa el dap; el 42% de los individuos inventariados se agruparon en la categoría ≥ 20 cm. En los parches de bosque ocurre todo lo contrario: el número de individuos disminuye conforme el dap aumenta (Figura 1). El 50% de la población arbórea registrada en los parches de bosque se concentró en la primera clase diamétrica, lo que indica una buena regeneración natural.

Estructura vertical de los SAF-cacao y parches de bosque

En los SAF-cacao, la población arbórea y de otras especies leñosas se distribuyó en tres estratos de sombra. Un estrato bajo (1-8 m), donde ocurrió el 28% del total de individuos registrados, que incluyen plantas de cacao, musáceas, especies frutales, leguminosas y maderables. El estrato medio (9-24 m) albergó al 67% del total de árboles inventariados, dominado por maderables, frutales, leguminosas y medicinales; en el estrato alto (25-35 m) se concentró el 5% de los individuos y estuvo dominado por los maderables y leguminosas. La especie *Terminalia oblonga* (19 individuos) obtuvo la mayor altura total, altura comercial y diámetro de copa (55 m, 30 m y 25 m, respectivamente).

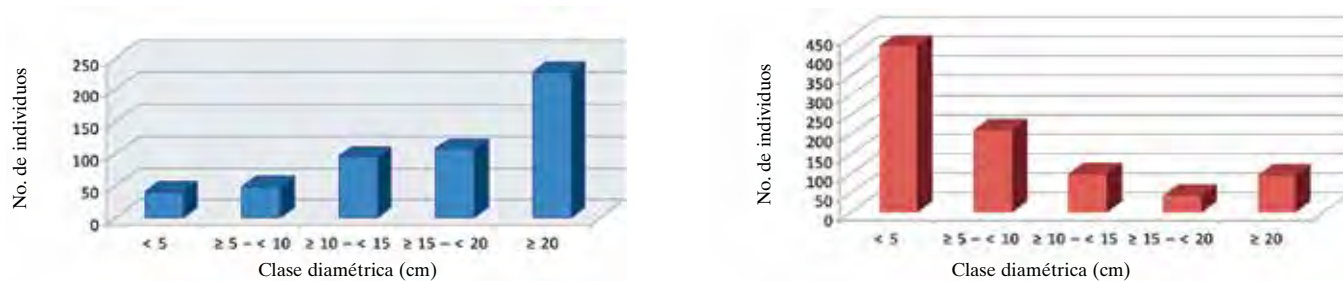


Figura 1. (A) Distribución diamétrica de los árboles de sombra en los SAF-cacao y (B) en parches de bosque en Waslala

Los parches de bosque se caracterizaron por retener una mayor riqueza y densidad arbórea y una alta heterogeneidad vertical (2-3 estratos verticales), con árboles remanentes del bosque original y maderables que alcanzaron alturas máximas de 35 m (*T. oblonga*, *Zanthoxylum fagara*, *Dalbergia tucurensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Persea coerulea*, *Platymiscium pleiostachyum*, *Brosimum terrabanum*) y alturas mínimas de 7 m (*Bursera simarouba*, *Simarouba glauca*, *C. bicolor*, *C. odorata*, *Pachira quinata*). El sotobosque estuvo dominado por la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas pioneras de vida corta y de poco valor ecológico y económico (*Cecropia peltata*, *Ricinus comunis*, *Gliricidia sepium*, *Bursera simarouba*, entre otras).

Características deseables, manejo agroforestal y bienes de los árboles de sombra

Entre las características deseables de un buen árbol de sombra, los productores mencionaron una copa extensa, usos diversos (madera, frutos, medicina, leña, conservación de suelo y agua, fijación de nitrógeno), una altura que facilite el manejo y permanencia del follaje en el verano. En Waslala, el 100% de los productores encuestados regulan la sombra de los cacaotales por medio de diferentes prácticas, con diferente intensidad y frecuencia. Entre las prácticas más comunes se citaron el desrame (34%), raleo (18%) y descope (12%). El desrame consiste en eliminar las ramas de los árboles de sombra y de cacao con dirección al suelo (“caídas”) o entrecruzadas; el descope consiste en eliminar hasta 1/3 de la copa del árbol con el fin de evitar que el árbol se eleve a mayor altura (se “estire”); mediante el raleo se regula la densidad y distribución horizontal de los árboles de sombra sobre el terreno. El anillamiento (5%) consiste en hacer un corte con machete alrededor del tronco del árbol a fin de cortar el flujo de sabia, de tal manera que el árbol muera gradualmente. La poda fuerte del cacao se practica al inicio de la época de lluvias (mayo). Los beneficios que los productores obtienen de los árboles de sombra son leña

(80%), de especies como *G. sepium*, *Inga* spp., *Samanea saman*, *Senna siamea* y *Eucalyptus camaldulensis*; alimentación humana (50%), de especies como *Psidium guajava*, *Annona muricata*, *Bactris gasipaes*, *Citrus* spp., *Arthocarpus altitis* y *Spondias mombin*; alimento para animales silvestres (49%), de especies como *Pouteria sapota*, *Licania platypus*, *B. gasipaes*, *Juglans olanchana*; madera (45%), de especies como *Terminalia oblonga*, *C. alliodora*, *Tabebuia rosea*, *J. olanchana*, *C. odorata*, *C. bicolor*, *Ceiba pentandra*, *Gmelina arborea*; material para construcción (38%), de especies como *C. alliodora*, *C. odorata*, *Dalbergia retusa*, *Muntingla calabura*, *T. oblonga*) y productos medicinales de especies como *Spatioidea campanulata*, *P. americana*, *E. camaldulensis*; *B. simarouba*, *M. indica*, *L. leucocephala*. Una misma especie puede tener múltiples usos y se aprovecha según las necesidades y costumbres de la familia y la finca.

Tipologías de SAF-cacao en Waslala

Mediante el análisis de conglomerados diseñado a partir de 15 variables biofísicas y estructurales de los cacaotales (Cuadro 1) fue posible generar tres grupos o tipologías de SAF-cacao: cacao-musáceas (CM), cacao simple (CS) y cacao diversificado (CD), y se compararon con los parches de bosque (PB). Las variables biofísicas y estructurales que más aportaron a la diferenciación de los grupos fueron: altitud, pendiente, densidad de siembra de cacao y edad del cacaotal, densidad, altura y área basal de musáceas, densidad arbórea y número de estratos del dosel.

Cacao-musáceas: tipología de cacaotal poco frecuente, integrada por cinco fincas (14% de las parcelas inventariadas). Se trata de cacaotales viejos, plantados en terrenos con pendiente fuerte y a mayor altitud que el resto de los grupos. Las plantas de cacao son más altas y la densidad y altura de los tallos de musáceas fue cuatro veces mayor que en las otras tipologías (Cuadro 1). El dosel de sombra es dominado por musáceas en el estrato bajo, leguminosas de servicio (*Inga* spp. y *Gliricidia sepium*) y unos pocos árboles de montaña.

Cuadro 1. Medias y análisis de la varianza de las Variables biofísicas y estructurales de los SAF-cacao y parches de bosque de Waslala, Nicaragua

Variabes/Tipologías	CM (n=5)	CS (n=12)	CD (n=19)	PB (n=4)	Valor de P
Altitud (m)	605,8±75 a	315,92±45 b	389,05±30 c	424,80±25 d	0,0007
Pendiente (%)	37,6±5,0 a	17,17±7,3 b	19,26±9,2 c	53,15±3,5 d	0,0006
Edad cacaotal (años)	24,4±3,5 a	20,25±2,5 b	21,37±4,5 c	30,55d±7,3 d	0,0058
Densidad cacao (plantas ha ⁻¹)	684±56 a	687,5±67 b	635,79±83 c	0	0,0194
Densidad musáceas (tallos ha ⁻¹)	616±150 a	166,67±50 b	76,84±35 c	0	<0,0001
Densidad dosel (árboles ha ⁻¹)	76±25 a	77,5±17 b	205,26±36 c	2172,5±272 d	<0,0001
AB cacao (m ² ha ⁻¹)	1,29±0,3 a	1,31±0,15 b	1,13±0,1 c	0	0,0055
AB musáceas (m ² ha ⁻¹)	2,64±0,6 a	0,67±0,3 b	0,28±0,2 b	0	0,0315
AB dosel (m ² ha ⁻¹)	1,16±0,2 a	0,6±0,2 b	1,17±0,1 b	3,6d±1,6 d	<0,0001
#especies dosel (en 1000 m ²)	4,2±2,2 a	4,33±1,3 b	8,0±3,1 c	41d±9,2 d	<0,0001
Altura cacao (m)	3,99±1,5 a	3,83±1,7 a	4,09±1,3 b	0	0,0735
Altura musáceas (m)	4,9±1,2 a	2,87±0,8 b	1,95±1,1 c	0	0,0458
Número estratos	2,6±0,65 a	1,75±0,5 b	2,37±1,3 c	3 d	<0,0001
Sombra dosel (%)	37,41±17,2 a	47,71±12,4 b	47,47±15,3 c	85,4d±7,4 d	0,0255
Sombra cacao (%)	81,94±19,4 a	69,9±19,6 b	81,25±5,25 c	0	<0,0001

CM: cacao-musáceas; CS: cacao simple; CD: cacao diversificado; PB: parches de bosque.

Letras diferentes entre valores de las tipologías indican diferencias estadísticamente significativas (Duncan- Lsd al 95% de confianza).

Cacao simple: tipología de cacaotal mediamente común integrada por 12 SAF-cacao (33% de las parcelas inventariadas) establecidos a mayor densidad de cacao en sitios de altitud media y poca pendiente. La densidad de musáceas fue menor y la densidad arbórea y la diversidad de especies de sombra fue similar a la tipología CM. El dosel de sombra está dominado por leguminosas de servicio (*Inga* spp., *Erythrina poppeigiana*, *Leucaena leucocephala*) y maderables de regeneración natural (*Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*) (Cuadro 1).

Cacao diversificado: esta es la tipología de cacaotal más común en la zona de Waslala, y abarca el 52% de las parcelas estudiadas (19 SAF-cacao). Se trata de cacaotales establecidos en sitios con altitud y pendiente moderada. La densidad de cacao fue similar al resto de tipologías. Las características que más lo distinguen son menor densidad de musáceas y de árboles pero mayor riqueza de especies, más estratos verticales y mayor porcentaje de sombra. El dosel de sombra de esta tipología contiene musáceas y

frutales de porte bajo (cítricos, guayaba y jobo) y medio (aguacate, coco y mango), árboles para leña (*Samanea saman* *Inga* spp., *Senna siamea*) y maderables de regeneración natural y plantados (*C. odorata*, *C. alliodora*, *Terminalia oblonga*, *Pachira quinata*) (Cuadro 1).

Parches de bosque: esta tipología de vegetación es poco frecuente en Waslala; se evaluaron cuatro parches con edades similares a los SAF-cacao, ubicados en sitios de mayor altitud y fuerte pendiente, poco favorables para cultivar cacao. La riqueza y abundancia de especies arbóreas es notablemente mayor que en los cacaotales: hasta 8-10 veces más especies arbóreas. Los árboles remanentes del bosque original dominan la diversidad arbórea de los parches de bosque. La vegetación arbórea presentó tres estratos verticales con una altura mínima de 5 m (*Cordia bicolor*) y máxima de 35 m (*T. oblonga*). El dosel de sombra contiene un área basal tres veces mayor que los SAF-cacao y un alto porcentaje de sombra. Los SAF-cacao, en su conjunto, registraron



hasta 70 especies arbóreas en 3,6 ha, mientras que los PB contabilizaron hasta 90 especies en 0,4 ha. Ambos tipos de hábitat compartieron un total de 36 especies, lo que significa que los SAF-cacao retienen un 40% del total de la riqueza arbórea inventariada en los PB. Por otro lado, cada tipología de SAF-cacao alberga solo entre el 15-25% de las especies contenidas en los PB.

DISCUSIÓN

Con 70 especies y 145 árboles ha^{-1} , la diversidad arbórea (densidad, riqueza) del dosel de sombra de los cacaotales de Waslala está dentro de los rangos medidos en otras zonas cacaoteras del mundo, aunque superior a la diversidad reportada en cacaotales de estado de Ondo, Nigeria (Oke y Odebiyi 2007), sureste de Camerún (Sonwa et al. 2007), Sulawesi Central, Indonesia (Kessler et al. 2005) y Alto Beni, Bolivia (Orozco y Somarriba 2005, López y Somarriba 2005). Por el contrario, doseles de sombra más diversos se reportan en las regiones cacaoteras de Bahía, Brasil (Sambuichi 2006), Pará, Brasil (Dos Santos et al. 2004) y Panamá y Guatemala (Pastrana et al. 2000, Matos et al. 2000, Somarriba et al. 2008). La estructura vertical del dosel de sombra de los SAF-cacao de Waslala es similar a la de los cacaotales de Talamanca, Costa Rica (Suatunche et al. 2003, Deheuvels et al. 2011) y los de Chiapas, México (Salgado-Mora et al. 2007). Si adecuamos las tipologías encontradas en Waslala a la clasificación de doseles de sombra propuesta por Rice y Greenberg (2000), tenemos que el 52% de los SAF-cacao de Waslala tienen un tipo de sombra mixta, el 33% tienen sombra del tipo productiva o simple y el 15% restante, sombra especializada.

Los productores de Waslala manejan sus cacaotales viejos y establecen sus cacaotales nuevos mediante los paquetes agronómicos y agroforestales que ProMundo Humano (ONG alemana) propuso en la década de 1990 (Sandino et al. 1999). Esa metodología consistía en el establecimiento de 1 ha de cacao de semilla (3×3 m, 1111 plantas ha^{-1}) con sombra temporal de musáceas (6×6 m, 276 cepas ha^{-1}) y maderables o leguminosas de servicio como sombra permanente (13×13 m, 60 árboles ha^{-1}).

La densidad de árboles y la sombra de los cacaotales de Waslala es alta; el manejo agroforestal del dosel se limita a unas pocas prácticas silvícolas cuya frecuencia obedece a la presencia y/o severidad de las enfermedades del fruto del cacao y no a las necesidades de luz-sombra de la planta (Somarriba 2005, Somarriba 2006, Somarriba et al. 2009). Los productores de cacao del Alto Beni, Bolivia prefieren mantener poca sombra en sus cacaotales para

reducir la incidencia de plagas y enfermedades; preferiblemente, usan especies maderables, frutales, medicinales y mejoradoras de suelo (Ortiz y Somarriba 2005).

La población arbórea inventariada en los parches de bosque de Waslala tuvo una distribución de frecuencia de árboles por clase diamétrica en forma de J invertida, típica de poblaciones que se reproducen exitosamente en una localidad o región. Por el contrario, la población arbórea en los SAF-cacao de Waslala parece responder al patrón de reclutamiento y el manejo del dosel de sombra por parte de los agricultores. Según Somarriba et al. (2008), cada año caen al suelo miles de semillas; unas germinan y otras no; asimismo, unas plántulas sobreviven porque cayeron en buenos sitios, en tanto que la gran mayoría muere tempranamente porque cayeron en malos sitios. Muchas plántulas y brinzales mueren por el exceso de sombra en el piso, otras son cortadas y eliminadas durante las 1-3 chapeas por año que el agricultor aplica al cacaotal para controlar las malezas y facilitar la cosecha y recolección de los frutos del cacao. Los cacaotales son buenos sitios para la regeneración natural de especies pioneras y secundarias, pero no son buenos para que prosperen especies clímax de bosque (Rolim y Chiarello 2004).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los cacaotales de Waslala se pueden agrupar en tres tipologías de sombra. La sombra diversificada agrupa la mitad de los SAF estudiados. La diversidad arbórea en parches de bosques fue superior a la encontrada en los cacaotales. Las variables de altitud, pendiente, densidad de siembra y edad del cacaotal, altura y área basal de musáceas, densidad arbórea y número de estratos del dosel de sombra son las que ayudaron a la diferenciación de las tipologías encontradas en Waslala. Se recomienda capacitar a los productores en el diseño y manejo de la sombra en función de las condiciones orográficas de sus parcelas para homogenizar las condiciones de sombra. Se sugiere capacitar a productores y promotores locales en la selección de especies para sombra, manejo de la regeneración natural y en técnicas silvícolas para favorecer el crecimiento de los árboles asociados. Finalmente, se propone la diversificación productiva de la sombra en los cacaotales y otros espacios de las fincas mediante la incorporación de árboles frutales y maderables valiosos.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y al Proyecto Cacao Centroamérica (CATIE-PCC) por la oportunidad y el apoyo financiero para realizar esta investigación. A los promotores y pro-

motoras de la cooperativa Cacaonica por facilitarnos información y guiarnos en el campo. A los productores y productoras de Waslala por su hospitalidad, y por permitir establecer las parcelas en sus cacaotales. Al colectivo de agronomía: Ph.D. Jairo Rojas, M.Sc. Evelyn Calvo y el M.Sc. Julio Laguna por facilitarnos los medios logísticos para la ejecución del estudio. Al personal administrativo de la OTN CATIE-Nicaragua por su apoyo logístico.

LITERATURA CITADA

- Asare, R. 2005. Cocoa agroforests in West Africa: A look at activities on preferred trees in the farming systems. Horsholm, Denmark, Danish Centre for Forest Landscape and Planning. Forest & Landscape Working Papers no. 6. 77 p.
- Beer, J; Ibrahim, I; Somarriba, E; Barrance, A; Leakey, R. 2003. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. In Cordero, J. Boshier, DH. (Eds.). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford, Reino Unido, OFI/CATIE. p. 197-242.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cocoa plantations. *Agroforestry Systems* 38: 139-164.
- Bentley, JW; Boa, E, Stonehouse, J. 2004. Neighbour trees: Shade, intercropping and cacao in Ecuador. *Human Ecology* 32(2): 241-270.
- Buschert, J. 2008. Agrocadenas competitivas: promoción de comercio orgánico y justo. Nicaragua: Agro cadena de cacao sostenible y comercio justo., San José, Costa Rica, EcoGoals. 10 p.
- CATIE-PCC. 2009. Competitividad y ambiente en los territorios cacaoteros de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, Proyecto Cacao Centroamérica. Documento de proyecto. 166 p.
- Deheuvels O., Avelino J., Somarriba E., Malézieux E. 2012. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Agriculture, ecosystems and environment*, 149 : 181-188.
- Duguma, B; Gockowski, J; Bakala, J. 2001. Smallholder cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: Challenges and opportunities. *Agroforestry Systems* 51: 177-188.
- Grandjean, A. 2008. Caracterización de los sistemas agroforestales con cacao de la Reserva Indígena Bribri, Talamanca, Costa Rica. Informe Práctica Profesional. Turrialba, Costa Rica, CATIE-PCC.
- Herzog, F. 1994. Multipurpose shade trees in coffee and cocoa plantations in Cote d'Ivoire. *Agroforestry Systems* 27: 259-267.
- Kessler, M; Kebler, PJ; Gastein, RS; Bach, K; Schnull, M; Pitopang, R. 2005. Tree diversity in primary forest and different land use systems in Central Sulawesi, Indonesia. *Biodiversity and Conservation* 14: 547-560.
- Linkimer, M; Muschler, R; Benjamín, T; Harvey, C. 2002. Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36): 37-43.
- Lok, R; Sandino, D. 1999. Traditional cocoa agroforestry systems in Waslala, Nicaragua: adoption of technology and adaptation to local environment and priorities. In: International Symposium on Multi-strata Agroforestry Systems with Perennial Crops (CATIE, Turrialba, 22-27 Feb 1999); Extended Abstracts. p. 251-255.
- López, A; Somarriba, E. 2005. Árboles frutales en fincas de cacao orgánico en Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas* 43-44: 38-43.
- Matos, EN; Beer, J; Somarriba, E; Gómez, M; Current, D. 2000. Validación, adopción inicial y difusión de tecnología agroforestal en cacaotales con indígenas Ngöbe en Panamá. *Agroforestería en las Américas* 7(26): 7-9.
- Oke, DO; Odebiyi, KA. 2007. Traditional cocoa-based agroforestry and forest species conservation in Ondo State, Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122: 305-311.
- Orozco, L; Somarriba, E. 2005. Árboles maderables en fincas de cacao orgánico del Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas* 43-44: 46-53.
- Ortiz, M; Somarriba, E. 2005. Sombra y especies arbóreas en los cacaotales de Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas* No. 43-44: 64-70.
- Pastrana, A; Lok, R; Ibrahim, M; Víquez, E. 2000. El componente arbóreo en sistemas agroforestales tradicionales indígenas Ngöbe, La Gloria, Changuinola, Panamá. *Agroforestería en las Américas* 6(23): 69-71.
- Reitsma, R; Parrish, JF; McLarney, W. 2001 The role of cacao plantations in maintaining forest avian diversity in Southeastern Costa Rica. *Agroforestry Systems* 53: 185-193.
- Rice, RA; Greenberg, R. 2000. Cocoa cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio* 29: 167-173.
- Rolim, SG; Chiarello, AG. 2004. Slow death of Atlantic forest trees in cocoa agroforestry in southeastern Brazil. *Biodiversity and Conservation* 13: 2679-2694.
- Salgado-Mora, M; Ibarra-Núñez, G; Macías-Sásamo, J; López-Báez, O. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas. *Interciencia* 32(11): 763-768.
- Sambuichi, RHR. 2006. Estrutura e dinâmica do componente arbóreo em área de cabruca na região cacaueira do sul da Bahia, Brasil. *Acta botânica brasileira* 20 (4): 943-954.
- Sandino, D; Grebbe, H; Malespín, M. 1999. Desarrollo agroforestal con cacao en Waslala, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 6(22): 29-30.
- Santos, SM, dos; Izildinha de Souza, M; Malheiros Tourinho, M. 2004. Análise florística e estrutural de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. *Acta Amazonica* 34(2): 251-263.
- Smithsonian Institute. 1998. Proceedings of the International Conference on Sustainable Cocoa Growing. Panamá City, Panama. www.si.edu.smbc/cacao.htm
- Somarriba, E. 2005. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? *Agroforestería en las Américas* no. 41-42: 122-130.
- Somarriba, E; Andrade, H; Segura, M; Villalobos, M. 2008 ¿Cómo fijar carbono atmosférico, certificarlo y venderlo para complementar los ingresos de productores indígenas de Costa Rica? *Agroforestería en las Américas* 46:81-88.
- Somarriba, E; Quesada, F. 2009. Planificación agroforestal de fincas: manual para familias productoras. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Manual Técnico no. 89. 48 p.
- Somarriba, E; Quesada, F; Villalobos, M. 2006. La captura de carbono: un servicio ambiental en fincas cacaoteras indígenas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Manual Técnico no. 64. 29 p.
- Sonwa, DJ; Nkongmeneck, BA; Weise, SF; Tchata, M; Adesina, AA; Janssens, MJJ. 2007. Diversity of plants in cocoa agroforests in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Biodiversity and Conservation* 16(8): 2385-2400.
- 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* (10): 37-38