

Informe final* del Proyecto M018
Manejo de especies arbóreas para sistemas agroforestales en la región maya tzotzil-tzeltal del norte de Chiapas

Responsable: M en C. María Lorena Soto Pinto

Institución: El Colegio de la Frontera Sur
División de Sistemas de Producción Alternativos

Dirección: Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, María Auxiliadora, San Cristóbal de Las Casas, Chis, 29290 , México

Correo electrónico: lsoto@sclc.ecosur.mx

Teléfono/Fax: (967)8 1884, (967)8 1883 Fax: (967)8 2322

Fecha de inicio: Septiembre 15, 1997

Fecha de término: Marzo 15, 1999

Principales resultados: Informe final, Hoja de cálculo

Forma de citar el informe final y otros resultados:** Soto Pinto, M. L., 2000. Manejo de especies arbóreas para sistemas agroforestales en la región maya tzotzil-tzeltal del norte de Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. M018.** México D. F.

Forma de citar hoja de cálculo Soto Pinto, M. L., 2000. Manejo de especies arbóreas para sistemas agroforestales en la región maya tzotzil-tzeltal del norte de Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. M018.** México D. F.

Resumen:

Proyecto financiado parcialmente con recursos de la Fundación MacArthur. La presente investigación se enmarca en la búsqueda de estrategias que concilien la producción con la conservación de los recursos naturales. Forma parte del programa institucional de El Colegio de la Frontera Sur para impulsar el desarrollo sustentable de las comunidades mayas del estado de Chiapas. El objeto de este proyecto es contribuir al diseño de sistemas agroforestales en comunidades mayas del estado de Chiapas. Se desarrollará el sistema de café y ganadería indígena en cinco comunidades de la zona norte Tzitzil Tzeltal del estado de Chiapas. Para el diseño de un sistema silvopastoril alternativo, se desarrollarán pruebas agronómicas y de valoración nutricional forrajera, con especies promisorias como: Calliandra Houstoniana, Erythrina berteroana, Erythrina peoppigiana, Gliricidia sepium, Guazana ulmifolia, Leucaena leucocephala y Cajanus cajan. En el sistema de café se evaluarán las principales entre la estructura y diversidad del cafetal y la producción de café con la finalidad de seleccionar las especies y el manejo más adecuados para mantener buenos niveles de productividad y conservación de la biodiversidad. Con esta información se evaluarán las parcelas intervenidas por los productores para monitorear y evaluar el impacto de propuestas agroforestales sobre el sistema indígena de café. Se establecerá un vivero agroforestal con el fin de tener disponibilidad de material genético de la región, parcelas piloto y un programa de extensión hacia los beneficiarios a fin de difundir los resultados más importantes de la investigación y generar un proceso de investigación y evaluación participativa con los sujetos de la investigación.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

Informe final del proyecto:
MANEJO DE ESPECIES ARBÓREAS PARA SISTEMAS AGROFORESTALES EN LA REGIÓN MAYA
TZOTZIL-TZELTAL DEL NORTE DE CHIAPAS.
Convenio Num. FB435/MO18/97
Septiembre de 1998

Responsable: M en C. Ma. Lorena Soto Pinto'

El objetivo del proyecto fue contribuir en el diseño de sistemas agroforestales para una producción más sustentable en comunidades mayas del estado de Chiapas. Particularmente se enfocó en los sistemas "café bajo sombra" y "ganadería bovina" en comunidades tzotziles y tzeltales del norte de Chiapas.

Se desarrolló una metodología de investigación participativa, las evaluaciones se realizaron en las parcelas de los productores mediante el consenso de la población. Se realizaron talleres de diagnóstico y diseño con los productores y se desarrolló una evaluación en los sistemas mencionados, con la finalidad de generar información básica que permita recomendaciones de manejo más sustentable.

Para el sistema de café se evaluó el papel que juega la sombra del cafetal sobre la producción de café y para el sistema de ganadería se evaluó el potencial de especies forrajeras para conformar un sistema alternativo de nutrición animal.

Las alternativas tecnológicas para ambos sistemas son muy importantes pues en el caso de la cafecultura bajo sombra, se ha reconocido el papel importante que juega el cafetal como refugio de flora y fauna, y en el caso de ganadería se hace necesaria la búsqueda de alternativas que reviertan el deterioro ecológico que ha causado ésta actividad.

Para el sistema de café se encontraron más de sesenta especies de plantas, que conforman la sombra del cafetal, se colectaron, se identificaron y se conservan en el Herbario del ECOSUR. Estos recursos están siendo utilizados por la población campesina, pero además son

representantes de la vegetación natural y son precisamente los cafetales los que guardan estos relictos de vegetación, en una zona que esta siendo aceleradamente deforestada.

Se encontró una relación importante entre la cantidad de sombra de la vegetación en el cafetal y la producción de café.

Para el caso de la ganadería se evaluaron especies con potencial forrajero. Se establecieron viveros y parcelas demostrativas para el cultivo de estas especies que tienen además de ser forrajeras, usos múltiples.

Las especies que presentaron mejores cualidades fueron *Calliandra houstoniana*, *Mimosa albida*, *Ficus padifolia*, *Erythrina berteroana*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Thitonia longiradiata*, *Erythrina mexicana*, *Cassia spectabilis*, *Cajanus cajan* y *Leucaena leucocephala* con altos porcentajes de proteína y alta digestibilidad

Se estableció un nexo estrecho con los productores tanto de la zona tzeltal como de la zona tzotzil. Se realizaron actividades de capacitación y extensión.

En la zona tzotzil los productores adoptaron las propuestas de manejo y sometieron una propuesta de financiamiento con la finalidad de poner en práctica los resultados de este proyecto. Esta propuesta consiste en probar los resultados mediante el establecimiento de una unidad ganadera con manejo alternativo, utilizando forrajes de especies arbóreas para la intensificación de la ganadería y la reducción de áreas de pastos para favorecer la regeneración natural del bosque. La propuesta ha sido aceptada para su financiamiento por FONAES.

Los resultados se presentan en los anexos de este informe así como en la hoja electrónica comprometida.

Se realizaron actividades participativas como talleres y cursos de capacitación, colecta de plantas, colecta de follaje, análisis químico nutricional del follaje, establecimiento de parcelas demostrativas y evaluación agronómica, establecimiento de viveros, evaluaciones de la estructura y producción del cafetal, identificación taxonómica, entrevistas, monitoreo y evaluación, actividades de extensión y la redacción de tres artículos científicos.

ANEXO 1. ARTÍCULO EN PREPARACIÓN. DIFUSIÓN RESTRINGIDA
EFECTO DE LA ESTRUCTURA DEL CAFETAL SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN LA ZONA
TZELTAL
NORTE DE CHIAPAS, MÉXICO. ARTÍCULO EN PREPARACIÓN DERIVADO DEL PROYECTO
FB435/MO18/97

Resumen

Este trabajo se realizó en el Municipio de Chilón, estado de Chiapas, México, con el objetivo de evaluar el efecto de la estructura de la vegetación de sombra sobre la producción de grano de café y el potencial de uso de las especies asociadas. Se seleccionaron cafetales de productores de diferentes edades y diferentes condiciones de cobertura. Se midieron la cobertura y la iluminación por medio de fotografías hemisféricas y el programa de computación Hemiphot, también se midieron la diversidad, densidad de café, densidad de árboles de sombra, área basal, pendiente, orientación de la pendiente, producción de grano de café y el número total de ramas, productivas e improductivas. Los resultados mostraron que el sistema cafetalero indígena tzeltal de esta zona se maneja como agroforestería con sombra de la vegetación natural y puede considerarse como un sistema de bajos insumos. Se observó una mezcla de cuatro variedades de café, con densidades frecuentes de 2000 plantas ha⁻¹.

Se encontraron 61 especies de sombra en el cafetal, todas ellas con usos bien reconocidos por los productores. Estas especies tienen usos como alimento, materiales de construcción y como leña, entre otros. Se encontró una densidad promedio de 260 árboles de sombra por hectárea. La cobertura y la altitud sobre el nivel del mar tuvieron un efecto sobre la producción de grano. La cobertura tuvo un efecto cuadrático, mientras que la altitud y la densidad de plantas de café tuvieron un efecto negativo. Las variables edad, diversidad, densidad de árboles de sombra, área basal, pendiente y orientación no tuvieron significancia sobre la producción de café.

Palabras clave: café, estructura, cobertura, iluminación, agroforestería, investigación en fincas de productores.

Abstract

This work was realized at Chilón Municipality, Chiapas, Mexico with the objective to evaluate the shade structure effect on coffee production, and to evaluate the use potential of associated species. Producer coffee plots with different age and cover condition were selected. Cover and light were measured through hemispheric photographs and computer program Hemiphot. Also diversity, coffee density, shade tree density, basa) area, slope, coffee production, and percentage of productive twigs were measured. Results showed that Tzeltal indigenous coffee system is an agroforestry system with shade of natural vegetation. This system could be regarded as a low input system. It was observed a mixture of four varieties of coffee and frequent densities of 2000 shrubs ha⁻¹. Sixty one species were founded, all of them with well recognized uses by producers. These species are used as food, construction material and fuelwood. There were founded in *average of 260* trees per hectare.

Cover and altitude over the sea level had an effect on coffee production. Cover had a polynomial effect, while altitude and coffee brush density had negative effect. Variables such as coffee age, diversity, shade tree density, basa) area, slope and slope exposition did not have significance on coffee production.

Key Words: coffee, vegetation structure, cover, light, agroforestry, on-farm research.

Introducción

La mayor parte de la producción de café en México se basa en sistemas agroforestales bajo sombra de especies arbóreas. Se han reconocido varias modalidades de sistemas, según el tipo y la densidad de árboles que componen el dosel, desde sistemas en monocultivo a pleno sol, sistemas con sombra muy abierta, sistemas con sombra de árboles inducidos, hasta sistemas bajo densa sombra de vegetación natural (Jiménez-Avila, 1979; Barradas y Fanjul, 1984; Nolasco, 1985; Nestel, 1995; Moguel y Toledo, 1996; Granados y Vera, 1995; Escalante, 1995; Godinez y Soto, en prensa)

Según datos disponibles, el monocultivo está asociado principalmente a medianos y grandes productores, quienes ocupan un 30% del total de la superficie dedicada a café, con elevados rendimientos, mientras que el sistema tradicional se encuentra asociado a medianos y pequeños

productores ya sea ejidatarios o pequeños propietarios, con un 70% de la superficie (Nestel, 1995; Moguel y Toledo, 1996, Godínez y Soto, en prensa).

El estado de Chiapas ocupa el primer lugar de la producción del café mexicano con 23% de la producción nacional. Setenta y siete de sus 101 municipios producen café, con una superficie de 163 695 ha. dedicadas a su cultivo; con rendimientos medios de 739 Kg ha⁻¹ (Rice, 1994).

Se presume que los sistemas que tienen una sombra diversa y una estructura compleja poseen una serie de ventajas derivadas del asocio árbol-cultivo (Jiménez-Avila, 1979; Nair, 1989; Barradas y Fanjul, 1984; Fassbender et al., 1985; Jiménez-Otarola, 1986; Beer, 1988). Recientemente se ha reconocido el papel de las áreas cafetaleras como posibles sitios de conservación no sólo para la biodiversidad, sino para conservación de suelos, cuencas hidrológicas, riqueza y diversidad cultural, así como su potencial para la captura de carbono (Aguilar-Ortíz, 1980; Morón et al., 1988; Ibarra-Núñez, 1990; Perfecto y Vandermeer, 1994; Jong et al. 1995; Perfecto, 1996; Gallina et al. 1996; Hernández et al. 1997). Se ha señalado también que los tipos y diversidad de la sombra pueden tener efectos ecológicos y económicos en el sistema de café (Caramori, et al. Op cit; Lagemann y Heuveldop, 1992; Ramírez, 1993; Kathirgamathaiyah, et al., 1993; Musalem, 1994; Escalante, 1995; Caramori, et al., 1996; Hernández et al., 1997).

También se ha señalado que la edad del cafetal así como la altitud sobre el nivel del mar pueden influir en la producción (Villaseñor, 1987). Sin embargo hay pocos estudios y con resultados contradictorios que describen el efecto de factores del medio natural y de sus interacciones sobre la producción de café (Beer, et al., 1998)

La mayor parte de los estudios sobre la estructura del cafetal en relación a los niveles de producción, son estudios en campos experimentales. Los estudios en parcelas de productores son escasos y de tipo cualitativo (Muschler y Bonnemann, 1997).

Se ha reconocido como una prioridad por los estudiosos del sistema agroforestal de café la investigación de las interacciones que ocurren entre la sombra y la producción de café (Muschler y Bonnemann, 1997; Beer et al., 1998).

Esta investigación tuvo como objetivo analizar el efecto de la estructura del cafetal sobre la producción de café en el municipio de Chilón (zona tzeltal norte) del estado de Chiapas, México. Se trata de una investigación en fincas de productores (on farm research), que se realizó como parte de un proyecto más amplio de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) en conjunto con la Unión de Productores Paja; Yak'actic.

Palabras clave: café, estructura, cobertura, intercepción de luz, agroforestería, investigación en fincas de productores.

Key Words: coffee, vegetation structure, cover, light interception, agroforestry, on farm research.

El área de estudio

Los tzeltales del norte ocupan una parte de lo que Mulleried (1957:22) llamó las montañas del norte, prolongación de altas mesetas que van descendiendo gradualmente hacia la planicie de la costa del golfo de México (Breton, 1984). Abarca los municipios de Sitalá, Yajalón y Chilón. La zona se ubica en lo que Breton (Ibid.) señaló como área de distribución de los pueblos septentrionales tzeltales, centros de comunidades indígenas situados a alturas entre 800 y 1200m, en la ecoregión subtropical subhúmeda, caracterizada por una precipitación anual de 2000 mm. con temperatura media anual de 22°C, con mínimas y máximas de 9.5 °C y 35 °C, respectivamente.

Los suelos son en general, suelos jóvenes, delgados y pedregosos. Los indígenas Tzeltales reconocen dos tipos de suelos, los jii'lum y los chavec'lum, que corresponden a nombres genéricos para los suelos limo-arenosos y arcillo-limosos, respectivamente. También reconocen nombres más específicos, basados en la coloración, desde los blanco-verduzcos hasta los negros, pasando por los rojizos y marrones.

Actualmente hay alrededor de 69278 hablantes del tzeltal; la mayoría se reparte entre las varias comunidades y muchos viven en las cabeceras regionales o en pequeños ranchos. Los poblados están dispersos o semidispersos.

Los municipios de Chilón, Sitalá y Yajalón cuentan con algunos servicios, las carreteras principales son la que comunican Ocosingo-Palenque y Ocosingo-Yajalón. La población se dedica en su mayoría a la agricultura, especialmente a la siembra de maíz, frijol y café. El 35% de la población no habla español; la media del índice de marginación entre los tres municipios es de 10.2, que es de los más altos para el estado de Chiapas y a nivel nacional. El territorio está distribuido en ejidos y comunidades (67.5%) y en propiedad privada (32.5%; INEGI, 1990).

Materiales y Métodos

Selección de los sitios de muestreo

Se realizó una caracterización de las principales condiciones ambientales y técnicas bajo las cuales se realiza la cafecultura tradicional en esta región de Chiapas. Se utilizaron técnicas de investigación participativa, revisión de materiales documentales, censales y cartográficos (Beniest, 1994; Montoya et al., 1995). Se aplicó un cuestionario a 50 productores del municipio de Chilón para identificar las principales variantes del sistema cafetalero tradicional. Se seleccionaron al azar 36 sitios de muestreo distribuidos en cuatro clases de edad y tres categorías de sombra con tres repeticiones. Las clases de edad fueron: 1) de 2 a 6 años; 2) de 7 a 11 años; 3) de 12 a 15 años; 4) más de 15 años. Las categorías de sombra fueron: 1) escasa, 2) media, 3) abundante.

En cada uno de los 36 sitios seleccionados al azar se marcaron parcelas permanentes de 10 x 10m.

Cada parcela permanente se marcó con un posicionador geográfico marca Garmin modelo 12XL.

Estructura del cafetal

En cada una de las 36 parcelas permanentes se tomaron mediciones de pendiente y orientación. Se llevó a cabo un inventario forestal con las siguientes variables: número de estratos, frecuencia y densidad de especies arbóreas presentes en 100 m² por clase de forma de vida y por clase de calidad del fuste (< o X10 cm d.a.p.), altura, diámetro a la altura del pecho (d.a.p), calidad de la copa por su posición en el dosel y la cantidad de luz que recibe (emergente, plena iluminación superior, alguna iluminación superior, principalmente luz oblicua y sin iluminación directa) y forma de la copa (círculo completo, círculo irregular, medio círculo, menos que medio círculo, pocas ramas, principalmente rebrotes, vivo sin copa) y usos de las especies (Hutchinson, 1988, 1991). En cada parcela permanente se anotó la presencia o ausencia de especies arbóreas en regeneración, así como la densidad de plantas de café en 100 m². Se colectaron todas las especies arbóreas presentes en cada uno de los cuadrados, se procesó el material, se identificó y se depositó en el Herbario de El Colegio de la Frontera Sur. Se elaboró una base de datos en Access para Windows 95 con la información de las especies encontradas

Medición de la densidad de flujo de fotones (iluminación) y la cobertura

En cada parcela permanente se tomaron tres fotografías con una cámara Pentax K-1000 y un lente pentax tipo hemisférico, se usó película Fuji blanco y negro iso 100. Se usó un sensor de luz para ajustar la apertura y la velocidad de la cámara de acuerdo a la metodología propuesta por Anderson (1964).

Las fotografías fueron transformadas a imágenes electrónicas por medio del Scanjet Ilcx de Hewlett Packard con el paquete para computadora DeskScan II para Windows 95 versión 2.0 de Hewlett Packard y editadas con el paquete Adobe Fotoshop para Windows versión 3.0. Para obtener la cobertura y la densidad de flujo de fotones de cada parcela, se utilizó el paquete computacional Hemiphot (Steege-Tropenbos, 1996) de la Universidad de Wageningen.

Medición de la producción de café

Se realizó la evaluación de producción de café de dos ciclos. El ciclo 96-97 se estimó mediante muestreo de tres ramas (media, superior y baja) de 5 plantas al azar en cada parcela permanente, contando el número total de ramas productivas, siguiendo la metodología del Instituto Nacional del Café de Nicaragua (1992). La producción de café del ciclo 97-98 se estimó mediante el conteo de frutos de todas las ramas de 5 plantas al azar en cada uno de las parcelas permanentes. La transformación del número de granos a peso en pergamino se realizó contando el número de granos de café borbón contenidos en un kilo de café cereza y secándolo hasta peso constante corregido al 12% de humedad en una estufa de aire forzado marca Thelco modelo 160M.

Análisis de la información

La sistematización de la información se realizó mediante hojas electrónicas en Excell para Windows. Los análisis estadísticos se realizaron con Statistical Analysis System usando "General Linear Models", "Non Linear Regression" correlación y comparación de medias (SAS Intitute, 1989).

Resultados

Estructura y diversidad del cafetal

El sistema de producción de café de los indígenas tzeltales del norte puede clasificarse como un sistema agroforestal que combina el cultivo con especies de sombra y usos múltiples. Por la naturaleza de sus componentes, corresponde a un sistema agrosilvícola; en espacio es mixto denso y en tiempo es coincidente, ya que el componente leñoso y el cultivo comparten el espacio al mismo tiempo sensu Nair (1993).

Los productores poseen entre 0.5 y 3 ha de café. Manejan las variedades Bourbon, Caturra, Arabica y Mondonovo, con densidades variables entre 800 y 3500 plantas por hectárea, con densidades frecuentes de 2000 plantas ha⁻¹.

En la zona tzeltal norte, como en el resto del norte de Chiapas y como en la mayor parte de las áreas cafetaleras de México, se cultiva el café con sombra de árboles de la vegetación natural en diferentes combinaciones con varias especies de Inga (*Inga vera*, /. *pavoniana* e /. *punctata*), así como con árboles frutales nativos e introducidos.

Los cafetales presentan cuatro estratos. El estrato herbáceo está compuesto principalmente por especies arvenses, plántulas de café y plántulas de *especies* leñosas de la vegetación natural. Se observan dos estratos arbustivos, el primero de éstos está conformado principalmente por los arbustos de café, va de 1.5 a 3m. El segundo está conformado por frutales y latizales de especies leñosas (< 10 cm d.a.p.).

El estrato superior, que va de 6 a 20 m está conformado por fustales (árboles de diámetros mayores a 10 cm), los cuales constituyen la sombra principal del café. Los cafetales en general son establecidos a partir de vegetación secundaria (acahuales), mediante la eliminación de los estratos más bajos y de algunos árboles de los estratos superiores.

No se observó una disposición sistemática de los árboles de sombra, mas bien se encontró una sombra heterogénea formada de parches con coberturas que van de 23 a 70%, con iluminación que varió entre 6.28 y 37.13 mol m⁻² seg⁻¹. La densidad de árboles de sombra varió entre 100 y 1000 árboles por hectárea.

Se encontraron 61 especies de sombra; cinco de ellas observaron la mayor frecuencia: "coquil'te" (*Inga pavoniana* Donn.) con 13%, "chii'b" (*Chamaedorea cataractarum* Lieb.) con 11%, "tzelel" (*Inga punctata* Willd.) con 6.5%, "guineo roatana" (*Musa sapientum* L.) (4.5%) y naranja (*Citrus sínensis*) (3.5%). El restante 61.5% está representado por 57 especies.

Potencial de recursos forestales aprovechables del cafetal

Se encontraron especies maderables en una densidad promedio de 260 árboles y un área basal promedio de 197 m² y un volumen de 84.65 m³ (considerando sólo el tallo) por hectárea. Estos árboles y arbustos son utilizados principalmente para alimento, leña y construcción rural. No obstante que las comunidades estudiadas tienen pocas áreas forestales accesibles para la obtención de leña, los productores manifestaron no tener problemas de abasto, ya que es suficiente con la que obtienen de los cafetales.

De las plantas asociadas al café se obtienen otros productos. La totalidad de las especies que constituyen la sombra del café presentaron valores de uso diversos. Estos estuvieron principalmente representados por el alimenticio (49.1%), la leña (31.8%) y el de construcción (10.4%). Otras formas de aprovechamiento de estos recursos son en la fabricación de artesanías, cercos vivos, usos domésticos, resinas, cercos muertos, ornamentales y medicinales.

Otros recursos que se obtienen del cafetal son los frutales, los cuáles se encontraron en una densidad media de 170 por hectárea, de los cuales se obtienen 15 productos diferentes. Otros productos encontrados son hojas, tallos y flores comestibles, que sumaron 13 productos diferentes derivados de siete especies arbustivas y arbóreas.

En el Cuadro 1 se presentan las especies arbóreas asociadas que componen la sombra del cafetal, sus usos, forma biológica y frecuencia.

También se observaron otros recursos que tienen un valor no solamente apreciado en el área estudiada, sino también en las ciudades; en el estrato herbáceo se observaron hongos comestibles, aráceas y cícadas; y como epífitas las bromeliáceas, helechos y orquídeas.

Cobertura, altitud, ramas productivas, edad y producción de café

La producción de café se vio afectada significativamente por la cobertura, la altura sobre el nivel del mar y la proporción de ramas productivas en relación al total de ramas de la planta de café ($P < 0.0001$). La altura presentó coeficiente estimado negativo y la proporción de ramas productivas presentó coeficiente estimado positivo ($P < 0.0001$ $R^2 = 0.81$).

La densidad de árboles de sombra, el área basal, la altura de los árboles, la densidad de arbustos de café, la diversidad y la pendiente no tuvieron un efecto significativo sobre la producción ($p < 0.0001$).

La diversidad de especies del cafetal dentro de la franja estudiada (entre 700 y 1200m s.n.m.) correlacionó con la altitud ($P < 0.001$, $R^2 = 0.43$). A mayor altitud correspondió mayor diversidad de las especies de sombra. La franja altitudinal con cafetales de mayor diversidad está comprendida en la zona de distribución del bosque mesófilo de montaña, mientras que la zona baja corresponde a la selva mediana perennifolia.

Cuadro 1 . Especies de sombra en cafetales de la Región Tzeltal Norte, Chiapas, México.

Nombre Común	Nombre Científico	usos'	Forma Biológica	Frecuencia
Ashin'te	<i>Solanum aphyodendron</i> Knapp	1	Arbusto	0.50
Atsam'te	<i>Myrica cerifera</i> L.	3,5	Arbol	0.50
Baas	No identificada	1,4	Hierba leñosa	0.50
Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	1,7	Arbusto	1.51
Cacaté	<i>Ocotepealum mexicanum</i> Gr. et Th.	1	Arbol	2.51
Cantelal tzi	<i>Senna papilosa</i> (B. et R.) I. et B.	5	Arbol	0.50
Cedro	<i>Cedrela mexicana</i> Roe	3, 4, 7	Arbol	1.01
Coquil'te	<i>Inga pavoniana</i> Donn.	1, 5, 7	Arbol	12.56
Chac'taj'mut	<i>Miconia</i> aff. <i>Ibagueensis</i> (Bonpl.) Triana	3,5	Arbol	0.50
Chacaj o Luluy	<i>Bursera simaruba</i> (L.) S.	3	Arbol	0.50
Chapay o act	<i>Astrocharium mexicanum</i> Liebm.	1	Palma	1.51
Chi'b	<i>Chamaedorea cataractarum</i> Liebm.	1	Palma	11.06
Chi'ch bat	<i>Croton draco</i> Schlecht.	7	Arbol	1.01
Chii't	<i>Chrysophyllum mexicanum</i> (Brand) Standj.	1,5	Arbol	2.51
Chinino	<i>Persea schiedeana</i> Nees	5	Arbol	1.01
Guarón	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bert	3	Arbol	0.5
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	1,5	Arbol	1.01
Hule	<i>Castilla elastica</i> Cerv.	1,8	Arbol	1.01
chute	<i>Zanthoxylum</i> aff. <i>Kellermanii</i> P. Wilson	3	Arbol	0.50
Ik'bat	<i>Belotia mexicana</i> Shum.	7	Arbol	2.51
Jaal'te	<i>Clibadium arboreum</i> Donn. Sm.	5	Arbol	0.50
Jitiful	No identificada	4,5	Arbol	0.50
Joma o Mojtó	<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm.	1,2	Palma	1.01
Jono 'ha	<i>Heliocarpus donnell-smithii</i> Rose	11	Arbol	1.51
Juun	<i>Sapium</i> sp.	3,4	Arbusto	1.01
Limón	<i>Citrus aurantifolia</i> Osb.	1	Arbusto	2.01
Mandarina	<i>Citrus nobilis</i> Lour.	1	Arbusto	0.50
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	1	Arbol	0.50
Mistel	<i>Amphitecna macrophylla</i> (Seem.) Miers.	1	Arbol	0.50
Momun	<i>Piper auritum</i> Kunth	1	Hierba alta	1.51
Mot'e	<i>Erythrina</i> sp.	1, 3	Arbol	1.01
Naranja	<i>Citrus sinensis</i> Osb.	1	Arbusto	3.52
On'te	<i>Nectandra globosa</i> (Aublet) Mez.	5	Arbol	0.50
Pajul'te	<i>Zanthoxylum</i> aff. <i>Microcarpum</i> Griseb	3	Arbol	1.51
Papaya	<i>Carica pennata</i> Heilb.	1	Arbol	1.01

Clave de Usos: 1).- comestible, 2) forraje, 3) construcción, 4) fabricación de artesanías, 5) combustible, 6) medicinal, 7) sombra, 8) goma, 9) colorante, 10) condimento, 11) otros usos o servicios.

Cont... Cuadro 1 .

Nombre Común	Nombre Científico	usos'	Forma Biológica	Frecuencia
Pimil	Calathea macrochlamys Woodson & Standj.	11	Hierba alta	2.01
Plátano roatan	Musa sapientum L..	1, 7	Arbol	4.52
Pom'te	Neurolaena lobata (L.) R. Br.	5	Arbusto	1.01
Pomarrosa	Eugenia jambos L.	1,7	Arbol	2.01
Sac juluchay	Bernardia aff. Interrupta (Schellcht.) Muell-Arg.	5	Arbol	0.50
Sac Mumus	Lippia myriocephala Schlech. & Cham.	3	Arbol	2.01
Sajal Bat	Heliocarpus mexicanus (Turcz) Sprague	5	Arbol	0.50
Saquil Bat	Heliocarpus appendiculatus Turcz.	5	Arbol	0.50
Shin'te	Lonchocarpus sp.	5, 7	Arbusto	1.01
Sitit	Vernonia deppeana Less.	5	Arbusto	0.50
Sun	Tithonia rotundifolia (Miller) Blake	1	Arbusto	0.50
Tanchit	Calyptanthus sp.	3, 5	Arbol	0.50
Toj'pos'te	Cupania dentata D.C.	5	Arbol	0.50
Tumin'te	Croton bilibergianus Mull Arg.	5	Arbol	0.50
Tzajalobal	Musa sapientum L.	1, 7, 10	Arbusto	0.50
Tzelel	Inga punctata Willd.	5,7	Arbol	6.53
Tzost'e	Liquidambar styraciflua L.	3, 5	Arbol	0.50
Ujchum	No identificada	7	Arbusto	0.50
Ulusí	Myriocarpum longipes Liebm.	5	Arbol	0.50
Weel	Orthion subssesile (Standj.) Steyerm. Y Stadl.	5	Arbol	0.50
Xacaxte	No identificada	3, 5	Arbusto	0.50
Xaxib'te	Senna multijuga (L.C. Rich.) et B. var. Dovelí	3, 5, 7	Arbol	1.01
Xoch'bat	Heliocarpus reticulatus Nash	5	Arbol	0.50
Ya can chamel	No identificada	5	Arbusto	0.50
Yash'ajal'te	Eupatorium chiapensis Rob.	7	Arbusto	1.01
Zapote	Calocarpum zapota Merr.	1, 7	Arbol	1.01

Clave de Usos: 1).- comestible, 2) forraje, 3) construcción, 4) fabricación de artesanías, 5) combustible, 6) medicinal, 7) sombra, 8) goma, 9) colorante, 10) condimento, 11) otros usos o servicios.

Discusión

El cafetal juega un papel decisivo en la suplementación de productos para la unidad doméstica. Es significativo que el uso más frecuente sea el alimenticio, lo cuál corrobora el importante papel que tiene el cafetal como fuente de productos básicos y complemento a la dieta de las familias campesinas. Estos datos coinciden con los encontrados en otras áreas, en donde se señala la importancia de la diversidad de los cafetales en la obtención de productos y servicios por los

grupos sociales que los manejan además del efecto en la conservación de recursos, especialmente en regiones donde las áreas boscosas son escasas (Jiménez-Avila, 1979; Alfaro y Rojas, 1992; Lagemann y Heuveldop, 1992; Godínez y Soto, en prensa). Densidades como las encontradas aquí, entre 100 y 1000 árboles por *hectárea* son similares a los reportados para cafetales y huertos familiares con manejo tradicional, en donde la composición del sistema es importante para la sobrevivencia de los grupos campesinos que los manejan (Parkash et al., 1989; Alvarez-Buylla et al., 1989; Caballero, 1992; Budowski ²Com. Pers.).

Los resultados mostraron que la densidad de árboles de sombra no tuvo efecto sobre los rendimientos como ha sido reportado por otros autores, quienes encontraron que con incrementos de la densidad de árboles decreció la producción de café. Por ejemplo, en México, Nolasco (1985) reporta que más de la mitad de cafetales del país presentan sombras demasiado densas que posiblemente reduzcan los rendimientos, sin embargo la autora asocia densidad con cobertura, sin que esto tenga una estricta correspondencia. En Costa Rica, después de diez años de experimentación, Hernández y colaboradores (1997) encontraron que una densidad de 100 árboles por hectárea de *Cordia alliodora* mantuvo los mismos rendimientos del control sin sombra, pero con densidades más altas se observó una reducción en la producción. Asimismo, Escalante en Venezuela (1996) encontró que al incrementar el número de árboles de sombra y maderables de 259 a 353 se redujeron en un 26% los rendimientos; y al aumentar de 419 a 561 árboles de sombra, maderables y frutales, la producción se redujo en un 100%. Sin embargo, estos autores no midieron la cobertura de los árboles de sombra y su influencia sobre la planta de café. Los resultados de este trabajo sobre el efecto de la cobertura sobre los rendimientos concuerdan en parte con los encontrados anteriormente por otros autores (Huxley, 1967; Rayner, 1942) quienes reportaron que coberturas moderadas resultaron en mayores tasas de asimilación en comparación con aquellas ocurridas en plena iluminación. Sin embargo, todavía existe mucha discusión en tomo a los efectos de la sombra sobre la producción de café. Los resultados en diferentes trabajos por cuanto a la sombra se refieren, son contradictorios, ya que algunos autores han reportado por ejemplo, retardo del crecimiento con incrementos de sombra (Huxley, 1967), pero otros, han encontrado lo contrario (Huerta, 1954; Castillo, 1961). Ramajah y Gopal (1969) encontraron que una iluminación entre 50 y 75% de luz solar directa incrementó el área foliar y la elongación y producción de nudos, mientras que bajo luz directa los estomas tendieron

a cerrarse, resultando en una ineficiencia fotosintética. Asimismo, Alvim (1958), Rayner (1942), Guiscafre y Gómez (1942), Montoya et al. (1961) y Suárez de Castro et al (1962) observaron efectos benéficos de la sombra cuando se compararon plantas a la sombra contra plantas con alta iluminación. Rayner (1942) señaló la importancia del control de la sombra para evitar altas temperaturas y demasiada intensidad de luz para un crecimiento y producción adecuada de café en Latinoamérica.

Muschler en Costa Rica encontró niveles óptimos de rendimientos entre 20 y 60% de sombra. No encontró diferencias en producción entre café a plena exposición y los niveles antes mencionados, pero sí observó una baja de rendimiento a 80% de sombra, pero aún con este porcentaje de sombra se produjo un rendimiento de 40 fanegas ha⁻¹ (Muschler, 1997). Otros autores, sin embargo, han encontrado efectos favorables a pleno sol (Huerta 1954; Alvim, 1960). Nolasco (1985) reportó que en más del 50% de 1008 cafetales estudiados en México, presentaron bajos rendimientos (entre 1 y 10 qq por ha), con densidades entre menos de 100 y 998 árboles ha⁻¹ pero no ofrece datos sobre la cobertura de estos cafetales. En años recientes, bajo el argumento de que ocurre mayor incidencia de plagas y enfermedades del café en cultivo bajo sombra y basados en resultados de trabajos que han encontrado significancia de la densidad, se han propuesto prácticas "modernizadoras" para éste cultivo, las cuales incluyen la eliminación o el monocultivo de la sombra (Coyner, 1960), sin embargo, se ha comprobado, que un mayor nivel de producción requiere de altas cantidades de insumos, principalmente productos químicos y fuerza de trabajo y deteriora el banco de recursos de la flora y la fauna asociadas, así como la calidad del agua y del suelo (Rice, 1990). La intensificación del cafetal mediante la eliminación de la sombra o la utilización de una sombra monoespecífica implica la reducción de la diversidad y la densidad de árboles de sombra (Espinoza, 1985; Beer, et al. 1997).

La cobertura del cafetal juega un papel muy importante en el mantenimiento de la diversidad y de las condiciones que propician una producción sostenida. Se ha comprobado que los cafetales juegan un papel importante en la conservación de nichos de artrópodos (Stork y Brendell, 1990; Moron y López-Méndez, 1985; Torres, 1984; Nestel et al, 1993; Perfecto et al., 1996), aves (Greenberg, et al., 1995), mamíferos (Gallina et al., 1992, 1996; Estrada et al. 1993) y plantas (Purata y Meave, 1993; Nir, 1988) e incluso se ha llegado a mencionar, por ejemplo, en el caso de las aves, que en cafetales con estructura y diversidad complejas, se ha encontrado una

2 Profesor-Investigador de la Universidad para la Paz, Naciones Unidas. Costa Rica, 1993.

riqueza de especies comparable a habitats de bosque natural (Aguilar-Ortiz, 1982; Corredor, 1989 y Greenberg et al. en prensa).

El hecho de que la densidad de árboles de sombra no haya tenido significancia y que el efecto de la cobertura se comporte de una forma cuadrática, nos hace pensar que los productores pueden seguir manteniendo sus cafetales con árboles de sombra, bajo altas densidades y coberturas tradicionales con los beneficios adicionales que esto conlleva. Esto tiene implicaciones productivas y de conservación, ya que mientras los cafetales continúan siendo áreas de refugio de biodiversidad mediante el manejo de coberturas y densidades tradicionales, los productores pueden obtener rendimientos medios de 587 gr/plantalaño de café pergamino, lo cuál, considerando una densidad de 2 mil plantas productivas por hectárea equivale a 17 quintales por hectárea, lo cuál está por arriba de la media estatal y nacional de café (Rice, 1994; Nestel, 1995). Nuevos servicios como la captura de carbono por medio de la incorporación de árboles maderables es una de los usos potenciales que posee el cafetal, especialmente en áreas donde la deforestación ha avanzado y donde no existen áreas para plantaciones de uso exclusivamente forestal. Se ha calculado para los cafetales promedio con una densidad de 500 árboles de sombra, que una densidad adicional de 100 árboles de sombra (*Cedrella odorata* o *Cordia alliodora*) por hectárea (600 árboles por hectárea en total) podrían capturar una cantidad de 64 tonClha en el largo plazo, obteniendo los productores un pago por este servicio a lo largo del tiempo que se mantenga la captura (de Jonget al, 1995, 1997),

Por otro lado, un aspecto que resalta de los resultados, es que, la proporción de ramas productivas en relación al total de ramas de la planta tuvo un efecto directo y positivo en los rendimientos de grano, lo cuál es un efecto indirecto de la aplicación de podas. El número de ramas productivas de los cafetos es muy variable, encontrándose desde 8% hasta 73% en relación al total de ramas de la planta. La correlación positiva de número de ramas productivas indicó, que mientras mayor número de ramas productivas se encuentren, se esperan mayores rendimientos de grano. Estos resultados confirman la necesidad de la poda del cafeto para elevar los rendimientos, como se ha señalado anteriormente por otros autores (Nolasco, 1985; Villaseñor, 1987). La poda tiene como objetivo eliminar las ramas viejas para permitir el rejuvenecimiento de ramas nuevas, ya que las primeras, que han producido una vez, no volverán a fructificar en años subsiguientes.

El efecto del porcentaje de ramas productivas con relación al total de ramas del cafeto es muy importante, ya que se observó que cafetales con altas coberturas mayores de 50% tienen un

buen potencial productivo, especialmente aquellos cafetales cuyas plantas de café tienen más del 50% de sus ramas productivas en relación al total de ramas del cafeto, aunque la interacción entre cobertura y ramas productivas no resultó estadísticamente significativa.

Por otro lado, con respecto al efecto de la altitud sobre la producción, se encontró que a altitudes arriba de 900 m s.n.m. bajaron los rendimientos, pero en contraposición, se ha señalado que en altitudes arriba de 900m, se incrementa la calidad del café (Villaseñor, 1987; Rice, 1994)}. Tomando en cuenta ésta consideración, se podría afirmar que el hacer una separación entre café de altura (>900 m) y café de áreas bajas (<900 m) -lo cuál no se realiza actualmente en la región tendría ventajas económicas, ya que en las zonas bajas se compensaría la calidad con la cantidad, mientras que en zonas altas se compensaría la cantidad con la calidad.

Tomando en cuenta que el sistema descrito se maneja en un nivel de bajos insumos, que tiene objetivos de autoabasto y de mercado, que se desarrolla en áreas montañosas y bajo una mezcla de variedades tradicionales, se puede decir que el sistema cafetalero tradicional de la zona tzeltal de Chiapas -que es parecido al sistema cafetalero de la mayor parte de la zona cafetalera montañosa de México- presenta una amplia robustez al ser manejado bajo sombra como lo señala Muschler (1997b) en su propuesta de los factores claves para ser usados en la decisión del nivel de sombra. La producción de café de la zona de estudio presenta un potencial de ser mejorada mediante prácticas sencillas como la poda, sin perder los atributos productivos y de conservación del sistema agroforestal.

Conclusiones

Se concluye que la estructura del cafetal tiene efecto sobre la producción de café. La cobertura de los árboles de sombra tienen un efecto positivo en un rango entre 23 y 39% de cobertura, coberturas mayores hasta de 60% mantienen la producción. Con coberturas arriba de 60% la producción puede decrecer si no hay un buen manejo de la poda del arbusto de café. La densidad de árboles de sombra no tuvo efecto sobre los rendimientos. Esto tiene implicaciones productivas y de conservación de recursos. La producción media encontrada entre 40 y 60% de cobertura fue de 587 gr/planta de café pergamino,

La altura sobre el nivel del mar tuvo un efecto negativo sobre los rendimientos y el porcentaje de ramas productivas en relación al total de ramas (efecto indirecto de las podas) tuvo un efecto positivo.

Los árboles y arbustos asociados al café se encontraron en una alta densidad y diversidad. Todas las especies asociadas al café tuvieron usos múltiples básicos para la familia campesina.

Literatura citada

- Aguilar-Ortíz, F. 1980. Estudio ecológico de las aves del cafetal. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Ver. México.
- Alfaro, M.M. y I. Rojas. 1992. Sistemas agroforestales en la Cuenca Superior del Río Nosara, Guanacaste, Costa Rica. In: Montagnini, F. Sistemas Agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para Estudios Tropicales, San José Costa Rica, pp.277-330.
- Alvarez-Buylla, M.E., E. Lazos-Chavero y J. R. García-Barrios. 1989. Homegarden of a humid tropical region in Southeast Mexico: an example of an agroforestry cropping system in a recently established community. *Agroforestry Systems* 8:133-156.
- Alvim, P. 1960. Physiology of growth and flowering in coffee. *Coffee*, 2(6): 57-62
- Anderson, M.C. 1964. Studies of the woodland light climate. 1. The photographic computation of light conditions. *Journal of Ecology* 52, 27-41.
- Barradas, V. L. y L. Fanjul. 1984. La importancia de la cobertura arbórea en la temperatura del agroecosistema cafetalero. *Biótica* 9(4): 415-421
- Beer, J. 1987. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agroforestry Systems* 5: 3-13.
- Beer, J., R. Muschler, D. Kass y E. Somarriba. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry systems* 38: 139-164.
- Beer, J., R. Muschler, E. Somarriba, D. Kass. 1997. Maderables como sombra para café. *Boletín PROMECAFE (Guatemala)*, 76-77:5-7.
- Beniest, J. 1994. Diagnosis and design. International Centre for Research in Agroforestry. Nairobi, Kenya. 59 p.
- Breton, A. 1984. Bachajón. Organización socioterritorial de la comunidad Tzeltal. Instituto Nacional Indigenista, México. Serie de Antropología Social no. 68. México, D.F. 286.
- Caballero, J. 1992. Maya homegardens: past, present and future. *Etnoecológica* 1 (1): 35-54.

- Cannel, M.G.R. 1975. Crop physiological aspects of coffee bean yield: a review. *J. Coffee Res.* 5:7-20.
- Caramori, P.H., A. Andriocioli Jr. Y A.C. Leal. 1996. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth. For frost protection in southern Brazil. *Agroforestry Systems* 33: 205-214.
- Castillo, J. E. 1961. Ensayo de análisis de crecimiento en café. *Cenicafé* (Colombia) 12: 1-16. Comisión Nacional del Café de Nicaragua. 1992. Estimación de cosecha en plantaciones de café en Nicaragua. In: Instituto Hondureño del Café (Comp.). Seminario-Taller Regional sobre Pronósticos de Cosechas de Café. Tegucigalpa, Honduras, pp. 54-77
- Corredor, G. 1989. Estudio comparativo entre la avifauna de un bosque natural y un cafetal tradicional en Quindío. Tesis profesional, Universidad del Valle, Colombia.
- Coyner, M.S. 1960. Agriculture and trade in Nicaragua. Washington (DC): Foreign Agriculture Service.
- Escalante, E. E. 1995. Coffee and agroforestry in Venezuela. *Agroforestry Today* Vol 7 (3-4): 5-7.
- Espinoza, L.P. 1985. Untersuchungen über die Bedeutung der Baumkomponente bei agroforstwirtschaftlichem Kaffeeanbau an Beispielen aus Costa Rica. PhD. Tesis. Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in der Tropen und Subtropen. Heft 10, 164 pp.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada, D. Merritt Jr. 1993. Bat species richness and abundance in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, México. *Ecography* 16: 309-318.
- Fassbender, H.W., L. Alpizar, J. Heuveldop, G. Enriquez y H. Foister. 1985. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y café con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. III Modelos de la materia orgánica y los elementos nutritivos. Turrialba (C.R) 35: (4): 403-413.
- Gallina, S.; Mandujano, S. y A. González-Romero. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems* 33: 13-27.
- Gallina, S.E., S. Mandujano, A. Gonzales-Romero. 1992. Importancia de los cafetales mixtos para la conservación de la biodiversidad de mamíferos. *Bol. Soc. Ver. Aool.* 2: 11-17.
- Godínez, J. y M.L. Soto P. Caracterización del sistema agroforestal café orgánico bajo sombra en tres municipios de la Región Fronteriza del estado de Chiapas. *Revista Chapingo*, en prensa.

- Granados, S. D, y J. Vera L. 1995. El sistema agroforestal cafetalero en Cordoba, Veracruz. Revista Chapingo. Ciencias Forestales 1:97-108.
- Greenberg, R., J. Salgado-Ortiz, I. Warketin, P. Bichier. 1995. Managed forest patches and the conservation of migratory birds in Chiapas, Mexico, pp 178-190 in M. Wilson, E. Sader, Eds. The conservation of migratory birds in Mexico. Technical Publication, Orono (ME), University of Maine, School of Natural Resources.
- Guiscafre, A.J. y Gómez, R.C. 1942. Efectos of solar radiation intensity on the vegetative growth and yield of coffee. Journ. of Agrie. Univ. Puerto Rico. 62:77-89.
- Hernández, G. O., J. Beer y H. von Platen. 1997. Rendimiento de café (*Coffea arabica* cv Caturra), producción de madera (*Cordia alliodora*) y análisis financiero de plantaciones con diferentes densidades de sombra en Costa Rica. Agroforestería en las Américas Vol. 4 (13): 8-13.
- Huerta, H.S. 1954. La influencia de la intensidad de luz en la eficiencia asimilatoria y el crecimiento de cafeto. TICA, Costa Rica.
- Hutchinson, I.D. 1988. Points of departure for silvicultura in humid tropical forests. Comnw. For. Rev. 67 (3): 223-230.
- Hutchinson, I. D. 1991. IV Curso Intensivo de Silvicultura y Manejo de bosques Naturales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- Huxley, P.A. 1967. The effects of artificial shading on some growth characteristics of Arabica and Robusta coffee seedlings. I. The effects of shading on dry weight, leaf area and derived growth data. Journ. Appl. Ecoj. 4 (2): 291-308.
- Ibarra-Núñez, G. 1990. Los artópodos asociados a cafetos en un cafetal mixto del Soconusco, Chiapas, México. 1. Variedad y abundancia, Folia Entomológica Mexicana, 79: 207-231 INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1990. Censo Nacional Agropecuario.
- Jiménez-Avila, E. 1980. Efecto de diferentes estructuras sobre el balance hídrico del cafetal. In: Memorias 1. Simposio-Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero, Xalapa, Veracruz, México.
- Jiménez-Avila, E. y P. Martínez V. 1979. Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero. II. Producción de materia orgánica en diferentes tipos de estructura. Biótica, 4: 109-126. Jiménez-Otarola, F. 1986. Balance hídrico con énfasis en percolación de dos sistemas agroforestales: café-poró y café-laurel, en Turrialba, C. R., Programa UCR-CATIE, 104 p.

- Jong, B. H., G. Montoya-Gómez, K. Nelson, L. Soto-Pinto, J. Taylor y R. Tipper. 1995. Community forest management and carbon sequestration: a feasibility study from Chiapas, Mexico. *Interciencia*. Vol. 20 (6): 409-416.
- Jong, B. H., L. Soto-Pinto, G. Motoya-Gómez, K. Nelson, J. Taylor y R. Tipper. 1997. Forestry and agroforestry land-use systems for Carbon mitigation: an analysis in Chiapas, Mexico. In: W.N. Adger, D. Petteneila y M. Whitby. *Climate-change mitigation and European land -use policies*. CAB International, pp. 269-246.
- Kathirgamathaiayah, S., P.J. Wickramasinghe y A.M.D. Abeykoon. 1993. Effect of shading by *Acacia mangium*, *Calliandra calothyrsus*, *Erythrina subumbrans* and *Gliricidia sepium* on canopy development and fruiting of two coffee cultivars. In: Westley, S. y M. Powell (Eds.). *Erythrina in the new and old worlds*. Nitrogen Fixing Tree Research Reports. Special Issue, pp. 125-128
- Lagemann, J. y J. Heuveltop. 1992. Caracterización y evaluación de sistemas agroforestales: el caso de Acosta-Puriscal, Costa Rica. In: Montagnini, F. *Sistemas Agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos*. Organización para Estudios Tropicales, San José Costa Rica, pp. 331-345.
- Moguel, P. y V..M. Toledo. 1996. El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias*, 43: 40-51.
- Montoya, G., L. Soto P., B. Jong, K. Nelson, P. Farías, J. Taylor, R. Tipper. 1995. Desarrollo forestal sustentable: captura de carbono en las zonas tzeltal y tojolabal del estado de Chiapas. Cuadernos de Trabajo 4. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 79 p. Montoya, L.A. y R. Umana. 1961. The effect of three light intensities and three levels of nitrogen (urea) on incidence of die-back. *Coffee* 3(8): 1-15
- Morón, M.A., J.A. López-Méndez. 1985. Análisis de la entomofauna necrófila de un cafetal en el soconusco, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana* 63: 47-59.
- Müllerried F. K.G. 1957. *Geología de Chiapas*. Editorial Cultura. México, D.F. 180 p.
- Musalem, M. A. 1994. La asociación de cafetal con árboles. Una combinación promisoriosa para los trópicos de México. *Boletín Informativo del PROAFT*, año 2 (3): 7-9.
- Muschler, R. G. 1997a. Efectos de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor. In: *Memorias del XVIII Simposio Latinoamericano de Cafeticultura*, Sept. 1997. San José, Costa Rica, pp. 157-162.
- Muschler, R. G. 1997b. Sombra o sol para un cafetal sostenible: un nuevo enfoque de una vieja

- discusión. In: Memorias del XVIII Simposio Latinoamericano de Cafecultura, Sept. 1997. San José, Costa Rica, pp.471-476.
- Muschler, R. G. y A. Bonnemann. 1997. Potentials and limitations of agroforestry for changing land-use in the tropics: experiences from Central America. *Forest Ecology and Management* 91: 61-73.
- Nair, P. K. R. 1989. Agroforestry systems in the tropics. Kluwer Academic-ICRAF. Dordrecht, Holanda. 664.
- Nestel, D. 1995. Coffee in Mexico: International market, agricultural landscape and ecology. *Ecological Economics* 15: 165-178.
- Nestel, D., F. Dickeschen, M.A. Altieri. 1993. Diversity patterns of soil macro-coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: an introduction of habitat perturbation. *Biodiversity and Conservation* 2: 70-78,
- Nir, M.A. 1988. The survivors: orchids on a Puerto Rican coffee finca. *American Orchid Society Bulletin* 57: 989-995.
- Nolasco, M. 1985. *Café y sociedad en México*. Centro de Ecodesarrollo, México D. F. 454 p. Parkash, Q., P. Kumar y P. Kumar. 1989. Structure and function of traditional agroforestry systems in the western Himalaya. 1. Biomass and productivity. *Agroforestry Systems* 9: 71-89.
- Perfecto, I. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46(8): 598-608.
- Perfecto, I. y H. Vandermeer. 1994. Understanding biodiversity loss in agroecosystems: reduction of ant diversity resulting from transformation of the coffee ecosystem in Costa Rica. *Entomology (Trends in Agriculture)* 2: 7-13
- Purata, S. y J. Meave. 1993. Agroecosystems as an alternative for biodiversity conservation of forest remnants in fragmented landscapes. In: *Symposium Abstracts Forest Remnants in the Tropical Landscapes: Benefits and Policy Implications* p. 9. Washington DC. Smithsonian Migratory Bird Center.
- Ramajah, P.K. y N.H. Gopal. 1969. Effects of temperature and light on Arabica Coffee. *Indian coffee*, 33: 254-263.
- Ramírez, L.G. 1993. Producción de café (*Coffea arabica*) bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook. In: *Westley, S. y M. Powell* (Eds.). *Erythrina in the new and old worlds*. Nitrogen Fixing Tree Research Reports.

Special Issue, pp. 121123

- Rayner, R.W. 1942. Shading of coffee in Latin America. The Coffee Board of Kenya. Monthly Bulletin 7(80).
- Rice, R. 1993. New thechnology in coffee production: examining landscape transformation and internacional aid in northem Latin America. Report of the Smithsonian Migratory Bird Center, Washington, DC.
- Rice, R. 1994. The history and land use pattems of coffee and cacao production in the Ocosingo-Altamirano-Las Margaritas area of Chiapas, Mexico: 1950-Present. A Background Paper Prepared for The Smithsonian Migratory Bird Project, Smithsonian Institution, Washington, DC.33 p.
- SAS Institute Inc.. 1989. SASISTAT User's Guide, Version 6, Fouth Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc. 2 Vals.
- Steege, H. 1996. Hemiphot. Tropenbos, University of Wageningen, Holanda.
- Steel, R. G., J. Torne. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw Hill, Segunda Edición. México. 622 p.
- Stork, N. E. y M.J.D. Brendell. 1990. Variation in the insect fauna of Salawesi trees with season, altitude, and forest type. In: Knight W.J, y J. D. Holloway (Eds). Insects and the rain forest of South East Asia (Wallacea). London. The Roya; Entomological Society of London pp. 173-194.
- Suárez de Castro, F., N. Mauricio, L. Montenegro y M. Bolaños. 1962. Influence of shade, organic matter and planting distances upon growth of coffee seedlings. Coffee 4(13): 25-35.
- Torres, J.A. 1984. Diversity and distribution of ant communities in Puerto Rico. Biotrópica 16: 296 303.
- Villaseñor, L.A. 1987. Caficultura moderna en México. Instituto Mexicano del Café. México, 469 p.

Agradecimientos

Los autores queremos agradecer ampliamente a los productores de la Unión de Crédito Paja;

Yak'actic por su interés en la investigación participativa, especialmente a los dueños de las parcelas evaluadas. También a quienes apoyaron en el trabajo de campo el Sr. Manuel de Jesús Martínez-Gómez y a Sergio Gómez Urbina. Agradecemos la asesoría del Dr. John Beer y Johnny Pérez del CATIE (Costa Rica) y al Dr. Gerardo Segura y Dr. Robert Bye de la Universidad Nacional Autónoma de México. Esta investigación no hubiera sido posible sin el financiamiento de El Colegio de la Frontera Sur, la CONABIO y la Fundación MacArthur (M018197).