

ISSN 1022-7482

AGROFORESTERIA

Vol. 8 N°30 2001

EN LAS AMERICAS

www.catie.ac.cr/informacion/rafa/



Investigación Agroforestal de Posgrado de CATIE en el 2000

CATIE

Índice

1. Editorial

J. Beer	
Educación de posgrado en el siglo 21	4

2. Agroforestales en América

3. Avances de Investigación

<i>Giniva Guiracocha, Celia Harvey, Eduardo Somarriba, Ulrike Krauss, Eduardo Currillo</i>	
Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica	7
<i>Maybelyn Escalante, Eduardo Somarriba</i>	
Diseño y manejo de los cafetales del Occidente de El Salvador	12
<i>Francisco Casasola, Muhammad Ibrahim, Celia Harvey, Christoph Kleinn</i>	
Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua	17
<i>Hernán Nieto, Eduardo Somarriba, Manuel Gómez</i>	
Contribución de <i>Acacia pennatula</i> (Carbón) a la productividad agroforestal sostenible de la Reserva Natural Mirafior-Moropotente, Estelí, Nicaragua	21
<i>Yvette Michelle Alonzo, Muhammad Ibrahim, Manuel Gómez, Kees Prins</i>	
Potencial y limitaciones para la adopción de sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cayo, Belice	24
<i>Amílcar Aguilar, John Beer, Philippe Vaast, Francisco Jiménez, Charles Staver, Christoph Kleinn</i>	
Desarrollo del café asociado con <i>Eucalyptus deglupta</i> ó <i>Terminalia ivorensis</i> en la etapa de establecimiento	28
<i>Gabriela Avila, Francisco Jiménez, John Beer, Manuel Gómez, Muhammad Ibrahim</i>	
Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica	32
<i>Henry A. Perla, Donald Kass, Muhammad Ibrahim, Francisco Jiménez</i>	
Productividad y capacidad de reciclar fósforo de diferentes accesiones de <i>Arachis pintoi</i> asociados con <i>Acacia mangium</i> en Guápiles, Costa Rica	36
<i>Jong-hyon Shin, Andrea Schlönvoigt, Donald Kass, Kees Prins</i>	
Validación de tecnologías agroforestales en Río Guayabo, Costa Rica	40
<i>Michaela Schaller, Götz Schroth, John Beer, Francisco Jiménez</i>	
Interacciones radiculares entre <i>Eucalyptus deglupta</i> y gramíneas competitivas	44
<i>Patrick Chesney, Andrea Schlönvoigt, Donald Kass, Paul Vlek, Dieter Murach</i>	
Repuestas de las raíces finas y acumulación de nitrógeno en el follaje de <i>Erythrina poeppigiana</i> después de podas parciales y completas	48

4. ¿Cómo hacerlo?

<i>Carlos Navarro, Gustavo Hernández</i>	
Cómo introducir cedro (<i>Cedrela odorata</i>) y caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>) dentro de cafetales: consejos prácticos para promover sistemas agroforestales	52
<i>Eduardo Somarriba</i>	
El análisis y mejoramiento de las plantaciones lineales de una finca	55

5. Noticias Agroforestales

7. Reseñas Agroforestales

8. Publicaciones Agroforestales

9. Agenda Agroforestal

En esta edición fungió como editor Técnico el Dr. John Beer, Jefe del Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales del CATIE, Turrialba



En la zona indígena de Talamanca, los SAF con cacao y banano podrían servir como zonas de amortiguamiento, ver pag 7



La mayor valoración económica del servicio ambiental de almacenamiento de carbono, correspondió al sistema agroforestal café-eucalipto, ver pag 32



El uso de *Terminalia ivorensis* en sistemas agroforestales con café, requiere de podas más drásticas, ver pag 28

Educación de Posgrado en el Siglo XXI

La publicación de los resultados agroforestales de tesis del CATIE en revistas regionales (como la RAFA) y/o internacionales (como Agroforestry Systems), es un requisito de graduación en M.Sc. o Ph.D del CATIE. Esto asegura que la comunidad científica y de desarrollo conocerá inmediatamente los nuevos aportes y tecnologías generadas. En este quinto número especial, dedicado a las tesis de nuestros estudiantes, celebramos un evento importante, porque incluimos un artículo sobre una investigación que formó parte de la tesis de doctorado del Dr. Patrick Chesney, el primer Ph.D graduado en el programa agroforestal del CATIE. En reconocimiento a la demanda de nuevos profesionales altamente calificados, el CATIE estableció un programa de doctorado (Ph.D) en el año 1996, aprovechando sus 50 años de experiencia administrando el primer programa de maestría en manejo de bosques y agricultura tropical en América Latina. El programa de Ph.D en agroforestería ha sido muy bien recibido: hay 13 estudiantes matriculados para el año 2001.

Al mismo tiempo CATIE ha ido modernizando sus programas de Maestría, con la apertura de un M.Sc. en temas sociales y económicos, un énfasis en los servicios de sistemas naturales y manejados (p.e., Biodiversidad) y con la opción de "Especialidad y Sub-especialidad", a partir del 2001, lo cual permite a un estudiante obtener su título con dos énfasis; p.e., especialidad en agroforestería y sub-especialidad en economía.

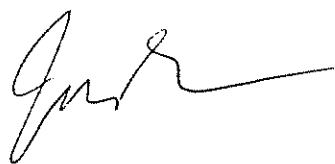
Otra innovación de mucha importancia para la educación de posgrado, y una base fundamental para el programa Ph.D del CATIE, ha sido el desarrollo de programas de doctorados conjuntos. Las Universidades que han liderado este nuevo modelo internacional de educación superior son la Universidad de Gales (Bangor, Reino Unido) y la

Universidad de Idaho (USA). Un Ph.D conjunto con estas universidades de reconocimiento mundial y de larga tradición en agricultura y recursos naturales, ofrece las siguientes ventajas a los estudiantes:

1. Experiencia multi-cultural con estadias en dos de las instituciones involucradas;
2. Respaldo de algunas de las mejores facilidades de campo y laboratorio disponibles en una zona tropical (p.e., CATIE, que también tiene oficinas y proyectos en muchos países de América Latina);
3. Acceso a instalaciones y equipo tecnológico avanzado, especialmente laboratorios, en las Universidades de Gales y Idaho;
4. Comités de supervisión compartidos que ofrecen un respaldo científico diverso del más alto nivel;
5. Mayores recursos de información bibliográfica al compartir los beneficios de las colecciones en el CATIE (especializadas en agricultura y recursos naturales en los trópicos) y las universidades asociadas;
6. Cercana relación con proyectos de desarrollo, universidades nacionales, organizaciones gubernamentales y no-gubernamentales en los once países miembros del CATIE.

Con los doctorados conjuntos, el estudiante que quiere especializarse en temas agrícolas y/o de recursos naturales tropicales, tiene lo mejor de "dos mundos". Además, tiene un respaldo sólido con cursos, tutoriales y dirección de un amplio grupo de científicos con diferentes especializaciones. Tiene también la oportunidad de llevar a cabo su investigación en un ambiente tropical y contar con un excelente respaldo logístico y de experiencia científica, ganada en más de 50 años de investigación aplicada y estratégica en América Latina.

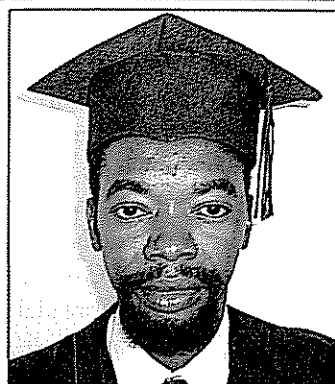
Esperamos que este número anime a los profesionales latinoamericanos a participar en nuestros doctorados conjuntos.



Dr. John Beer
Jefe del Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales
CATIE, Turrialba.

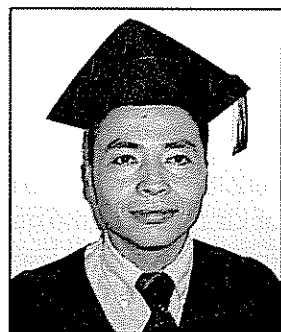
Agroforestales en América

Doctorado



PATRICK EWART KENT CHESNEY, nació en New Amsterdam, Guyana en 1966. Estudió en la University of Puerto Rico, Mayaguez, donde obtuvo su Maestría, en 1994. Trabajó como Asistente de extensión agrícola en Guyana con la MMA-ADA. Fue asistente de investigación y científico de investigación en el NARI, Guyana. Con fondos del DAAD, Gobierno Alemán, el ISF de Suecia ingresó al Programa de Doctorado en Sistemas Agroforestales Tropicales del CATIE y obtuvo su grado en diciembre del 2000. Dirección: National Agricultural Research Institute (NARI). Mon Repos East Coast Demerara, Guyana. Teléfono: (592)202843. Email: nari@guyana.net.gy

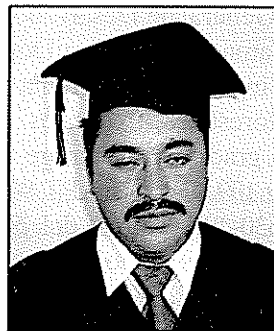
Maestrías



AMÍLCAR AGUILAR CARRILLO, nació en Potosí, Rivas, Nicaragua en febrero de 1964. Estudió en la Universidad Nacional Agraria (UNA), Nicaragua, donde se graduó como Ingeniero Agrónomo, con énfasis en Fitotecnia en diciembre de 1987. Trabajó como: productor privado, docente en el Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA), investigador en cultivos anuales en el Centro Experimental "Raúl González" del Valle de Sébaco, Matagalpa y como Asistente de Investigación del Proyecto CATIE/INTA-MIP (NORAD), Managua, Nicaragua. Con fondos de Proyecto CATIE-INTA/MIP (NORAD) ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales Tropicales del CATIE en enero de 1999 y obtuvo su grado en diciembre del 2000. Dirección: Jardines de Veracruz, Casa B-20. Managua, Nicaragua. Email: ramilcar@mipafcatie.org.ni



GABRIELA AVILA VARGAS, nació en Grecia, Alajuela, Costa Rica en 1972. Estudió en la Universidad de Costa Rica, en la Facultad de Agronomía, donde se graduó de Licenciada en Economía Agrícola con énfasis en gestión y extensión agraria en 1998. Trabajó como Coordinadora Nacional de Capacitación y Extensión, en la Junta Nacional Forestal Campesina (JUNAFORCA). Con fondos del proyecto CATIE-GIZ ingresó al Programa de Maestría del CATIE en Sistemas Agroforestales Tropicales en 1999 y obtuvo su grado en diciembre del 2000. Dirección: Grecia, Alajuela, Costa Rica. Tel: (506) 458-4383. Email: gavila@costarricense.com



FRANCISCO ROLANDO CASASOLA COTO, nació en Costa Rica en 1971. Estudió en la Sede del Atlántico, de la Universidad de Costa Rica, donde se graduó de Licenciado en Agronomía con énfasis en Fitotecnia en 1998. Trabajó como asistente de investigación en el Área de Sistemas Agroforestales del CATIE y ha realizado consultorías privadas en producción hortícola y ganadera. Con fondos de Fundatrópicos, FONABE, PANIF y fondos propios ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales Tropicales del CATIE en enero de 1999 y obtuvo su grado en diciembre del 2000. Dirección: Barrio San Rafael, Turrialba. Teléfono: (506) 556-2128. Email: fcasasol@catie.ac.cr



MAYBELYN YAMILET ESCALANTE SANTOS, nació en El Salvador en 1971. Estudió en la Universidad de El Salvador, donde se graduó de Ingeniera Agrónoma Generalista en 1998. Trabajó en el área socioeconómica con Cooperativas Agrícolas con CONFRAS y como asistente

del laboratorio de Biotecnología de la Universidad de El Salvador (UES). Con fondos de DANIDA ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales Tropicales del CATIE en enero 1999 y obtuvo su grado en diciembre del 2000. Dirección: 16 Avenida sur #31 Residencial Don Bosco. Santa Tecla, El Salvador. Teléfono: (503)288-2230. Email: mayam12@hotmail.com



DELIA GINIVA GUIRACHOCHA FNEINE, nació en Ecuador en 1967. Estudió en la Universidad de Guayaquil, donde se graduó de Ingeniera Agrónoma en 1992. Trabajó como investigadora en el área de oleaginosas con el Programa de Cacao y Núcleo de Asistencia Técnica y Capacitación.

Con fondos de Fundacyt ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales Tropicales del CATIE en enero de 1999 y obtuvo su grado en diciembre del 2000. Dirección: INIAP – Estación Experimental Boli-che, km. 26 Vía Durán-Tambo, Guayas, Ecuador. Teléfono: (593)4717260/717261.

Email: iniap@iniap-ecuador.gov.ec



Jong-hyon Shin, nació en Gogedo, Corea en octubre, 1971. Estudió en la Universidad de Sogang, Seoul, donde se graduó como BA en lengua y literatura inglesa en 1996. Trabajó como Voluntaria (cooperante) de la Agencia de Cooperación Internacional de

Corea (KOICA);, realizando programas de reforestación y viveros Comunales en conjunto con FORESTA, un Programa de la Dirección General de Desarrollo de la Comunidad (DGDC) en Yamasa, República Dominicana. Con fondos propios ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales Tropicales del CATIE en 1999 y obtuvo su grado en diciembre del 2000. Dirección de residencia: 109, Cosmos APT, 91-5, Yangdok 1 dong, Masan, 630-491, Corea del Sur. Tel: (82) 55-293-0447. Email: eos137@yahoo.com



HENRRY ALEXI PERLA MENDOZA, nació en El Salvador en 1970, estudió en la Universidad de El Salvador, donde se graduó de Ing. Agrónomo en 1992. Trabajó como Extensionista Agrícola en CENTA en El Salvador. Con fondos del

Banco Mundial ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales Tropicales del CATIE en enero de 1999 y obtuvo su grado en diciembre del 2000. Dirección: San Miguel El Salvador. Tel: (503) 661-7266. Email: haperla@usa.net

Estudiante Intercambio



MICHAELA VERENA SCHALLER, nació en Ulm, Alemania en 1969. Estudió en la Universidad de Bayreuth, Alemania, donde se graduó en Geoecología en 1996. Trabajó en la caracterización física y química de suelos con GTZ en Rwanda, Africa y en estudios de flujos de agua y nutrientes en sistemas agroforestales en Manaus, Brasil en 1997. Con Fondos de TOEB/GTZ ingresó en 1997 a un programa de Intercambio entre CATIE y la Universidad de Bayreuth, Alemania para presentar su Ph-D en el año 2001. Dirección: AM Roten Berg 51. 89081 ULM, Alemania. Email: WOLFGANG.SCHALLER@t-online.de

Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica¹

Giniva Guiracocha², Celia Harvey³, Eduardo Somarriba³, Ulrike Krauss³, Eduardo Carrillo³

Palabras Claves: árboles de sombra, bosques, composición florística, diversidad, mamíferos, percepciones de productores.

Resumen

Se comparó la biodiversidad (árboles y mamíferos) presente en sistemas agroforestales (SAF) con cacao (*Theobroma cacao*) y con banano (*Musa spp*) y en bosques naturales en fincas de productores Bribri de Baja Talamanca, Limón, Costa Rica. Los SAF tuvieron menor diversidad, menor densidad de árboles y menos especies primarias que el bosque. Sin embargo, tuvieron una estructura multi-estratificada similar al bosque. La diversidad y abundancia de mamíferos fue similar en los SAF y el bosque, lo que sugiere que los SAF pueden proveer hábitat y recursos para ellos. La biodiversidad presente en los SAF proporciona beneficios (madera, frutos, leña, carne) y problemas (principalmente daños de mamíferos a los cultivos) a los indígenas de la región. En Talamanca, la conservación de mamíferos dependerá de un control racional de la cacería, así como de un manejo ecológico de los sistemas agroforestales.

Biodiversity conservation in cocoa and banana agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica.

Abstract

The study compared the biodiversity (trees and mammals) present in cacao (*Theobroma cacao*) and banana (*Musa spp*) agroforestry systems (AFS), and natural forests in farms belonging to Bribri farmers, in Baja Talamanca, Limón, Costa Rica. The AFS had fewer tree species, lower tree densities and fewer primary forest species than the forest. Nevertheless their multi-strata structure was similar to that of the forest. The diversity and abundance of mammals in AFS was similar to that in forests, suggesting that the AFS may provide habitats and resources for mammals. The biodiversity present within the AFS provides benefits (timber, fruits, firewood and meat) and problems (mainly damage to adjacent crops) to the indigenous farmers in the region. In Talamanca, the conservation of biodiversity will depend on the rational control of hunting, as well as the ecological management of the AFS.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales (SAF) con café (*Coffea arabica*), cacao (*Theobroma cacao*) y banano (*Musa spp.*) pueden ser importantes herramientas para la conservación de biodiversidad, porque tienen una gran diversidad de especies, formas de vida y variedad genética. Por su estructura multi-estratificada son capaces de proporcionar hábitat, recursos y alimentos a una variedad de especies de animales y plantas (Alves 1990, Gallina *et al.* 1996, Greenberg *et al.* 1997, Beer 1999, Harvey en prensa). Sin embargo, la conservación de la diversidad depende mucho del diseño y manejo de los

SAF por parte del agricultor y de sus actitudes hacia la biodiversidad.

El objetivo de este estudio fue conocer el potencial de dos SAF tradicionales (cacao con sombra y banano con sombra) para la conservación de biodiversidad, y las actitudes de los agricultores hacia la biodiversidad presente en sus fincas. El estudio se realizó en la zona Baja de Talamanca, Limón, Costa Rica, ubicada en el Corredor Biológico Mesoamericano. Los objetivos específicos del estudio fueron: 1) caracterizar y comparar la riqueza y

¹ Basado en Guiracocha, G. 2000. Conservación de la biodiversidad en los sistemas agroforestales cacaoteros y bananeros de Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica.

² M.Sc. en Agroforestería Tropical, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2000.

³ Profesores investigadores, CATIE, Turrialba. Email: charvey@catie.ac.cr (autora para correspondencia), esomarri@catie.ac.cr, ukraus@catie.ac.cr, ecarrill@catie.ac.cr

abundancia de los árboles de sombra y mamíferos terrestres en SAF y el bosque; y 2) determinar los beneficios y problemas ocasionados a los agricultores por los árboles y mamíferos presentes en los SAF.



En la zona indígena de Talamanca, los SAF con cacao y banano podrían servir como zonas de amortiguamiento y conexión entre áreas fragmentadas para apoyar la conservación de animales silvestres como el pizonte (*Nasva narica*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la reserva Indígena de Talamanca, en la Provincia de Limón, Costa Rica (9°37'-9°53' N; 82° 54' O; 24°C temperatura promedio, 2350 mm precipitación promedio y una altitud máxima de 300 msnm). La zona de vida es Bosque Húmedo Tropical (Holdridge 1967). Las comunidades estudiadas se dedican a la agricultura de cultivos anuales (frijol, arroz y maíz) y perennes (cacao, banano y frutales).

Se caracterizó la composición florística de los SAF con cacao, banano y bosque, utilizando cinco parcelas temporales de 1000 m² (50 x 20 m) en cada hábitat, seleccionados al azar de un listado de fincas con manejo activo, que incluyeron plantaciones > 1.5 ha de cacao (> seis años) o banano (> tres años) ubicadas al menos a 400 m del bosque. Se caracterizó la estructura del dosel con base en mediciones de la riqueza de especies, la densidad arbórea, dap y altura de todos los fustes > 10 cm dap.

La presencia de mamíferos se determinó con base en huellas marcadas en transectos de 150 m de largo por 1 m de ancho, establecidos en los cinco sitios de cada hábitat (cacao, banano y bosque). Cada transecto se preparó eliminando hojas y malezas presentes y rastrillando el suelo, para dejar una superficie donde se podrían observar las huellas de los animales que los atravesaban. Los transectos fueron evaluados cada 15 días (abril-julio), y después cada semana (agosto-setiembre). En cada evaluación se identificaron las especies o género del animal que hizo la huella, luego se contó el número de huellas presentes (cuando era evidente que fue el mismo individuo, se contaba como un avistamiento). Las huellas que no pudieron ser reconocidas, se moldearon en yeso para ser identificadas por especialistas.

Para determinar las percepciones y actitudes de los agricultores hacia la biodiversidad presente en sus SAF, se realizaron dos rondas de entrevistas individuales a 20 cacaoteros y 20 bananeros. Se consultó sobre el manejo del dosel de sombra en cacaotales y bananales, los usos de los árboles para la familia y las relaciones entre los doseles de sombra y los mamíferos que acuden a los SAF. Además, se preguntó cuáles especies de mamíferos han sido observados en los diferentes hábitats (cacao, banano y bosque) y los beneficios y daños que causaban.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad, densidad y composición florística

La diversidad de especies arbóreas del bosque fue mayor ($p < 0.05$) que la encontrada en los sistemas agroforestales. Ochenta especies arbóreas y palmáceas (dap > 10 cm) fueron registradas en el bosque, mientras que solamente 35 fueron encontradas en cacaotales y 14 en bananales. El promedio de especies por parcela fue mayor en el bosque (20.8) comparado con los SAF (9.8 y 4.8 especies para cacao y banano respectivamente). El índice de diversidad de Shannon mostró mayor diversidad en los bosques que en SAF con banano (Cuadro 1).

La composición florística difirió entre el bosque y los SAF. Las especies dominantes en el bosque fueron *Socratea exorrhiza*, *Iriartea deltoidea*, *Pentaclethra macroloba* y *Goetalsia meiantha*, mientras que en los SAF la especie dominante fue *Cordia alliodora*. En el bosque se encontraron más especies de bosque primario (52 spp.) que en los cacaotales (7 spp.) y bananales (3 spp.). En los SAF dominaron las especies de bosque secundario y de áreas abiertas. Los bosques y los SAF compartieron muy pocas especies arbóreas (Figura 1).

Cuadro 1. Comparación de la diversidad, densidad y composición florística de sistemas agroforestales con banano (*Musa* spp) y cacao (*Theobroma cacao*) y el bosque (n= 5 sitios por hábitat; área total por hábitat =5000 m²).

Variable	Banano	Cacao	Bosque
Número total de especies arbóreas	14	35	80
Promedio de especies arbóreas por parcela de 1000 m ²	4.8 a	9.8 a	20.8 b
Especies arbóreas más abundantes	<i>Cordia alliodora</i>	<i>Cordia alliodora</i> <i>Bactris gasipaes</i>	<i>Socratea exorrhiza</i> , <i>Pentaclethra macroloba</i> , <i>Iriartea deltoidea</i> , <i>Goethalsia meiantha</i>
Número de especies arbóreas del bosque primario	3	7	52
Número de árboles del bosque secundario y áreas abiertas	11	28	28
Número de especies arbóreas que atraen mamíferos y aves	9	25	51
Número de especies frutales (de consumo humano)	6	17	5
Número de especies maderables	3	4	35
Número de especies para leña	4	8	45
Densidad promedio (individuos ha ⁻¹)	166 b	234 b	432 a
Diámetro promedio de los árboles (cm)	22.9 a	23.7 a	20.6 a
Altura promedio de los árboles (m)	16.5 a	17.5 a	21 a
Índice de Shannon	1.10 b	1.75 ab	2.57 a
Índice de Equidad	0.71a	0.77 a	0.85 a

Letras iguales dentro de una fila indican que no hay diferencia estadística (p< 0.05).

La composición florística de los SAF fue dominada por árboles frutales, mientras que en el bosque, predominaron las especies maderables y para leña (Cuadro 1). Por último, el bosque tuvo un mayor número de especies apetecidas por animales (51 spp.) que los SAF con banano (9 spp.) y cacao (25 spp.). La densidad arbórea promedio (individuos ha⁻¹) fue mayor (p<0.05) en el bosque (432) que en los SAF (234 en cacao y 166 en banano).

Aunque existieron diferencias en la riqueza, composición botánica y densidad de árboles, los SAF y el bosque

tuvieron estructuras verticales similares, con tres estratos principales (1=<10 m; 2=>10 m < 25,9 m; 3=>26 m de altura); las alturas máximas variaron entre 37-50 m. Sin importar el hábitat, la mayoría de los árboles tuvieron diámetros pequeños (< 20 cm) y alturas de 10-20 m. Los diámetros y alturas promedios no difirieron entre hábitats (Cuadro 1). Debido a la similaridad estructural entre el bosque y los SAF, los SAF podrían ser importantes para proveer hábitat y nichos a diferentes especies de animales (Gallina *et al.* 1996, Moguel y Toledo 1997).

Mamíferos en cacaotales, bananales y bosque

El número de especies de mamíferos que acudieron a los SAF y al bosque fue similar. Se registraron huellas de 14 especies de mamíferos, con 10 especies en cada hábitat (Cuadro 2). Seis especies fueron comunes en los tres hábitats, todas ellas especies generalistas (platane-ro, tepezcuintle, armadillo, guatusa, zorro pelón, zorro hediondo y mapachín). Algunas especies solo fueron encontradas en un solo hábitat (p.e., chanco de monte, sahino y manigordo en bosque, o tolu mucu y pizote en sistemas agroforestales). El hallazgo de especies en peligro de extinción (tolomuco, caucel, tigrillo y puma) en los SAF, destaca la importancia de estos sistemas para la conservación. De igual manera, la presencia de huellas de crías de mamíferos en los SAF sugiere que estos sistemas son utilizados como hábitats para algunas especies

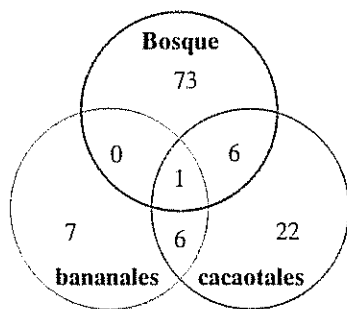


Figura 1. Número de especies arbóreas compartidas entre bosques, cacaotales y bananales, Talamanca, Costa Rica. Las cifras corresponden a lo encontrado en 5000 m² (cada hábitat).

La abundancia relativa de los mamíferos encontrados en más de un hábitat fue similar, con excepción de la guatusa, que resultó ser más común en el bosque. Sin embargo, hubo mucha variación en la abundancia relativa de cada especie entre sitios del mismo hábitat, que pudo ocultar diferencias entre hábitats. La similitud en los promedios de abundancia relativa en los tres hábitats posiblemente refleje la cercanía de los SAF a los bosques, la alta cobertura boscosa del área y el tamaño pequeño de los SAF.

Los agricultores del área reportaron avistamientos de un total de 27 especies de mamíferos en bosques, 22 en cacaotales y 25 en bananales. Es probable que el número de mamíferos que cada hábitat apoya sea mayor, porque algunas especies no fueron detectadas por el método de huellas, pues pueden ser arborícolas o de poco peso (Wemmer *et al.* 1996; Carrillo *et al.* 2000), o no vistas por los productores por ser nocturnas o poco comunes.

Percepciones de los agricultores sobre la biodiversidad

Árboles de sombra

Los agricultores consideraron que los árboles del dosel cumplen una función productiva y no tanto una función en la conservación. Los árboles fueron vistos como beneficiosos, porque proporcionan abono y sombra a los cultivos, y son importantes fuentes de

madera, frutas, leña y medicinas. Además, los árboles en cacaotales y bananales atraen mamíferos silvestres ya que proporcionan alimento y hábitats. En total, los agricultores citaron 32 especies arbóreas en sus cacaotales y 18 especies en sus bananales que atrajeron mamíferos, muchas de las cuales fueron frutales (incluidos el cacao y el banano). Entre las especies arbóreas con mayor capacidad de atracción de mamíferos se nombraron al pejibaye (*Bactris gasipaes*), guaba (*Inga sp.*) y manzana de agua (*Syzigium jambos*). Los agricultores mencionaron que la presencia de una sombra diversa es importante para atraer animales. Si la densidad y diversidad del dosel se reducen, la cantidad y diversidad de mamíferos que a ellas acuden también disminuirá.

Mamíferos

En general, la presencia de mamíferos en los sistemas agroforestales es vista como beneficiosa, porque los mamíferos son una importante fuente de proteína para las familias indígenas. Casi todas las especies que acuden a los SAF con cacao y banano son cazadas y consumidas por los productores (Cuadro 2). Las especies de consumo común son tepezcuintles (la más apetecida), ardillas, conejos, miconoches (*Potus flavus*) y cabros (*Mazama americana*). Existen además especies que no son consumidas por ser considerados como sucias (p.e., zorro blanco, zorro hediondo, armadillo ne-

Cuadro 2. Índices promedios de abundancia (huellas km⁻¹) por cada especie de mamífero registrado en bosque, cacaotales (*Theobroma cacao*) y bananales (*Musa spp*) de Talamanca.

Nombre científico	Nombre común	En bosque	En cacao	En banano
<i>Agouti paca</i>	Tepezcuintle	0.39	0.07	0.20
<i>Conepatus semistriatus</i>	Zorro hediondo, meón	0.26	0.07	0.06
<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatusa, cherenga	1.32	0.20	0.20
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Armado, cuzuco	0.13	0.21	0.26
<i>Didelphys sp.</i>	Zorro pelón	-	0.39	0.20
<i>Eira barbara</i>	Platanero	0.07	0.27	0.26
<i>Herpailurus yaguarondi</i>	Tolomuco	-	0.20	0.07
<i>Leopardus pardalis</i>	Manigordo	0.07	-	-
<i>Leopardus sp.</i>	Tigrillo o caucel	-	-	0.07
<i>Mazama americana</i>	Cabro de monte	0.13	0.57	-
<i>Nusua narica</i>	Pizote	-	0.13	0.20
<i>Pecari tajacu</i>	Sajino	0.07	-	-
<i>Procyon lotor</i>	Mapachín	0.07	0.40	0.40
<i>Tayassu pecari</i>	Chancho de monte	0.07	-	-
Numero total de especies		10	10	10

Longitud total recorrida por hábitat en cada fecha (total de cinco sitios): 750 m en bosque, 728 m en cacao y 740 m en banano. Cada hábitat fue revisado 20 veces: cada 15 días (abril-julio) y después cada semana (agosto-setiembre).

gro). Algunas especies fueron cazadas casi exclusivamente en los SAF (ardillas, conejos, guatusas y armadillos). Otras especies se cazan tanto en los sistemas agroforestales como en el bosque.

Los agricultores también reconocieron los efectos dañinos de los animales en sus cultivos (principalmente de ardilla y miconoche en los cacaotales y pizote en bananales). La mayoría de los productores dijeron que sus cultivos son afectados por el daño de animales y reportaron daños entre 5-60 % de la cosecha de cacao, lo que puede representar en algunos casos una pérdida económica importante.

Los productores estuvieron conscientes de que el manejo de los sistemas agroforestales y la presión de cacería afectan la diversidad y abundancia de mamíferos en sus fincas. Mencionaron que el control de malezas manuales puede destruir los sitios de anidación y desplazar los animales y que la presencia del hombre y animales domésticos también ahuyenta a los animales silvestres. Destacaron que la intensificación del manejo del cacao o banano y el aumento de la población humana (con la consiguiente destrucción de los bosques y aumento en la cacería) ha reducido la cantidad de animales silvestres en la región.

CONCLUSIONES

El estudio sugiere que los SAF tradicionales con cacao y banano pueden ser importantes herramientas para la conservación de biodiversidad en la zona indígena de Talamanca. Aunque los SAF tienen menor riqueza de árboles, diferente composición botánica y menor densidad arbórea, todavía retienen algunas especies del bosque primario y poseen una estructura multi-estrati-

ficada similar al bosque que parece proveer hábitat y nichos para mamíferos.

La similitud entre las diversidades y abundancias relativas de mamíferos en los sistemas agroforestales y el bosque, la presencia de crías y nidos de varias especies de mamíferos y el hallazgo de especies en peligro de extinción sugiere que los mamíferos ya utilizan este tipo de áreas como hábitats, dentro del Corredor Biológico Mesoamericano. Es probable que la importancia de los SAF para la conservación de biodiversidad en Talamanca se debe, en parte, a la cercanía de los SAF a los bosques, la aún alta cobertura boscosa del área, el pequeño tamaño de los huertos agroforestales, el cultivo sin químicos y el laboreo mínimo de los sistemas.

En la zona indígena de Talamanca, los SAF con cacao y banano podrían servir como zonas de amortiguamiento y conexión entre áreas fragmentadas, para apoyar a la conservación de biodiversidad. Dado que el valor de los SAF para conservar biodiversidad está muy ligado a las actividades humanas (especialmente la cacería y, en menor grado, el manejo agronómico), las acciones o propuestas para conservar biodiversidad, deben integrar estrategias para manejar los SAF en forma compatible con la conservación y deben establecer un plan racional de cosecha de vida silvestre para consumo familiar.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a las comunidades indígenas Bribri de Talamanca (Watsi, Yorkin y Shuabb) por colaborar con este estudio y a la Asociación de Pequeños Productores de Talamanca (APPTA) por su apoyo logístico durante la fase de campo.

LITERATURA CITADA

- Alves, MC. 1990. The role of cacao plantations in the conservation of the Atlantic Forest of Southern Bahia, Brazil. Ms. Thesis Univ of Florida, Gainesville, Florida
- Beer, J. 1999. *Theobroma cacao*: un cultivo agroforestal. *Agroforestería en las Américas* 6(22): 4.
- Carrillo, E.; Wong, G.; Cuarón, AD. 2000. Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology Special Section*, December 2000.
- Gallina, S.; Mandujano, S.; Gonzalez-Romero, A. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems* 33: 13-27.
- Greenberg, R.; Bichier, P.; Cruz Angon, A.; Reitsma, R. 1997. Bird populations in shade and sun coffee plantations in Central Guatemala. *Conservation Biology* 11(2): 448-459.
- Harvey, C. Biodiversidad en sistemas agroforestales. Módulo Introductorio de Sistemas Agroforestales. Proyecto GTZ, CATIE, Costa Rica (en prensa)
- Holdridge, L. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica.
- Moguel, P.; Toledo, VM. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13(1): 11-21.
- Wemmer, C.; Kunz, T.; Lundy-Jenkins, G.; McShea, W. 1996. Mammalian sign. In: Wilson, D.; Cole, R.; Nichols, J.; Rudran, R.; Foster, M. (Eds.) *Measuring and monitoring biological diversity Standard methods for mammals*. United Kingdom. Smithsonian Institution Press p 157-176.

Diseño y manejo de los cafetales del Occidente de El Salvador¹

Maybelyn Escalante², Eduardo Somarriba³

Palabras Claves: *Coffea arabica*, doseles de sombra, tamaños de finca.

Design and management of coffee plantations in the west western of El Salvador

RESUMEN

ABSTRACT

Se estudió un conjunto de variables socioeconómicas y biofísicas que podrían describir el diseño y manejo de 40 cafetales del Occidente de El Salvador. Se emplearon técnicas multivariadas para identificar las tipologías cafetaleras y para determinar la importancia relativa de cada variable en las clasificaciones. Se encontraron 77 especies en el dosel de sombra de los cafetales. El área del cafetal, la altitud, la duración de la época seca, la intensidad de manejo agronómico, la riqueza y abundancia de especies determinan las tipologías cafetaleras. Se identificaron tres tipos de cafetales (valores son promedios de clase): 1) fincas medianas (36 ha), con dos especies en el dosel, sombra del 47%, altitud 1061 m, pendiente del 9% y con costos totales de \$497 ha⁻¹; 2) fincas medianas (36 ha), con 3.5 especies en el dosel, sombra del 52%, altitud 1201 m, pendiente del 15% y con costos totales de \$600 ha⁻¹; 3) fincas grandes (63 ha), con cinco especies en el dosel, sombra del 59%, altitud 907 m, pendiente del 22% y con costos totales de \$429 ha⁻¹.

A set of socioeconomic and biophysical variables, which describe the design and management of coffee plantations, were evaluated in 40 farms in Western El Salvador. Multivariate techniques were used to identify types of coffee plantations and to determinate the relative importance of each variable in the classifications. Seventy seven species were found in the coffee shade canopy. The area of the coffee plantation, altitude, length of the dry season, agronomic management intensity, richness and abundance of species determined the coffee typology. Three types of coffee plantations were identified (values are averages per class): 1) medium-size farms (mean size 36 ha), with two species in the shade canopy, shade level of 47%, altitude 1061m, slope of 9% and with total cost of \$497 ha⁻¹; 2) medium-size farms (mean size 36 ha), with 3.5-species in the shade canopy, shade level of 52%, altitude 1201 m, slope of 15% and total costs of \$600 ha⁻¹; and 3) large farms (63 ha), with five species in the shade canopy, shade level of 59% altitude 907m, slope of 22% and total costs of \$429 ha⁻¹.

INTRODUCCIÓN

El diseño y manejo del cafetal reflejan las decisiones del productor ante las oportunidades y limitaciones biofísicas y socioeconómicas de la unidad de producción (Jiménez Avila 1979). Los cafetales varían en su composición botánica, estructura del dosel de sombra y manejo agronómico. En cada país, región y momento, el modelo cafetalero se ajusta a la disponibilidad relativa de factores de producción, a los modos de apropiación de la tierra y a las formas de movilización de la fuerza de trabajo. En este artículo se estudió un conjunto de variables biofísicas y socioeconómicas, que describen el diseño y manejo de los cafetales del Occidente de El Salvador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Entre marzo y junio del 2000, se estudiaron 40 fincas en los departamentos de Ahuachapán, Santa Ana y Sonsonate, altitud 550-1400 m, precipitación 1191-2479 mm año⁻¹ y temperatura promedio de 23°C (Avelar 1996). La metodología del estudio se basó en Llanderal (1998), Bonilla (1999) con adaptaciones a las condiciones en El Salvador.

La diversidad del dosel de sombra se analizó utilizando los siguientes grupos funcionales: 1) árboles de sombra (p.e., *Solanum bansi*); 2) maderables (p.e., *Terminalia oblonga*); 3) musáceas (*Musa* spp.); 4) cítricos (*Citrus* spp.); 5) otros frutales (p.e., *Eugenia jambos*); 6) leña

¹ Basado en Escalante, M. 2000. Diseño y manejo de cafetales del Occidente de El Salvador. Tesis M Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 68 p.

² M Sc en Agroforestería Tropical. CATIE. Costa Rica. 2000. ³ Profesor-Investigador (autor para correspondencia), CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tel: (506)558-2593. Fax (506)556-1576. Email: esomarri@catie.ac.cr



Árboles de varias especies de *Inga* fueron los más frecuentes en las fincas de la región con una densidad promedio de 27 árboles ha⁻¹, en ocasiones las musáceas también estuvieron presentes (Foto: L. Meléndez)

(p.e. *Inga* spp.); y 7) otros. En cada finca se evaluaron 25 variables socioeconómicas (entrevistas y formularios) y biofísicas (parcelas temporales de 1000 m²). Se calcularon estadísticas descriptivas de todas las variables numéricas, se realizó un análisis de varianza utilizando las variables discretas (ordinales y nominales) como tratamientos y el resto de las variables continuas como variables de respuesta. Se inspeccionó la matriz de correlaciones para identificar co-linealidad entre pares de variables y eliminar variables redundantes. Se utilizó el análisis de componentes principales para seleccionar las variables con mayor peso en los componentes. Se seleccionaron 24 variables para el análisis de conglomerados utilizando las distancias de Gower entre fincas (variables cuantitativas). La clasificación se sometió al análisis discriminante canónico.

RESULTADOS

Se identificaron 77 especies en el dosel de sombra, de las cuales 29% son especies de sombra, 24% de leña, 18% son frutales, 14% maderables y 15% tienen otros usos. Las especies más abundantes en los cafetales (árboles ha⁻¹) son cuatro especies de ingas: *Inga punctata* (pepeto peludo), *Inga vera* (pepeto de río), *Inga sapindoides* (nacapirol) e *Inga ruiziana* (pepeto negro) (Cuadro 1). Además de las ingas productoras de leña, el dosel de sombra puede contener entre 5-10 árboles ha⁻¹ de maderables como el laurel (*Cordia alliodora*), frutales como aguacate (*Persea americana*), mango (*Mangifera indica*), manzana rosa (*Eugenia jambos*) y musáceas.

Se identificaron tres tipos de fincas cafetaleras: 1) fincas medianas (36 ha), con dos especies en el dosel, nivel de sombra del 47%, altitud 1016 m, planas y con costos totales de \$ 497 ha⁻¹; 2) fincas medianas (36 ha), con 3.5 especies en el dosel, nivel de sombra del 52%, altitud 1201 m, pendiente del 15% y costos totales de \$600 ha⁻¹; 3) fincas grandes (63 ha), con cinco especies en el dosel, nivel de sombra 59%, pendiente del 22%, altitud 907 m y con costos totales de \$429 ha⁻¹ (Cuadro 2).

Las tipologías dependen de la intensidad de manejo del café (costos de fertilizantes, fungicidas y mano de obra), la composición funcional del dosel de sombra (riqueza y abundancia relativa de los grupos funcionales), la duración de la época seca y la altitud (Figura 1).

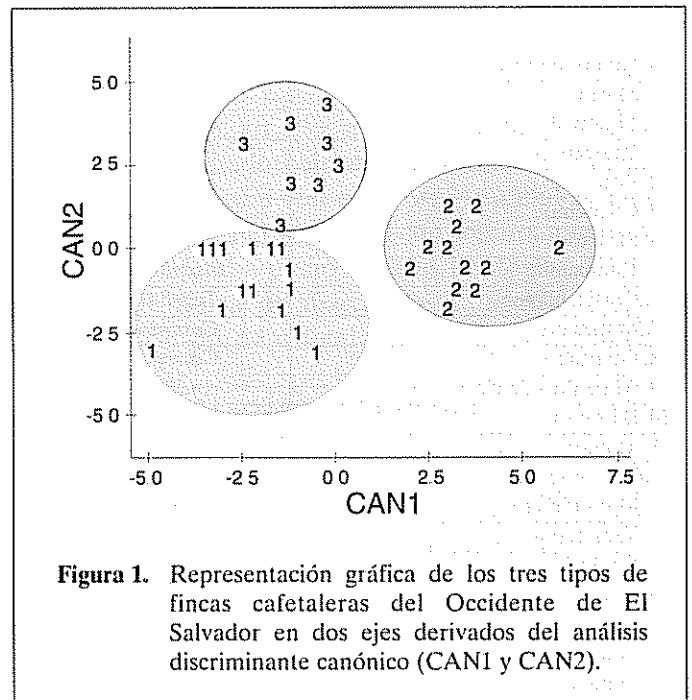


Figura 1. Representación gráfica de los tres tipos de fincas cafetaleras del Occidente de El Salvador en dos ejes derivados del análisis discriminante canónico (CAN1 y CAN2).

DISCUSIÓN

Las tipologías cafetaleras del Occidente de El Salvador están influenciadas por la composición funcional del dosel de sombra, la intensidad de manejo (costos de fertilizantes, fungicidas y mano de obra) y altitud. Así, fincas grandes ubicadas a 900 m de altitud, con cinco meses secos, poseen la mayor diversidad y riqueza de especies en el dosel de sombra. En estas circunstancias, la sombra puede brindar ventajas para la producción de café, ya que a baja altitud las altas temperaturas elevan el estrés ambiental y disminuyen la producción de los cafetos (Fernández y Muschler 1999, Galloway y Beer 1997, Gobbi 2000). Varias especies de *Ingas* son ampliamente

Cuadro 1. Densidad promedio (n = 40 fincas) de las especies del dosel de sombra en los cafetales del Occidente de El Salvador.

Nombre Común	Nombre Científico	Uso principal	Densidad (árboles ha ⁻¹)
1. Pepeto Peludo	<i>Inga punctata</i>	Leña	51
2. Pepeto de río	<i>Inga vera</i>	Leña	27
3. Nacasirol	<i>Inga sapindoides</i>	Leña	20
4. Pepeto negro	<i>Inga ruiziana</i>	Leña	15
5. Musáceas	<i>Musa spp.</i>	Frutal	10
6. Nacaspilo	<i>Inga minutula</i>	Leña	8
7. Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Maderable	6.75
8. Manzana rosa	<i>Eugenia jambos</i>	Frutal	6
9. Aguacate	<i>Persea americana</i>	Frutal	5.5
10. Mango	<i>Mangifera indica</i>	Frutal	5.25
11. Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	Cítrico	5
12. Madre cacao	<i>Gliricidia sepium</i>	Leña	3.25
13. Volador	<i>Terminalia oblonga</i>	Maderable	3.25
14. Higuierillo	<i>Ricinus communis</i>	Sombra	2.25
15. Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Frutal	2.25
16. Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Maderable	2.25
17. San andrés	<i>Tecoma stans</i>	Sombra	2
18. Sangre de toro	<i>Boconio arborea</i>	Leña	1.75
19. Mario	Desconocido	Leña	1.5
20. Limón	<i>Citrus aurantium</i>	Cítrico	1.5
21. Paterno	<i>Inga paterno</i>	Leña	1.25
22. Pito	<i>Erythrina berteroana</i>	Leña	1.25
23. Chapemo	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Maderable	1.25
24. Mulato	<i>Triplaris melaenodendron</i>	Otro	1
25. Tatascamite	<i>Lippia minioccephala</i>	Leña	1
26. Cortez blanco	<i>Tabebuia chrysantha</i>	Maderable	1
27. Matasano	<i>Casimiroa edulis</i>	Sombra	1
28. Guarumo	<i>Cecropia spp.</i>	Sombra	1
29. Almendro de río	<i>Andira inermis</i>	Sombra	0.75
30. Bálsamo	<i>Myroxylon balsamun</i>	Maderable	0.75
31. Mamón	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Frutal	0.75
32. Marañón	<i>Anacardium occidentale</i>	Frutal	0.75
33. Marañón japonés	<i>Eugenia malaccensis</i>	Frutal	0.75
34. Vara negra	<i>Cordia cana</i>	Sombra	0.75
35. Cojón	<i>Stemmadenia obovata</i>	Otro	0.75
36. Cuernavaca	<i>Solanum bansii</i>	Sombra	0.75
37. Limoncillo	<i>Amonis gricea</i>	Leña	0.75
38. Maquilishuat	<i>Tabebuia rosea</i>	Maderable	0.75
39. Pimiento	<i>Ocotea veraguensis</i>	Otro	0.75
40. Suquinay	Desconocido	Otro	0.75
41. Sangre de perro	<i>Neea psychotriodes</i>	Sombra	0.75
42. Aceituno	<i>Simaruba glauca</i>	Leña	0.5
43. Alice	<i>Magnolia portorricenses</i>	Sombra	0.5
44. Cachilaguaca	<i>Ficus glabrata</i>	Sombra	0.5
45. Cirín	Desconocido	Otro	0.5
46. Conacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Maderable	0.5
47. Cotomate	Desconocido	Otro	0.5
48. Floripundia	<i>Datura stramonium</i>	Sombra	0.5
49. Guamito	<i>Inga laurina</i>	Sombra	0.5
50. Macadamia	<i>Macadamia integrifolia</i>	Frutal	0.5
51. Mulo	<i>Rosa sempervirens</i>	Leña	0.5
52. Eucalipto	<i>Eucalyptus spp.</i>	Maderable	0.5
53. Guachipilín	<i>Diphysa robinoides</i>	Sombra	0.5
54. Nispero silvestre	<i>Manilkara zapota</i>	Maderable	0.25
55. Nogal	<i>Juglans spp.</i>	Sombra	0.25
56. Ronrón	<i>Astronium graveolens</i>	Maderable	0.25
57. Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	Sombra	0.25

Continuación Cuadro 1

58. Cafecillo	<i>Caseira silvestri</i>	Sombra	0.25
59. Caoba	<i>Swietenia</i> spp.	Maderable	0.25
60. Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sombra	0.25
61. Cincho	<i>Lonchocarpus salvadorensis</i>	Leña	0.25
62. Copalchi	<i>Crotón reflexifolius</i>	Sombra	0.25
63. Chaquiro	<i>Colubrina ferruginosa</i>	Leña	0.25
64. Estoraque	<i>Stirax argenteus</i>	Otro	0.25
65. Gravileo	<i>Grevillea robusta</i>	Maderable	0.25
66. Guistomate	<i>Solanum lanceolatus</i>	Otro	0.25
67. Icaco	<i>Licania</i> spp.	Frutal	0.25
68. Izote	<i>Yucca guatemalensis</i>	Otro	0.25
69. Jocote	<i>Spondias mombin</i>	Frutal	0.25
70. Papaya	<i>Carica papaya</i>	Frutal	0.25
71. Polvo de queso	<i>Albizia caribaea</i>	Frutal	0.25
72. Roble	<i>Licania arborea</i>	Maderable	0.25
73. Salamate	Desconocido	Sombra	0.25
74. Tambor	<i>Genipa americana</i>	Otro	0.25
75. Tapaloyote	Desconocido	Sombra	0.25
76. Zapato de mico	<i>Apeiba tiborbou</i>	Leña	0.25
77. Zapote	<i>Calocarpum mammosum</i>	Frutal	0.25

utilizadas en los cafetales salvadoreños para proporcionar sombra a los cafetos y leña a los productores. Esto ha sido también observado en México (León 1999).

Moguel y Toledo (1999), clasificaron los cafetales de Chiapas, México, con base en su capacidad para sostener biodiversidad (especialmente avifauna). La clasific

cación propuesta por ellos incluye: 1) cafetales rústicos, con el café plantado bajo montaña raleada; 2) cafetal tradicional en asocio con cultivos; 3) cafetal comercial en asocio con cultivo; 4) cafetal con sombra mono-específica; y 5) cafetal a pleno sol. Las tipologías del Occidente de El Salvador abarcan las categorías 2 a 4 de esta clasificación. El cafetal tradicional salvadoreño se

Cuadro 2 Valores promedios de las variables utilizadas para clasificar cafetales en el Occidente de El Salvador

VARIABLES	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Experiencia (años)	22	23	29
Area del cafetal (ha)	36	36	63
Rendimiento (kg oro ha ⁻¹)	739	675	643
Número de fincas	2	2	2
Número de actividades	1	2	1
Duración del verano (meses)	4	4	5
Altitud (m)	1061	1201	907
Pendiente (%)	9	15	22
Sombra (plantas ha ⁻¹)	0.5	1.4	3.4
Maderables (plantas ha ⁻¹)	0.5	2	3.4
Cítricos (plantas ha ⁻¹)	0.4	0.4	1.1
Musáceas (plantas ha ⁻¹)	0.4	1.6	1.4
Frutales (plantas ha ⁻¹)	0.5	4	3
Leña (plantas ha ⁻¹)	14	11.6	9.6
Otros usos (plantas ha ⁻¹)	0	0.3	0.2
Población total (plantas ha ⁻¹)	170	200	270
Riqueza (N° especies totales)	21	31	70
Riqueza (especies por cafetal)	2	3.5	5
Densidad cafetos (plantas ha ⁻¹)	5480	5108	4660
Costo fertilizantes (US\$ ha ⁻¹)	263	365	204
Costo fungicidas (US\$ ha ⁻¹)	15	13	20
Costo herbicidas (US\$ ha ⁻¹)	0	17	0.65
Costo insecticidas (US\$ ha ⁻¹)	5	2	10
Costo mano de obra (US\$ ha ⁻¹)	172	200	192
Costo de materiales (US\$ ha ⁻¹)	41	3	2
Costo total (US\$ ha ⁻¹)	497	600	429

Nota: oro = café seco en verde

observa a bajas altitudes, contiene algunas especies nativas remanentes del bosque original, posee la mayor riqueza de especies, con bajas densidades de cafetos y bajos rendimientos. El sistema comercial salvadoreño tiene mayor densidad de cafetos, tienen un dosel de sombra especializado (*Inga* spp.) y se encuentran a mayor altitud.

En el Occidente de El Salvador, las fincas grandes presentaron la mayor riqueza y abundancia de especies en el dosel de sombra, los más bajos costos en insumos y los menores rendimientos. En otros estudios, la mayor riqueza de especies en el dosel de sombra se ha registrado en fincas pequeñas con bajo nivel de manejo (Fuentes 1979, Lageman y Heuveltop 1983, Llanderal 1998, Bonilla 1999).

CONCLUSIONES

La intensidad de manejo (costos de fertilizantes, fungicidas y mano de obra), la composición funcional del dosel de sombra, la duración de la época seca y la altitud son las variables que determinan las tipologías cafetaleras del Occidente de El Salvador. Se registraron 77 especies en el dosel de sombra de los cafetales. Las especies de leña para el autoconsumo fueron las más abundantes. Cinco especies del género *Inga*, productoras de leña, son las más utilizadas en el dosel de sombra de los cafetales del Occidente de El Salvador.

AGRADECIMIENTO

Se agradece el apoyo técnico y financiero de PROCAFE y de PROMECAFE para el desarrollo y divulgación de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Avejar, J; Sánchez, M. 1996. Evaluación de la transferencia de tecnología del cultivo del café en la zona occidental de El Salvador Tesis Ing Agr. San Salvador, El Salvador. 96 p.
- Bonilla Zúñiga, G. 1999. Tipologías cafetaleras en el Pacífico de Nicaragua Tesis Mag Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 70 p.
- Fernández, CE; Muschler, R. 1999. Aspectos de la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central. In: Benoit, B; Rapidel, B (eds). Desafíos de la caficultura en Centro América. IICA-PROMECAFE, San José, Costa Rica. p. 69-96.
- Fuentes, FR. 1979. Sistemas agrícolas de producción de café en México. In: Salas, G. De Las (ed) Taller Sistemas Agroforestales en América Latina: Actas CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 62-75
- Galloway, G; Beer, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central CATIE (C.R.) Serie Técnica Informe Técnico No. 285. 168 p.
- Gobbi, JA. 2000. Is biodiversity-friendly coffee financially viable? An analysis of five different coffee production systems in western El Salvador. Ecological Economics 33:267-281
- Jiménez Ávila, E. 1979. Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero. I. Estructura de los cafetales de finca cafetalera en Coatepec Ver, México. Biótica 4(1):1-12
- Lageman, J; Heuveltop J. 1983. Characterization and evaluation of agroforestry systems: the case of Acosta-Puriscal. Costa Rica Agroforestry Systems 1:101-115
- Leon J. 1998. *Inga* as shade for coffee, cacao and tea: Historical aspects and present day utilization. In: Pennington T y Fernandez E.C.M (eds.) The Royal Botanic Gardens, Kew, London, UK. p. 101-115
- Llanderal Ocampo, T. 1998. Diversidad de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica Tesis Mag Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. CATIE. 59 p.
- Moguel, P; Toledo, VM. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. Conservation Biology 13(1):11-21.

Revistas

CATIE

Visítenos en:

<http://www.catie.ac.cr/informacion/revistas.htm>

Revista FORESTAL

Centroamericana

**Manejo Integrado
de Plagas**

**AGROFORESTERIA
EN LAS AMERICAS**

¡Y sea parte de nuestro grupo suscriptor!

Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua¹

Francisco Casasola², Muhammad Ibrahim³, Celia Harvey³, Christoph Kleinn³

Palabras clave: *Acacia pennatula*, calidad de forraje, categorías de vegetación, conocimiento local, inventario de especies.

RESUMEN

Se estudiaron las características y productividad de los sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. Estos sistemas incluyen muchas especies leñosas, como el carbón (*Acacia pennatula*), que provee frutos y forraje para la suplementación animal durante la época seca, cuando los pastos presentan baja producción y calidad. Se los clasificaron en cinco categorías: 1) PBDAC, potreros con baja densidad de carbón (< 30 fustales ha⁻¹); 2) PADAC, potreros con alta densidad de carbón (> 30 fustales ha⁻¹); 3) PR, potreros con robles (*Quercus* spp); 4) MAT, matorrales; y 5) BQ, bosques con predominancia de robles. El tamaño de finca promedio fue de 143 ha y el 72 % de las fincas tenían carbón en sus pasturas. Las especies arbóreas más consumidas por los animales fueron: carbón, *Guazuma ulmifolia* y *Piscidia grandifolia*. La mayor similitud de especies encontrada fue entre las categorías PADAC y PBDAC; las mayores densidades de árboles fueron registradas en BQ y MAT, pero hubo mayor diversidad en PADAC y PBDAC. La producción de fruta fresca de carbón entre abril y junio (la producción de frutas se inicia en marzo) fue de 31594 kg ha⁻¹ en los MAT y de 3498 kg ha⁻¹ en los PADAC.

INTRODUCCIÓN

En muchas regiones del mundo, durante la época seca los pastos no llenan los requerimientos cualitativos y cuantitativos de los animales domésticos, en especial de los bovinos. En esta época los animales pierden peso y su producción de leche disminuye (Le Hoerou 1980). En consecuencia, los productores han recurrido a una serie de recursos forrajeros arbóreos (frutos y follajes) que tienen un alto valor nutritivo (Ibrahim *et al.* 2001).

Characterization and productivity of traditional silvopastoral systems in Moropotente, Esteli, Nicaragua.

ABSTRACT

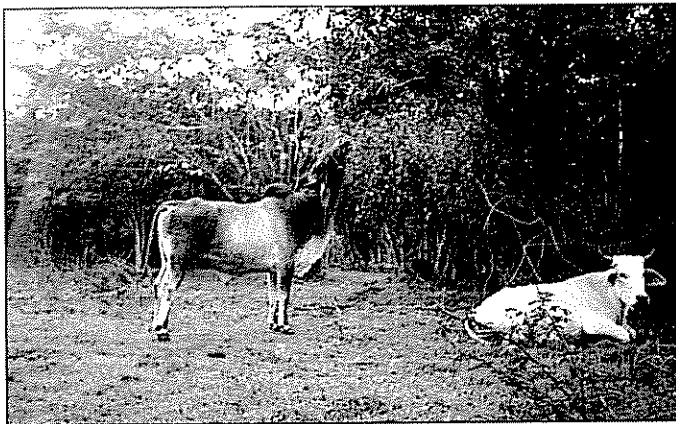
The characteristics and productivity of traditional silvopastoral systems were studied in Moropotente, Esteli, Nicaragua. These systems include many woody perennial species, such as carbon (*Acacia pennatula*), which produce large quantities of fruits and forage to supplement animals during the dry season when pastures are of low productivity and quality. They were classified in five categories: 1) PLDC, pastures with a low density of carbon (< 30 mature trees ha⁻¹); 2) PHDC, pastures with a high density of carbon (> 30 mature trees ha⁻¹); 3) PO, pastures with oaks (*Quercus* spp); 4) SV, scrub vegetation; and 5) F, forests with predominance of oaks. Mean farm size was 143 ha and 72% of the farms had carbon in the pastures. The tree species most consumed by animals were carbon, *Guazuma ulmifolia* and *Piscidia grandifolia*. Greatest similarity of species was found between the PLDC and PHDC categories; greatest tree density was found in the SV and F systems, but diversity was higher in PLDC and PHDC. Fresh fruit production of carbon between April and June (fruit production began in March) was 31594 kg ha⁻¹ in SV and 3498 kg ha⁻¹ in PHDC.

El objetivo de la presente investigación fue generar información sobre las características y productividad de los sistemas silvopastoriles tradicionales (SSPT) en Moropotente, Estelí, Nicaragua, en los cuales el árbol de carbón (*Acacia pennatula*) es un componente importante.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en el área protegida Miraflores,

¹ Basado en Casasola, F. 2000. Productividad de los sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 99 p. ² M. Sc. En Agroforestería Tropical, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2000. fcasasol@catie.ac.cr (autor para correspondencia) ³ Profesores investigadores, CATIE. Tel: (506) 556-6418. Email: mibrahim@catie.ac.cr; charvey@catie.ac.cr; kleinn@catie.ac.cr



Durante la época seca cuando no hay pasto, los frutos y follajes de carbón suplementan la dieta para llenar los requerimientos nutricionales del ganado (Foto: F. Casasola).

Moropotente en Estelí, Nicaragua (13° 3' 22" y 13° 7' 30" N y 86° 29' 15" y 86° 29' 50" O; 874 mm precipitación media anual; 21.4° C temperatura promedio; 70 % humedad relativa). Los SSPT fueron clasificados en cinco categorías de vegetación: 1) PBDAC, potreros con baja densidad de carbón (<30 fustales ha⁻¹); 2) PADAC, potreros con alta densidad de carbón (>30 fustales ha⁻¹); 3) PR, potreros con robles (*Quercus* spp.); 4) MAT, matorrales; y 5) BQ, bosques con predominancia de robles. Se realizó una encuesta en 39 fincas ganaderas para recolectar datos sobre los sistemas de uso de la tierra (pastos, sistemas silvopastoriles, matorrales y bosques) y sobre el manejo de las fincas. Con base en los datos de las encuestas se seleccionaron al azar cuatro fincas por categoría y dentro de cada finca una parcela (1 ha para las categorías PR, PADAC y PBDAC; 0.1 ha para MAT y BQ). Se realizó un inventario de especies leñosas en las diferentes categorías de vegetación para medir la similitud de especies (Magurran 1983), la riqueza de especies y la densidad de árboles ha⁻¹ (Camacho 2000). La producción y calidad del follaje del carbón, en las categorías PADAC y MAT, fue medida en los meses de abril, julio y agosto. Aunque la fructificación de carbón inició en marzo, por problemas logísticos las mediciones de producción de frutas fueron realizadas entre abril y junio. En PADAC la producción de frutos se midió en 30 árboles, tomando seis árboles en cinco clases diamétricas (14-22.9; 23.0-32.2; 32.3-41.5; 41.6-50.8; y > 50.9 cm de diámetro medidos a 10 cm del suelo) establecido de un muestreo de carbón en cinco fincas. En los MAT, la producción de frutos fue medida en cuatro fincas, tomando una parcela de 12 m² en cada una.

En el follaje y los frutos de carbón fueron analizadas: 1) digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) por

el método de Tilley y Terry (1963); 2) proteína cruda (PC) por el método de micro Kjeldahl (Bateman 1970); y 3) la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) por el método de Van Soest (1985).

La caracterización de las fincas y el conocimiento local, acerca de las especies que consume el ganado, fueron analizadas mediante estadísticas descriptivas. Los contrastes de la riqueza de especies se realizó mediante pruebas de t (debido a las diferentes tamaños de parcelas) y la similitud de especies mediante el índice de Jaccard comparando entre si las categorías: BQ vs MAT; PR vs PADAC; PR vs PBDAC; y PADAC vs PBDAC. La densidad de árboles ha⁻¹ fue comparada mediante un diseño irrestricto al azar y la prueba de diferenciación de medias de Tukey. Los datos de calidad de frutos y follaje de carbón fueron analizados con un diseño de parcelas divididas, tomando las categorías de vegetación como la parcela principal y las fechas de evaluación como sub-parcela. La producción de frutos fue analizada mediante regresiones lineales en relación al tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización y conocimientos de los productores

El tamaño promedio de las fincas fue de 143 ha. Un 72 % del área de estudio tuvo pasturas con carbón (PBDAC y PADAC). En fincas grandes (>200 ha), los ganaderos dejaron una mayor área bajo MAT (12%) en comparación con las medianas y pequeñas (3 y 6 % respectivamente). El área de BQ representó entre un 12 y 16 % (Cuadro 1).

Cuadro 1. Categorías de vegetación y porcentaje de la finca en cada categoría en Moropotente, Nicaragua.

Tamaño de finca (ha)	PR ** (%)	PADAC (%)	PBDAC (%)	MAT (%)	BQ (%)
0 - 100	5 (5) *	35 (13)	41 (12)	6 (14)	12 (16)
100 - 200	12 (5)	43 (5)	26 (5)	3 (6)	16 (10)
> 200	1 (1)	29 (4)	42 (5)	12 (8)	16 (7)
% área total	5	35	37	8	15

* Los números entre paréntesis son el número de fincas que incluyen cada tipo de vegetación. **PR=potreros con *Quercus* spp; PADAC= potreros con alta densidad de *Acacia pennatula*; PBDAC= potreros con baja densidad de *A. pennatula*; MAT= matorrales; y BQ= bosques.

Los principales pastos utilizados para alimentación animal fueron: *Cynodon nlemfuensis*, *Cynodon* spp. e *Hyparrhenia rufa*. Las principales especies arbóreas forrajeras fueron *A. pennatula*, *Piscidia grandifolia* y *Guazuma ulmifolia*. Un 100% de los productores entrevistados prefirieron los frutos de *A. pennatula* y *G. ulmifolia* para

alimentar sus animales durante la época seca. En promedio, la carga animal encontrada fue de 0.5 UA⁴ ha⁻¹, pero con mucha variación (0.019 – 1.28 UA ha⁻¹), lo cual confirma que la ganadería de la región es extensiva (Kaimowitz 1996).

Inventario de especies leñosas

Hubo un mayor número de especies leñosas en PADAC y PBDAC comparados con las otras categorías de vegetación, pero no hubo diferencias significativas en la riqueza de especies entre las categorías (BQ vs MAT; PR vs PADAC; PR vs PBDAC; y PADAC vs PBDAC). El menor número de especies leñosas observadas en MAT, PR y BQ parece estar relacionado con una dominancia de carbón en MAT y roble en las otras dos categorías, que aparentemente crean condiciones ecológicas desfavorables para la regeneración de otras especies leñosas. Sin embargo, otros dos factores pueden haber influenciado: por un lado, los sitios donde estuvieron ubicados los PR y los BQ eran más marginales (baja fertilidad y mayor pedregocidad) y por otro lado, el carbón es una especie con follaje de baja palatabilidad; por tener un alto contenido de taninos (Jiménez 2000) y aparentemente en los matorrales los animales seleccionan las leñosas de mayor palatabilidad, lo cual pudo favorecer al carbón en este tipo de vegetación.

La densidad de plantas difirió significativamente ($p < 0.05$) entre categorías de vegetación con mayores densidades en los MAT (735 árboles ha⁻¹), seguido por los BQ (442 árboles ha⁻¹, Cuadro 2), posiblemente debido al pastoreo menos intenso que se realiza en estas categorías en comparación con el que se lleva a cabo en

Cuadro 2. Riqueza de especies leñosas y su densidad en las fincas ganaderas de Moropotente, Nicaragua.

Categorías de vegetación	Area de muestreo (ha)	Riqueza (N° de especies)	Densidad (árboles ha ⁻¹)
PR *	1	3.0 **	42 b***
PADAC	1	9.0	82 b
PBDAC	1	8.5	30 b
MAT	0.1	5.2	735 a
BQ	0.1	6.2	442 a

*PR=potreros con *Quercus* spp; PADAC= potreros con alta densidad de *Acacia pennatula*; PBDAC= potreros con baja densidad de *A. pennatula*; MAT= matorrales; y BQ= bosques. **Las comparaciones entre categorías de vegetación (BQ vs MAT; PR vs PADAC; PR vs PBDAC; y PADAC vs PBDAC), con la prueba de t, no fueron significativas ($p < 0.05$). ***Medias con la misma letra en una columna no difieren significativamente ($p < 0.05$).

PADAC, PBDAC y PR. También es importante notar que los productores cortan muchas plantas leñosas cuando realizan el control de malezas, para aumentar la producción de forraje de los pastos. Las categorías de vegetación más similares entre sí fueron los PADAC y PBDAC, con un valor de 0.34⁵ para el coeficiente de Jaccard, ya que los PBDAC son los antecesores de los PADAC.

Producción de frutos de carbón en matorrales y potreros con alta densidad de carbón

Los análisis de regresión mostraron relaciones lineales entre producción de frutos (Y, kg ha⁻¹) y las semanas de recolección (X, semanas) para ambas categorías de vegetación (MAT: Y = 5336 – 416X, R² = 0,75; PADAC: Y= 489 –31,4 X, R² = 0,60) (Figura 1). La producción total de frutos en el periodo de recolección (abril-junio) fue de 31594 y 3498 kg ha⁻¹ en MAT y PADAC, respectivamente. Se considera que la producción de frutos en los MAT en abril y mayo podría ser suficiente para balancear la dieta de los animales, los meses cuando los pastos tradicionales están secos (Ibrahim *et al.* 2001). En los lugares donde existe una época seca bien definida, la suplementación de los animales con alimentos que provienen de las leñosas juega un papel primordial, porque ofrecen follaje y frutos de alta calidad nutricional, que permiten mantener adecuados niveles de producción de leche y carne (Le Hoerou 1980, Benavides 1998).

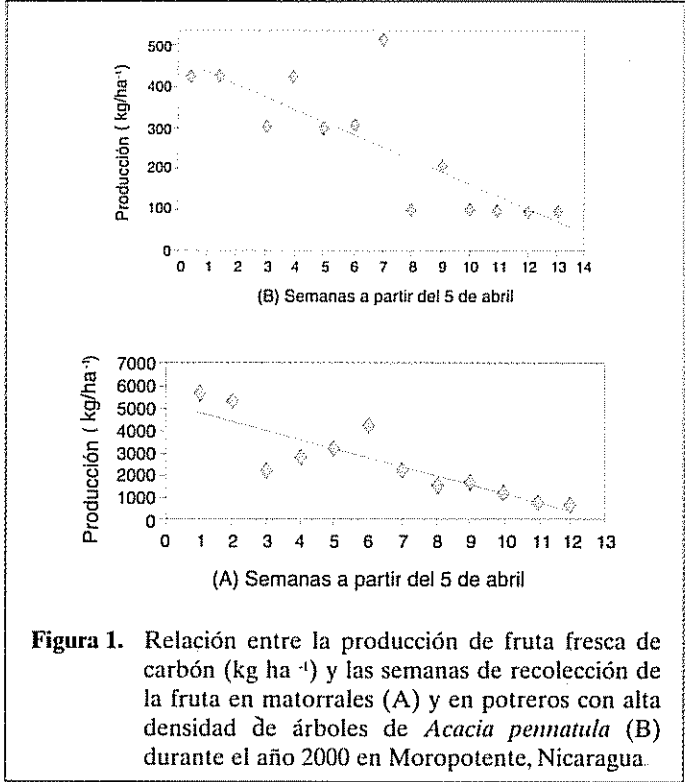


Figura 1. Relación entre la producción de fruta fresca de carbón (kg ha⁻¹) y las semanas de recolección de la fruta en matorrales (A) y en potreros con alta densidad de árboles de *Acacia pennatula* (B) durante el año 2000 en Moropotente, Nicaragua.

⁴ 1 UA (Unidad Animal) = 400 kg de peso vivo
⁵ Los valores fluctúan entre 0 y 1; cuanto más cerca de 1, mayor es la similitud.

Cuadro 3 Variación en la calidad del follaje de *Acacia pennatula* en matorrales y potreros con alta densidad de ésta especie en Moropotente, Nicaragua.

Categoría de vegetación	Mes de evaluación (2000)	DIVMS* (%)	FDN (%)	FDA (%)	PC (%)
Porteros con de alta densidad <i>A. pennatula</i>	abril	44.0 a ± 2.0**	38.3 b ± 5.4	26.6 a + 5.9	19.3 a ± 2.5
	julio	43.9 a ± 7.3	44.4 a ± 4.7	27.6 a + 6.1	19.7 a ± 0.8
	agosto	33.7 b ± 1.3	43.9 a ± 0.7	28.7 a + 2.9	19.4 a ± 0.1
	Promedio	40.5 a	42.2 a	27.6 a	19.5 b
Matorrales	abril	45.5 ab ± 0.8	35.2 b ± 4.2	21.8 b + 1.9	23.1 a ± 0.4
	julio	47.6 a ± 8.0	38.4 ab ± 5.0	22.7 b + 3.1	25.0 a ± 3.9
	agosto	41.9 b ± 3.6	44.4 a ± 3.3	28.4 a + 2.9	20.1 a ± 0.6
	Promedio	45.0 a	39.3 a	24.3 a	22.7 a

*DIVMS = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; y PC = Proteína cruda
 **Medias con la misma letra en la misma columna no difieren significativamente ($p < 0.05$). Las letras en negrita representan contrastes entre categorías de vegetación, mientras que las letras normales representan diferencias entre meses de evaluación dentro de una misma categoría de vegetación

Calidad de los frutos y del follaje del carbón

No se detectaron diferencias significativas entre la calidad de los frutos de carbón provenientes de MAT y PADAC; los promedios porcentuales para las variables DIVMS, PC, FDN y FDA fueron: 47, 13, 52 y 41 respectivamente. A diferencia de los frutos, el follaje proveniente de carbón en PADAC mostró su máximo valor de DIVMS en abril y éste disminuyó conforme transcurrió el tiempo, mientras en los MAT el follaje de carbón presentó el mayor valor de DIVMS en julio (Cuadro 3). La FDN y la FDA del follaje de carbón aumentaron entre abril y agosto. La PC del follaje de carbón en los MAT (22.7%) fue superior en un 3.2% a la encontrada en PADAC (19.5%). En general, la PC del carbón (frutos y follaje) pueden ser considerados bajos, cuando se comparan con los valores de otras especies leñosas (Ibrahim *et al.* 2001); sin embargo, por su adaptación al ambiente biofísico y por el momento en que ofrece forraje representan una importante fuente alimenticia durante el verano, cuando los niveles de PC de las pasturas no alcanzan el 7% de proteína, valor mínimo necesario para que se lleve a cabo una adecuada fermentación ruminal (Poppi y Norton 1995).

CONCLUSIONES

Un alto porcentaje de las fincas evaluadas (72%) tienen árboles de carbón en sus potreros, los cuales proveen varias funciones, incluyendo alimento para el ganado, leña, madera, postes y sombra en las pasturas para los animales. Las encuestas con los productores mostraron que tienen conocimiento acerca del uso de árboles en potreros con fines de alimentación animal siendo las especies *A. pennatula* y *G. ulmifolia* las que prefieren los

ganaderos para alimentar sus animales. No se detectaron diferencias significativas entre la riqueza de especies en las categorías de vegetación; PADAC y PBDAC presentaron la mayor similitud de especies. La densidad de árboles varió significativamente entre categorías de vegetación con mayor densidad en los MAT. Durante los últimos meses de la época seca, cuando el pasto presenta una fuerte reducción en su disponibilidad y calidad, los frutos y follaje de carbón son importantes aportes nutricionales al ganado.

LITERATURA CITADA

- Bateman, J.V. 1970 Nutrición animal Manual de métodos analíticos. México, D.F. Herrero. 468 p.
- Benavides, J. 1998. Árboles y arbustos forrajeros una opción agroforestal para la ganadería. In: Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. Eds. F. Jiménez y A. Vargas. Serie Técnica Manual Técnico No 32 CATIE. Turrialba Costa Rica. 30 p.
- Camacho, M. 2000 Parcelas permanentes de muestreo en bosque natural tropical Guía para su establecimiento y medición. CATIE Serie Técnica Informe Técnico No 42 Unidad de Manejo de Bosques Naturales. 52 p.
- Ibrahim, M.; Franco, M.; Pezo, D.; Camero, A.; Araya, J.L. 2001 Promoting intake of *Cratylia argentea* as dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. *Agroforestry systems* 51:167-175.
- Jiménez, G. 2000 Potencial de árboles y arbustos forrajeros en la Región Maya-Tzotzil del Norte de Chiapas, México. Ph.D. Tesis Universidad Autónoma de Yucatán, México. 229 p.
- Kaimowitz, D. 1996 Livestock and deforestation Central America in the 80s and 90s. A Policy Perspective. CIFOR Special Publication Center for International Forestry Research. 40 p.
- Le Hoerou, H. 1980 Browse in Africa. The current state of the knowlegement. In: Proceedings of Symposium held at ILCA, ADDIS Adaba. Ed. H. Le Hoerou p 261 - 289.
- Magurran, A. 1983 Diversidad ecológica y su medición Ediciones VEDRA. 199 p.
- Poppi, D.; Norton, B. 1995 Intake of tropical legumes. In: Tropical Legumes in Animal Nutrition. Eds. D. D'Mello and J.P.F. Devendra. CAB International. Wallingford, UK. p. 173 - 190.
- Tilley, J.M.; Terry, R.A. 1963 A two stage - technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18: 104-110.
- Van Soest, P.; Robertson, J. 1985 Analysis of forages and fibrous foods. Laboratory manual for animal science Cornell University (N.Y., EE UU) N° 613, 165 p.

Contribución de *Acacia pennatula* (Carbón) a la productividad agroforestal sostenible de la Reserva Natural Mirafior-Moropotente, Estelí, Nicaragua¹

Hernán Nieto², Eduardo Somarriba³, Manuel Gómez⁴

Palabras clave: biomasa, inventario, leña, mercadeo, población, postes, rentabilidad, silvopastoril

Contribution of *Acacia pennatula* (carbon) to the sustainable agricultural productivity of the Mirafior-Moropotente Nature Reserve, Esteli, Nicaragua

RESUMEN

Utilizando entrevistas a 81 familias, un inventario poblacional (175 parcelas de 50x50 m) y mediciones de la biomasa de 40 árboles con diámetros basales entre 2-40 cm, se estudió el conocimiento local, valor, usos, potencial productivo y financiero del árbol de carbón (*Acacia pennatula*) en los potreros Estelí, Nicaragua. Se utiliza un total de 29 especies de la zona para leña, siendo las de mayor preferencia el carbón (33%), roble encino (*Quercus segoviensis*, 13%), arco (*Apoplanesia paniculata*, 10%), guaba (*Inga oerstediana*, 9%) y quebracho (*Lysiloma microphyllum*, 7%). Se encontraron 240 árboles de carbón ha⁻¹ en los potreros con una alta representación de los árboles <4 cm de diámetro del tallo (48%). Ecuaciones de regresión para estimar la biomasa de postes, leña, forraje y biomasa total mostraron R² superiores a 0.8 (p<0.01). La producción de postes dió la mejor relación beneficio/costo (2.44) utilizando un turno de aprovechamiento de 19 años. La cadena de comercialización de leña de carbón produjo márgenes de utilidades positivos para productores (22%), transportistas (33%) y detallistas finales (40-49%).

ABSTRACT

Using a survey of 81 families, an inventory of the tree population (175 plots of 50 x 50 m) and biomass measurements of 40 trees with a basal diameter between 2-40 cm, a study was made of local knowledge, value, use, productive and economic potential of the tree, carbon (*Acacia pennatula*), in pastures in Esteli, Nicaragua. A total of 29 tree species are used for firewood in this area with the preferred species being carbón (33%), *Quercus segoviensis* (13%), *Apoplanesia paniculata* (10%), *Inga orstediana* (9%) and *Lysiloma macrophyllum* (7%). Tree density in pastures was 240 trees ha⁻¹ with a high representation of trees less than 4 cm stem diameter (48%). Regression equations for total biomass, fencepost, fuelwood and fodder, had R² greater then 0.8 (p<0.01). Fencepost production gave the greatest cost/benefit ratio (2.44) for a period of return of 19 years. The commercialization chain for carbon fuelwood gave positive utility margins for producers (25%) truckers (33%) and local salesmen (40-49%).

INTRODUCCIÓN

El carbón (*Acacia pennatula*) es una leguminosa invasora dispersada por el ganado en zonas secas a elevaciones intermedias (500 – 1500 m) entre el norte de México y Venezuela (Cházaro 1977). Sin embargo, el carbón es también una fuente importante de leña, postes, forraje

(vainas para el ganado durante el período seco), además de alimento y abrigo para avifauna (Greenberg *et al.* 1997). En Nicaragua, el carbón es un elemento notable en los potreros de los departamentos de Jinotega, Matagalpa y Estelí (unos 15000 km²), donde se utiliza para postes, leña y carbón (Nuñez 1996, Salas 1993), forraje

¹ Basado en Nieto, H. 2000. Contribución de *Acacia pennatula* (Carbón) a la productividad agroforestal sostenible de la Reserva Natural Mirafior-Moropotente, Estelí, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 56p. ² M.Sc. en Manejo y Conservación de la biodiversidad, CATIE, Costa Rica. 2000. ³ Profesor-Investigador, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tel: (506)558-2593, Fax (506)556-1576, esomarri@catie.ac.cr (autor para correspondencia) ⁴ Investigador Asistente, Economía ambiental, CATIE, mgomez@catie.ac.cr

para el ganado (Casasola 2000) y sombra en cafetales (Zuñiga 2000).

En este artículo se describe la contribución del carbón a la productividad agroforestal sostenible en la Reserva Natural Mirafior-Moropotente (RNMM), Estelí, Nicaragua. Se estudió el uso, conocimiento local, el tamaño y la estructura de las poblaciones, los canales de comercialización y los márgenes de utilidades del carbón presente en los potreros de Las Mesas de Moropotente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las Mesas cubren 6200 ha entre los 13°7'47"-13°13'29" N y 86°12'37"-86°18'58" O, entre 1200-1350 m de altitud, con una precipitación media anual de 1346 mm y una temperatura promedio anual de 21.1°C. El principal uso de la tierra es la ganadería extensiva. Los potreros se chapean una vez al año y se queman esporádicamente.

Las especies utilizadas para leña en la RNMM, la importancia relativa del carbón como fuente de leña y el conocimiento tradicional sobre esta especie, se investigaron mediante entrevistas en toda la RNMM (zonas baja, intermedia y alta). El estudio se concentró en el valor como leña. Los productores (81 familias) fueron seleccionados de la lista de pobladores de la RNMM utilizando muestreo aleatorio simple al 10% de intensidad. El inventario poblacional del carbón se concentró únicamente en los territorios de Las Mesas mediante muestreo aleatorio simple con una intensidad del 0.70% (175 parcelas de 50x50 m). La biomasa [total y fraccionada en postes (>10 cm diámetro), leña (2.5-<10 cm), ramas delgadas (0.5-<2.5 cm) y forraje (hojas y ramas tiernas <0.5 cm)] se estudió en forma destructiva en 40 árboles de carbón con diámetros del tallo a 30 cm sobre el suelo (D30) entre 2 y 40 cm, seleccionados aleatoriamente en varios sitios (dos árboles por clase diamétrica). Se utilizó una modificación de la metodología sugerida por Stewart y Dunsdon (1994). Los canales de comercialización, márgenes de utilidades financiera, costos y precios de leña, postes regulares (2 m largo y entre 10-20 cm de diámetro) y postes maestros (2 m largo, > 20 cm de diámetro) se analizaron con base en entrevistas a 11 expertos locales.

RESULTADOS

Un total de 29 especies son utilizadas como leña por la población local de la Reserva Mirafior-Moropotente; el carbón, roble encino (*Quercus segoviensis*), arco (*Apoplanesia paniculata*), guaba (*Inga oerstediana*) y

quebracho (*Lysiloma microphyllum*) fueron las especies preferidas, en orden de importancia (Cuadro 1).

La densidad poblacional promedio del carbón se estimó en 240 plantas ha⁻¹, con una distribución de frecuencias en forma de J-invertida, con muchos individuos pequeños y pocos grandes. El 49% de todos los individuos (D₃₀)midieron entre 4 – 45 cm; árboles con D₃₀>45 cm representan apenas el 2% de la población (Figura 1).

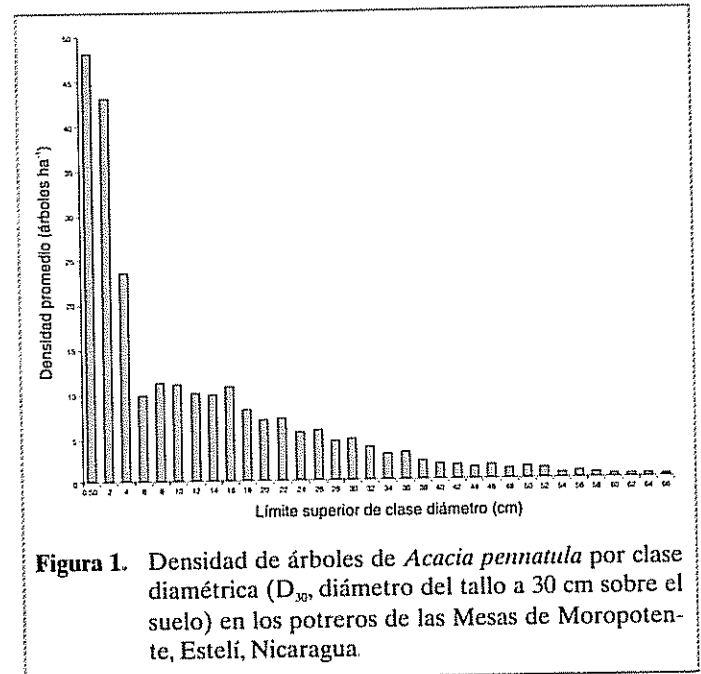


Figura 1. Densidad de árboles de *Acacia pennatula* por clase diamétrica (D₃₀, diámetro del tallo a 30 cm sobre el suelo) en los potreros de las Mesas de Moropotente, Estelí, Nicaragua.

Es posible estimar la biomasa de las diferentes fracciones del árbol de carbón con buena precisión ($R^2 > 80\%$); la única excepción lo constituye la relación entre D₃₀ y altura total del árbol ($R^2 = 58\%$) debido a que esta especie rápidamente alcanza su altura máxima (unos 10 m) y luego pasa por un largo período de engrosamiento del tronco sin cambios notorios en su altura (Cuadro 2).

El turno de aprovechamiento óptimo de postes regulares se estimó entre 13 y 19 años (Somarriba *et al.* 2001). Con un turno de 19 años, la rentabilidad para el finquero fue mayor para la comercialización y venta de postes regulares (relación beneficio/costo = 2.44) que para leña (1.03) o postes maestros (1.23). El mercado actual de leña beneficia a todos los participantes en la cadena de comercialización, produciendo un margen de beneficios del 22% para el productor, 33% para el transportista y entre el 40-49% al expendedor final.

Cuadro 1. Especies arbóreas usadas para leña en la Reserva Natural Miraflores-Moropotente, Estelí, Nicaragua.

Nombre Común	Familia	Nombre Científico	Preferencia* (%)
Carbón	Mimosaceae	<i>Acacia pennatula</i>	33
Roble	Fagaceae	<i>Quercus segoviensis</i>	13
Arco	Fabaceae	<i>Apoplanesia paniculata</i>	10
Guaba	Mimosaceae	<i>Inga oerstedia</i>	9
Quebracho	Mimosaceae	<i>Lysiloma microphyllum</i>	7
Brasilillo	Mimosaceae	<i>Zapoteca portoricensis</i>	4
Tatascán	Boraginaceae	<i>Lepidocordia williamsii</i>	4
Aguaslipe	Lauraceae	<i>Beilschmedia riparia</i>	3
Guanacaste blanco	Mimosaceae	<i>Acacia angustissima</i>	2
Aguacate	Lauraceae	<i>Nectandra martinicensis</i>	2
Mampas	Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i>	1
Huesito	Solanaceae	<i>Cestrum tomentosum</i>	1
Chinche	Rutaceae	<i>Zanthoxylum procerum</i>	1
Amarguito	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	1
Güitite	Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i>	1
Chaperno	Fabaceae	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	1
Higuera	Moraceae	<i>Ficus glabrata</i>	1
Sangre Grado	Euphorbiaceae	<i>Croton draco ssp. Panamensis</i>	1
Laurel	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	1
Alalape	Lythraceae	<i>Adenaria floribunda</i>	1
Higo	Moraceae	<i>Ficus pertusa</i>	1
Frijolillo	Caesalpiniaceae	<i>Senna papillosa</i>	1
Pino Blanco	Pinaceae	<i>Pinus caribaea var. Hondurensis</i>	0
Madriado	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	0
Materral	Asteraceae	<i>Vernonia patens</i>	0
Guásimo	Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	0
Garabatillo	Mimosaceae	<i>Mimosa acantholoba</i>	0
Matapalos	Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	0
Miligüiste	Rhamnaceae	<i>Karwinskia calderonii</i>	0

* Porcentaje de familias que mencionaron cada especie como fuente preferida de leña

Cuadro 2. Ecuaciones alométricas que permiten estimar diferentes fracciones de la biomasa por planta de *Acacia pennatula* en Las Mesas de Moropotente, Estelí, Nicaragua.

Modelo	R ² ajustado	CV (%)
In altura (m) = 0,796657 + 0,403750 ln D ₃₀ *	0,5816	11,69
In copa (m) = -0,647141 + 0,854343 ln D ₃₀	0,8931	11,01
In poste (kg) = -3,463174 + 2,569387 ln D ₃₀	0,8232	10,44
In leña (kg) = -2,379458 + 2,224347 ln D ₃₀	0,9137	11,48
In ramas (kg) = -2,706717 + 1,847139 ln D ₃₀	0,8600	19,30
In forraje (kg) = -2,993717 + 1,924027 ln D ₃₀	0,9064	16,44
In total (kg) = -2,031470 + 2,393995 ln D ₃₀	0,9418	8,27

*D₃₀ es diámetro del tallo a 30 cm sobre el suelo en cm; ln es logaritmo natural; copa = diámetro promedio de copa

CONCLUSIONES

El carbón es un elemento notorio en el paisaje de la Reserva Natural Miraflores-Moropotente, Estelí, Nicaragua. En este territorio, el carbón es la principal fuente de leña para la población. El potencial de producción de biomasa del carbón en los potreros de las Mesas de Moropotente es alto, gracias a su alta densidad poblacional (240 árboles ha⁻¹) y a su distribución diamétrica con forma de J-invertida. Esta especie se regenera activamente en los potreros gracias a la dispersión del

ganado vacuno. Se dispone ahora de modelos de regresión que permiten estimar las cantidades de biomasa del carbón (leña, postes, ramas delgadas, forraje y total) con alta confiabilidad. La producción de postes en lugar de leña es la alternativa más rentable para los productores. Los canales de comercialización de la leña de carbón ofrecen márgenes de utilidades satisfactorios para productores, transportistas y detallistas finales.

LITERATURA CITADA

- Cházaro, M 1977 El Huizache, *Acacia pennatula* (Schlech & Cham) Benth Una invasora del Centro de Veracruz Biotica 2(3):1-18
- Casasola, F. 2000 Productividad de los sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua Tesis MSc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 95 p.
- Greenberg, R; Bichier, P; Sterling, J. 1997. *Acacia*, cattle and migratory birds in Southeastern Mexico. Biological Conservation 80:235-247.
- Núñez, MB. 1996 Uso de las especies forestales en 24 fincas de los Municipios de Estelí, Pueblo Nuevo y La Trinidad del Depto. de Estelí, Nicaragua. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua 120 p
- Salas, JB 1993 Árboles de Nicaragua Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales, Managua, Nicaragua. pp. 230-231.
- Somarriba E; Nieto, H; Gómez, M. 2001 Dinámica poblacional de *Acacia pennatula* en potreros. En EEIH (eds.) Los árboles y arbustos en la ganadería tropical. V 2 Estación Experimental Indio Hatuey, Matanzas, Cuba pp 374-377
- Stewart, J; Dunsdon, J. 1994 Performance of 25 Central American dry zone hardwoods in a pantropical series of species elimination trials. Forestry Ecology and Management 65 183-193
- Zúñiga, C. 2000 Tipologías cafetaleras y desarrollo de enfermedades en los cafetales de la Reserva Natural Miraflores-Moropotente. Estelí, Nicaragua M Sc Tesis, CATIE, Turrialba Costa Rica 68 p

Potencial y limitaciones para la adopción de sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cayo, Belice¹

Yvette Michelle Alonzo², Muhammad Ibrahim³, Manuel Gómez³, Kees Prins²

Palabras claves: análisis financiero, análisis multivariado, árboles forrajeros, caracterización de fincas, mano de obra, producción de leche, servicios ambientales, sistemas tradicionales.

Potential and constraints for their adoption of silvopastoral systems for dairy production in Cayo, Belize.

RESUMEN

Factores biofísicos y socio económicos fueron estudiados en 40 fincas ganaderas en Cayo, Belice. Se identificaron tres grupos de fincas de acuerdo con los recursos existentes, niveles y costos de producción. Los más altos beneficios financieros se obtuvieron en fincas con sistemas silvopastoriles (SSP) comparados con los sistemas tradicionales (ST). Un análisis financiero (para un periodo de 40 años), tomando en cuenta el ingreso de la madera y el ingreso potencial de los servicios ambientales (como N acumulado en el suelo y el secuestro de carbono en árboles y suelo), dio un VAN 44% mayor y un B/C 6% mayor para los SSP que los ST (tasa real de descuento = 6%). El costo de producción de leche fue 7% menor en los SSP a pesar que el costo de mano de obra fue 43.6% mayor para SSP comparada con ST. Un análisis de sensibilidad mostró que un aumento en el costo de mano de obra afectaría en forma negativa la rentabilidad y adopción de los SSP. Entre las principales limitaciones mencionadas por los productores, para la adopción de los SSP, fueron: el riesgo, falta de capital y mercados seguros, y pobre calidad genética del ganado.

ABSTRACT

Biophysical and socio-economic factors were studied on 40 cattle farms in Cayo, Belize. Three different classes of dairy farms were identified according to farm resources, levels and costs of production. Higher financial benefits were obtained from the farms with silvopastoral systems (SPS) compared to the farms with traditional systems (TS). A financial analysis for a 40 year period, which included income from the timber and the potential income from environmental services (carbon sequestration in trees and soil and N incorporation into the soil), resulted in 44% greater NPV and 6% greater B/C for SPS (real discount rate = 6%). Milk production cost was 7% lower in SPS though these systems had 43.6% higher labor cost than TS. A sensitivity analysis showed that increasing labour cost can affect negatively the profitability and adoption of the SPS. Among the primary constraints identified by the farmers for adoption of the proposed SPS are: risk, lack of capital and secure markets and poor genetic quality of cattle.

INTRODUCCIÓN

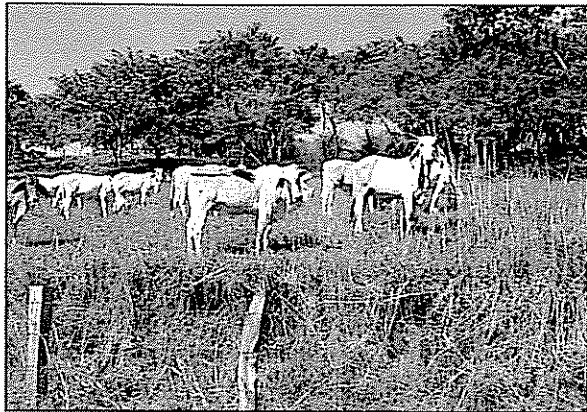
La producción ganadera es la actividad agropecuaria principal en Cayo, Belice. Sin embargo, la producción de carne y leche es baja debido a prácticas alimenticias y de manejo sub-óptimas, sobre todo en la época seca. La forma tradicional de alimentar a los animales se basa en pasturas naturales o nativas de baja producción y calidad. La capacidad de carga de estas pasturas es de 1.0-1.1 UA⁴ ha⁻¹ (BLPA 1996). El mal manejo de las fincas en

Cayo ha generado cambios negativos en composición y calidad de la pastura, y ha causado que los productores recurran al bosque y terrenos con árboles en busca de forraje para sus animales (Pulver *et al.* 1996). Debido a sobrepastoreo en sitios con pendiente, asociado con erosión hídrica, la fertilidad del suelo se ha reducido. En los meses secos hay una severa escasez de alimento, que produce pérdidas de peso del ganado, bajas tasas de parición

¹ Basado en Alonzo, Y 2000. Potential of silvopastoral systems for economic dairy production in Cayo, Belize and constraints for their adoption. Tesis M Sc CATIE Turrialba, Costa Rica. 81 p. Artículo traducido a español por Luis Meléndez. Editor, CATIE.

² M. Sc Economía Ambiental, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2000. ³ Profesores Investigadores, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tel (506) 558-2595 Email: mibrahim@catie.ac.cr. (autor para correspondencia). mgomez@catie.ac.cr. kprins@catie.ac.cr ⁴1UA (unidad animal) = 400 kg peso vivo

e intervalos más largos entre partos (Amézquita y Lema 1997), y en condiciones extremas la muerte de adultos.



Los sistemas silvopastoriles en Belice proporcionaron madera, nitrógeno en la tierra, captura de carbono, aumento en el ingreso de los productores y reducción del riesgo, comparado con fincas con sistemas ganaderos tradicionales (Foto: L. Meléndez).

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son cada vez más reconocidos por su viabilidad biofísica y económica, promoviéndose a lo largo del mundo como sistemas sustentables que podrían reducir la erosión y aumentar la fertilidad del suelo, además de producir productos secundarios valiosos (p.e., madera). Estos sistemas han demostrado la factibilidad de integrar el componente arbóreo en las pasturas como un elemento para mejorar las condiciones productivas de áreas dedicadas a actividades ganaderas. Diversos estudios han demostrado muchos beneficios económicos directos e indirectos al integrar árboles maderables (p.e., fijación de carbono y conservación de biodiversidad) y forrajeros como complemento de dietas de ganado vacuno en los sistemas tradicionales (ST) sin árboles (Harvey y Haber 1999). El objetivo de este estudio fue generar información sobre los beneficios financieros potenciales de los SSP e identificar limitaciones para la adopción de estos sistemas en Cayo, Belice.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo a lo largo de la costa oriental de Belice, durante los meses de febrero a mayo del 2000. Se entrevistaron 40 productores ganaderos en el distrito de Cayo. Se encuestó toda la población de productores de leche (n=28) y 12 productores de carne seleccionados en forma oportunística. Se realizó un análisis multivariado para caracterizar las granjas lecheras incluyendo un análisis descriptivo para identificar los usos e importancia del componente arbóreo en fincas y las limitaciones para la adopción de SSP. Para comparar la rentabilidad de fincas con SSP *versus* ST se realizaron análisis financieros detallados, utilizando cuatro fincas con SSP y cuatro con ST con características similares

(nivel de tecnología y recursos). Para este análisis, los ingresos de la madera en los sistemas multiestratificados y los servicios ambientales se acumularon desde el establecimiento de los árboles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de finca

El 25% de las fincas lecheras locales tenían SSP, que correspondió al 17% de los productores encuestados. Los productores tenían bancos de proteína con la especie *Leucaena leucocephala* y sistemas multiestratos que incluyeron *L. leucocephala*, pastos mejorados (*Brachiaria brizantha* y *Cynodon nlemfuensis*) y árboles maderables (*Swietenia* sp. y *Cedrela* sp.). Cuatro fincas tuvieron sistemas multiestratificados y tres bancos de proteína. El rango de estas áreas silvopastoriles varió entre 0.1-1.6 ha. Los ST tuvieron pastos de baja producción y calidad (*Paspalum notatum*, *P. virgatum* y *Cynodon dactylon*) suplementados con concentrados comerciales (maíz y salvado de trigo) y sales minerales.

El análisis multivariado identificó tres grupos (tipos) de fincas lecheras basados en: área de la finca número de animales, producción de leche e ingresos brutos. El grupo 1 tuvo menos área, número de animales, producción de leche e ingresos brutos con los demás grupos. El grupo dos fue un grupo intermedio y el tres un grupo de productores con mayor cantidad de tierra, animales, niveles de producción de leche e ingresos brutos (Cuadro 1). Los principales usos de la tierra, en orden decreciente, fueron: potreros (65%), bosque primario (22%), barbechos (7%) y cultivos (6%). Hubo una relación lineal positiva entre el tamaño de finca (X, ha) y las siguientes variables: área de potreros ($R^2 = 0.78$), bosque primario ($R^2 = 0.71$) y barbechos ($R^2 = 0.76$). Más del 50% de los pastos fueron naturales en 80% de las fincas. Las fincas lecheras se caracterizaron por tener altos porcentajes de pastos mejorados, comparados con las fincas dedicadas al engorde, posiblemente por la mayor demanda nutricional (NRC 1989).

Cuadro 1. Características de las categorías de fincas ganaderas de leche en Cayo, Belice.

Parámetros	Grupo 1 (n=11)	Grupo 2 (n=13)	Grupo 3 (n=4)
Área de pasturas (ha)	18	29	92
Número total de animales finca ¹	17	39	113
Número de vacas en ordeno finca ¹	5	9	15
Producción de leche (kg vaca ¹ día ¹)	3.0	4.5	6.8
Producción de leche (kg finca ¹ año ¹)	2,975	12,935	27,865
Ingresos brutos de la producción ganadera (BZ\$ año ¹)	2,966	12,156	29,211
2BZ\$ = 1US\$			

Importancia de los árboles en las pasturas

El 80% de los productores entrevistados reconocieron los beneficios de los árboles en las pasturas. Estuvieron interesados en la producción de forrajes arbóreos de *Guazuma ulmifolia* y *Brosimum alicastrum*, ambas especies nativas de la zona. La mayoría de los productores (63%) indicaron que utilizaban recursos arbóreos de la finca como alimento, especialmente durante la época seca cuando se reduce la calidad y cantidad de los pastos. Resultados similares fueron encontrados en Jamaica, donde más del 70% de productores de leche conocían recursos forrajeros arbóreos aptos para alimentar sus animales (Morrison *et al.* 1996). Los productores tienen mucha experiencia y conocimientos sobre árboles en pasturas, no solo como sombra, sino también como forrajes suplementarios para alimentación animal.

Análisis financiero

Los costos de operación por año de los sistemas tradicionales y silvopastoriles fueron BZ\$ 6.220 y BZ\$ 7.742 respectivamente. Los SSP tuvieron mayores costos (43.6%) de mano de obra comparado con ST, ya que los bancos forrajeros se manejan bajo un sistema de corte y acarreo. Esto significa que los SSP pueden generar oportunidades de empleo para personas de las zonas rurales, pero eso dependerá de los costos de mano de obra. La ganadería de carne requirió menos mano de obra, probablemente debido al manejo extensivo (Figuras 1 y 2).

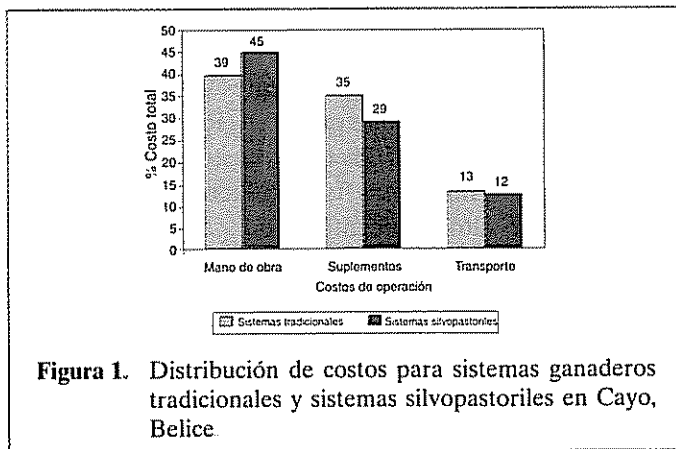


Figura 1. Distribución de costos para sistemas ganaderos tradicionales y sistemas silvopastoriles en Cayo, Belice.

Con respecto a los índices de producción, los SSP fueron una mejor alternativa comparado con los ST (Cuadro 2). La producción de leche ha⁻¹ año⁻¹ se duplicó con el uso de SSP. El costo de producción de leche en SSP fue 7% menor comparada con ST a pesar que el costo de mano de obra fue 43.6% mayor en SSP. Los ingresos por venta de leche por unidad de área de los

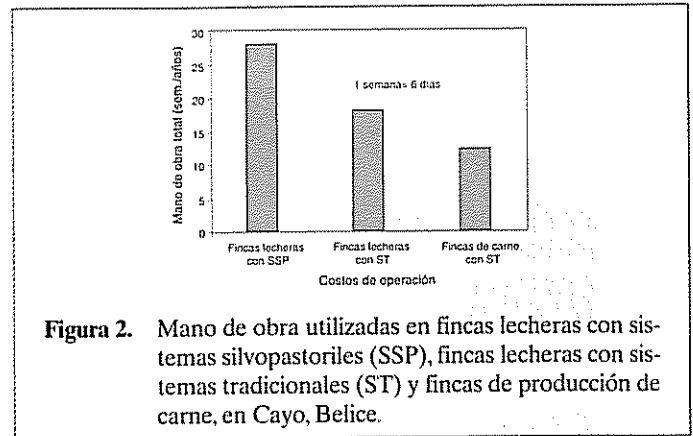


Figura 2. Mano de obra utilizadas en fincas lecheras con sistemas silvopastoriles (SSP), fincas lecheras con sistemas tradicionales (ST) y fincas de producción de carne, en Cayo, Belice.

SSP fueron 93% mayores que los ST. Los indicadores financieros (Cuadro 3) mostraron resultados similares. Cuando se incluyeron los ingresos de los maderables y el ingreso potencial del servicio ambiental de secuestro de Carbono en los SSP, se obtuvieron mayores Valores Actuales Netos (VAN) (44%) y mayores Relaciones Beneficio-Costo (B/C) (6%) comparado con los ST. Esto demuestra que establecer tecnologías silvopastoriles que incorporen plantas forrajeras en fincas es económicamente rentable; es decir, puede contribuir al mejoramiento de la situación económica de las familias, como también concluyó Benavides (1994)

Cuadro 2. Índices de producción para sistemas ganaderos tradicionales con (SSP) y sin árboles (ST) en Cayo, Belice.

Índices de producción	Fincas con SSP	Fincas con ST
Producción de leche (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	705	359
Producción de leche (kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)	5,45	5
Ingresos de producción de leche (BZ\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)*	440	228
Ingresos brutos anuales (BZ\$ finca ⁻¹)	13,276	10,217
Costo de producción de leche (BZ\$ kg ⁻¹)	0,550	0,594

*2 BZ\$ = 1 US\$

El análisis de sensibilidad mostró una alta sensibilidad a los cambios en los precios de la mano de obra, seguidos por cambios en los costos suplementarios y de transporte en ese orden. Aumentando los costos en pasos de 10% (de 10 hasta 50%) resulto en una disminución lineal en los VAN.

Limitaciones para la adopción

Los cuatro factores principales, identificados por los productores como más limitantes para la adopción de tecnologías, fueron: el riesgo, falta de capital, incertidumbre en los mercados y la pobre base genética de los

Cuadro 3. Indicadores financieros para un período de 40 años para sistemas tradicionales con (SSP) y sin árboles (ST) en Cayo, Belice.

Tipo de sistema	VAN* (BZ\$ finca ⁻¹)	VAN (BZ\$ año ⁻¹)	VAN (BZ\$ ha ⁻¹)	B/C
Sistema lechero tradicional (ST)	60,129	1,503	1,588	1.64
Sistema lechero silvopastoril (SSP)				
Escenarios				
Con ingresos de los árboles y secuestro de carbono	86,598	2,164	4,130	1.74
Sin ingresos de secuestro de carbono	84,848	2,121	4,048	1.73
Sin ingresos de árboles ni secuestro de carbono	84,300	2,107	4,020	1.72

*Los indicadores fueron calculados utilizando una tasa de descuento real del 6%

animales (Figura 3). Los estudios han mostrado que los productores no cambian rápidamente de un sistema tradicional familiar, más seguro y experimentado, a una nueva tecnología que pueda estar asociada con riesgos más altos que los métodos tradicionales. Esta reacción es debida principalmente a la falta de conocimiento de los nuevos sistemas (Aldy *et al.* 1998). Es importante que los productores reciban toda la información necesaria antes de aplicar estos sistemas mejorados, para minimizar riesgos. Debido a los limitados recursos de capital, la inversión inicial para el establecimiento de estos sistemas podría ser un factor limitante. Los productores son renuentes a solicitar préstamos a instituciones de crédito, debido principalmente a las altas tasas de interés y las malas experiencias que han tenido.

Belice importa leche y carne en grandes cantidades que compiten con los productos locales con precios más bajos. Los productores necesitan mercados más seguros para sus productos y a mejores precios. La mayoría del ganado en Belice tiene una base genética pobre; la mayoría de cruces son animales criollos con Brahman. Esto afecta la producción de leche de las fincas. Aunque se han importado vacas lecheras mejoradas de Costa Rica y los productores han recibido préstamos para comprar animales mejorados con tasas de interés bajas, todavía se necesita mejorar la base genética. Además, cambiar tecnologías de bajos insumos a una más intensiva debe ser combinada con otros cambios que contribuyan a una mayor producción.

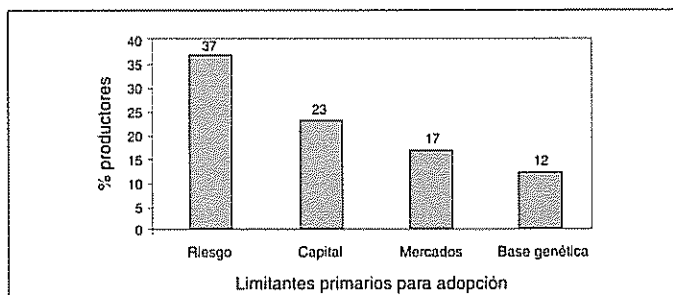


Figura 3. Limitantes primarios para la adopción de SSP reportados por productores en Cayo, Belice.

CONCLUSIONES

Productores con SSP obtuvieron mayores beneficios financieros comparado con las fincas con ST. Se aumentaron los beneficios netos, la relación B/C y el VAN. Sin embargo, el análisis de sensibilidad mostró que la necesidad más alta de mano de obra en SSP produjo una reducción significativa del VAN; esto puede afectar la rentabilidad y adopción de los SSP que se quiera promover. Los beneficios adicionales proporcionados por los SSP incluyen madera, nitrógeno en la tierra, captura de carbono, aumento en el ingreso de los productores y reducción del riesgo a través de la diversificación de las fincas, comparado con las fincas con ST que sólo se orientan a productos animales. Se identificaron tres grupos de fincas lecheras basados en recursos de la finca, nivel de producción de leche y costos de producción. Esto es importante cuando se considera la aplicación de SSP en fincas con ST, debido a que estos grupos tienen limitaciones y potencialidades diferentes. Entre las mayores limitaciones identificadas por productores para la adopción de SSP están el riesgo de capital, mercados y la pobre base genética de los animales.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aldy, JE; Hrubovcak, J; Vasavada, U. 1998. The role of technology in sustaining agriculture and the environment. *Ecological Economics* 26: 81 - 96
- Amézquita, MC; Lema, G. 1997. Análisis del efecto del grupo genético sobre la producción de leche y comportamiento reproductivo en fincas de doble propósito. In: Taller: Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas producción animal de doble propósito. CIAT p80-92
- Benavides, JE. 1994. La investigación en árboles forrajeros. In: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica vol I, p. 31
- BLPA (Belize Livestock Producers Association) 1996. Farm and Ranch News. Published by the Belize Livestock Producers Association. Belize 16 p.
- Harvey, C; Haber, WA. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems* 44:37-68
- Holmann, F; Estrada, D. 1997. Alternativas agropecuarias en la región pacífico central de Costa Rica: un modelo de simulación aplicable a sistemas de doble propósito. En: Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito. Ed. C.E. Lascano y F. Holmann. CIAT Colombia p 134 - 150
- Morrison, B; Gold, M; Lantagne, D. 1996. Incorporating indigenous knowledge of fodder trees into small-scale silvopastoral systems in Jamaica. *Agroforestry Systems* 34: 101- 117
- NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle, 6th ed. National Academy of Sciences. Washington, D.C.
- Pulver, E; Arya, L; Izul, F; Clare, D. 1996. Conservation- effective livestock production. Narmap, Belize 7 p.

Desarrollo del café asociado con *Eucalyptus deglupta* o *Terminalia ivorensis* en la etapa de establecimiento¹

Amilcar Aguilar², John Beer³, Philippe Vaast³,
Francisco Jiménez³, Charles Staver³, Christoph Klein³

Palabras claves: árboles maderables, crecimiento, *Coffea arabica*, distancias, estratos, interacciones, productividad estimada.

Development of coffee associated with *Eucalyptus deglupta* or *Terminalia ivorensis* during the establishment phase.

RESUMEN

ABSTRACT

Se evaluó el efecto de *Eucalyptus deglupta* o *Terminalia ivorensis* sobre la arquitectura y producción de plantas de café (*Coffea arabica* var. Costa Rica) de dos años a diferentes distancias (0.5-3.5 m) del árbol. Comparados con café a pleno sol, café asociado con *E. deglupta* o *T. ivorensis* tuvo 15 a 22% menos frutos. La altura, el número de nudos en el tallo principal y el número de ramas primarias de los cafetos disminuyó con la cercanía de los árboles. Además, la cercanía de *T. ivorensis* afectó el diámetro del tallo, diámetro de copa hacia las calles, la proyección de copa, el número de ramas productivas por planta, el promedio de frutos por nudo productivo y el número de frutos por planta en el café. El número de frutos en las plantas de café más cercanas a *T. ivorensis* disminuyó hasta un 75%. Las plantas de café asociadas con árboles maderables, presentaron hasta un 29% menos hojas en las ramas del estrato inferior, comparadas con plantas establecidas a pleno sol. El promedio de área foliar en el estrato inferior de los cafetos, el promedio de nudos productivos en los estratos superior e intermedio y el promedio de frutos por rama para los tres estratos en las plantas de café fue reducido con la cercanía de los árboles.

The effect of *Eucalyptus deglupta* or *Terminalia ivorensis* on the architecture and production of two year old coffee plants established at different distances (0.5-3.5m) from the trees was evaluated. Coffee plants associated with *E. deglupta* or *T. ivorensis*, had 15 and 22% fewer fruits respectively, compared with coffee in full sun. The proximity of the trees significantly affected the height, the number of nodes on the main stem and the number of primary branches of the coffee plants. The proximity of *T. ivorensis* affected coffee stem diameter, crown diameter towards the alleys, crown projection, number of productive branches per plant, the average number of berries per productive node, and number of berries per plant. The number of coffee berries on plants closest to the *T. ivorensis* decreased up to 75%. Coffee plants associated with timber trees had up to 29% fewer leaves in the lower branches, compared to the same branches of coffee plants exposed to full sunlight. The proximity of the trees, significantly affected the average leaf area for the lower strata, the average number of productive nodes for the upper and middle strata and the average number of fruits per branch for all three strata.

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica*) se cultiva en un rango muy amplio de condiciones agroecológicas y bajo una alta diversidad en su manejo (Maestri y Barros 1977; Suárez de Castro 1961). El impacto de los precios bajos del café, suscitados de manera periódica en el mercado

internacional, y el aumento creciente en los costos de producción está favoreciendo el uso de especies arbóreas que además de ofrecer el servicio de sombra para el cultivo también aporten productos comerciales (Fournier 1988, Galloway y Beer 1997). Los objetivos

¹ Basado en Aguilar, A. 2000. Evaluación de sistemas agroforestales con café asociado con *Eucalyptus deglupta* o *Terminalia ivorensis* e implicaciones metodológicas. Tesis M Sc, CATIE, Turrialba, Costa Rica. ² M Sc en agroforestería Tropical, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2000. Email: ramilcar@mipascatie.org.ni (autor para correspondencia). ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica. Email: jbeer@catie.ac.cr; pvaast@catie.ac.cr; fjimenez@catie.ac.cr; Charlesstaver@aol.com; ckleinn@catie.ac.cr

del estudio fueron evaluar el efecto de *Eucalyptus deglupta* o *Terminalia ivorensis* sobre plantas de café (*Coffea arabica* var. Costa Rica), establecidas a diferentes distancias de los árboles y analizar el efecto de estas dos especies maderables sobre la arquitectura, crecimiento, desarrollo y producción de frutos de los cafetos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue llevado a cabo entre abril y agosto del 2000 en un experimento establecido en junio de 1998 en la finca "Verde Vigor", Pérez Zeledón, Costa Rica (09° 15' N, 83° 30'; pH 4.6 - 5.2; 700 msnm; precipitación anual 3850 mm). El lote experimental, que tuvo un manejo intensivo, recibió 200 kg ha⁻¹ año⁻¹ de N, 6.6 de P, 91.3 de K y 42 de Mg. Los tratamientos evaluados (cuatro repeticiones) fueron café asociado con *E. deglupta* o *T. ivorensis* y café en pleno sol. Las parcelas experimentales con sombra tuvieron 576 posturas de café (2x1m) y 32 árboles maderables (6x6m) establecidos en un área de 1152 m². La parcela útil incluyó 216 posturas de café (18 filas de 12 posturas) y 12 árboles maderables (seis filas de dos árboles). Las parcelas experimentales a pleno sol tuvieron 192 posturas de café (2x1m) con parcelas útiles de 120 posturas (10 filas de 12 plantas). Se definieron cinco rangos de distancia del árbol más cercano para evaluar los cafetos (0.52±0.10, 1.53±0.16, 2.08±0.20, 2.51±0.18 y 3.24±0.21m) y se tomaron mediciones en tres estratos dentro de las plantas de café: superior (SU), integrado por los primeros ocho nudos en el tallo principal; intermedio (IN), que incluyó las ramas del nudo 9 al 18; e inferior (IF), compuesto por todas las

ramas localizadas por debajo del nudo 18.

Se evaluó, en 256 cafetos por tratamiento (64 por parcela), diámetro basal del tallo, altura, nudos totales en el tallo principal, diámetro de copa del café dentro de la línea y hacia las calles, proyección de copa (m²), número de ramas primarias productivas, número de ramas primarias no-productivas y el número de frutos por planta. Estas variables se analizaron mediante un diseño de parcelas divididas utilizando como parcela principal las especies maderables y como sub-parcelas los cinco rangos de distancia. Adicionalmente, en cada una de las ramas primarias de 64 plantas por tratamiento, se evaluó la longitud, longitud de tejido nuevo, número de hojas, área foliar, nudos productivos, nudos no-productivos y el número de frutos. Estos últimos datos fueron analizados mediante un diseño de parcelas sub-sub-divididas.

Los efectos de las especies maderables y las distancias en los diferentes estratos y sus respectivas interacciones fueron comparados a través de ANDEVA. Las comparaciones entre estratos y su interacción con los maderables se hizo mediante la prueba de Tukey. Las comparaciones entre las distancias y sus interacciones con los tratamientos y/o estratos se hizo mediante análisis de regresión lineal. Todos los análisis estadísticos del presente estudio fueron hechos únicamente para los dos tratamientos maderables. Los datos del tratamiento en pleno sol se excluyeron de los análisis porque fueron parcelas adicionales que no entraron en la aleatorización del diseño original al establecer los maderables.



El uso de *Terminalia ivorensis* en sistemas agroforestales con café, requirió de podas más drásticas de sus ramas después del primer año de establecimiento y probablemente raleos más tempranos que *Eucalyptus deglupta* (Foto: A. Aguilar)

En los árboles de las parcelas útiles se cuantificó: altura, diámetro del fuste a 1.30 m, diámetro medio de copa, proyección de copa, área basal, disponibilidad de radiación fotosintéticamente activa (RAFA) y proyección de sombra a una distancia de 1.5 m de los fustes. También se midió el promedio de RAFA por parcela. Estos datos fueron analizados a través de análisis de varianza utilizando un diseño de cuatro bloques completos al azar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 22 meses de edad, el crecimiento de *T. ivorensis* fue superior a *E. deglupta* (dap 7.7 / 5.2 cm; diámetro medio de copa 3.6 / 2.4 m; proyección de copa 11.5 / 4.7 m²; y el área basal 1.38 / 0.67 m² ha⁻¹). A 1.5 m de distancia de los tallos, la RAFA bajo *T. ivorensis* fue 51% menos y la sombra 22% mas comparado con *E. deglupta*.

Cuadro 1. Dimensiones de *Coffea arabica* con dos años de establecimiento, a diferentes distancias de *Terminalia ivorensis* en la finca "Verde Vigor", Pérez Zeledón, Costa Rica.

Variables	Distancia promedio (m)				
	0.52	1.53	2.08	2.51	3.24
Altura (cm)	100	103	107	111	116 n.s
Diámetro del tallo (mm)	19	22	23	23	25 **
Nudos en el tallo principal	24	25	26	26	28 n.s
Diámetro de copa en la línea (cm)	66	69	77	80	85 n.s
Diámetro de copa hacia la calle (cm)	63	71	76	80	86 *
Proyección de copa (m ²)	0,36	0,42	0,48	0,50	0,60 **
Ramas primarias	26	29	32	32	35 n.s
Ramas primarias no-productivas	12	10	10	10	10 n.s
Ramas primarias productivas	14	19	22	23	25 **
Longitud promedio de ramas primarias (cm)	24	24	26	29	30 n.s
Longitud de tejido nuevo en las ramas primarias (cm)	11	11	11	11	11 n.s
Hojas totales por rama	8	8	9	10	10 n.s
Área foliar por rama (cm ²)	242	215	270	301	332 n.s
Nudos totales por rama	10	9	10	10	13 n.s
Nudos no-productivos por rama	8	8	7	7	8 n.s
Nudos productivos por rama	1,2	1,6	3,1	3,6	4,1 n.s
Número de frutos por rama	3	5	15	21	24 n.s
Frutos por nudo productivo	2,0	2,9	4,0	4,7	5,0 *
Total de frutos por planta	180	266	540	625	727 **

n.s = diferencias no significativas; * = diferencias significativas con p<0.02; ** = diferencias significativas con p< 0.005.

Al nivel de parcelas, las copas de *T. ivorensis* sombrearon directamente un 32% de los cafetos y disminuyeron en un 38% la disponibilidad de RAFA comparado con condiciones de pleno sol, mientras *E. deglupta* solo afectó un 13% de los cafetos y disminuyó la RAFA en un 30%. El mayor diámetro que alcanzaron las copas de *T. ivorensis* y su arquitectura, caracterizada por diferentes estratos o verticilos con un follaje más denso que *E. deglupta*, explica su mayor efecto sobre la disponibilidad de RAFA.

Los cafetos asociados con *E. deglupta* o *T. ivorensis*, tuvieron entre 15 y 22% menos frutos comparados con cafetos a pleno sol (670 frutos por planta). Sin embargo, solamente la cercanía de *T. ivorensis* disminuyó en forma significativa el diámetro del tallo, diámetro de copa hacia las calles, la proyección de copa, el número de ramas productivas, el promedio de frutos por nudo productivo y número de frutos por cafeto (Cuadro 1). *T. ivorensis* disminuyó hasta un 75% el número de frutos en los cafetos más cercanos a sus tallos.

Tomando en cuenta los altos niveles de fertilizantes químicos y los aportes de materia orgánica, la competencia por nutrientes no parece ser la razón porque *T. ivorensis* de dos años de edad causó mayor compe-

tencia con el café que *E. deglupta*. La reducción en la disponibilidad de RAFA y la cantidad de sombra que proyectó *T. ivorensis* sugieren una mayor competencia por luz (Estivaris 1997, Muschler 1998) o quizás un menor aprovechamiento de los fertilizantes por los cafetos que fueron sombreados por esta especie (Carvajal 1972).

La cercanía de los árboles maderables disminuyó de manera significativa el promedio de área foliar de los cafetos para el estrato inferior, el promedio de nudos productivos por rama para los estratos superior e intermedio y el promedio de frutos por rama para los tres estratos (Figura 1). Las plantas de café asociadas con árboles maderables, presentaron hasta un 29% menos hojas en las ramas del estrato inferior (15 por rama), comparadas con plantas establecidas a pleno sol (21 por rama).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después del primer año, *T. ivorensis*, sembrado en plantaciones de café, requiere podas más drásticas y/o tempranas de las ramas inferiores, y probablemente raleos más tempranos, que *E. deglupta*. También es necesario considerar si conviene plantar café a menos de un metro de distancia de árboles maderables.

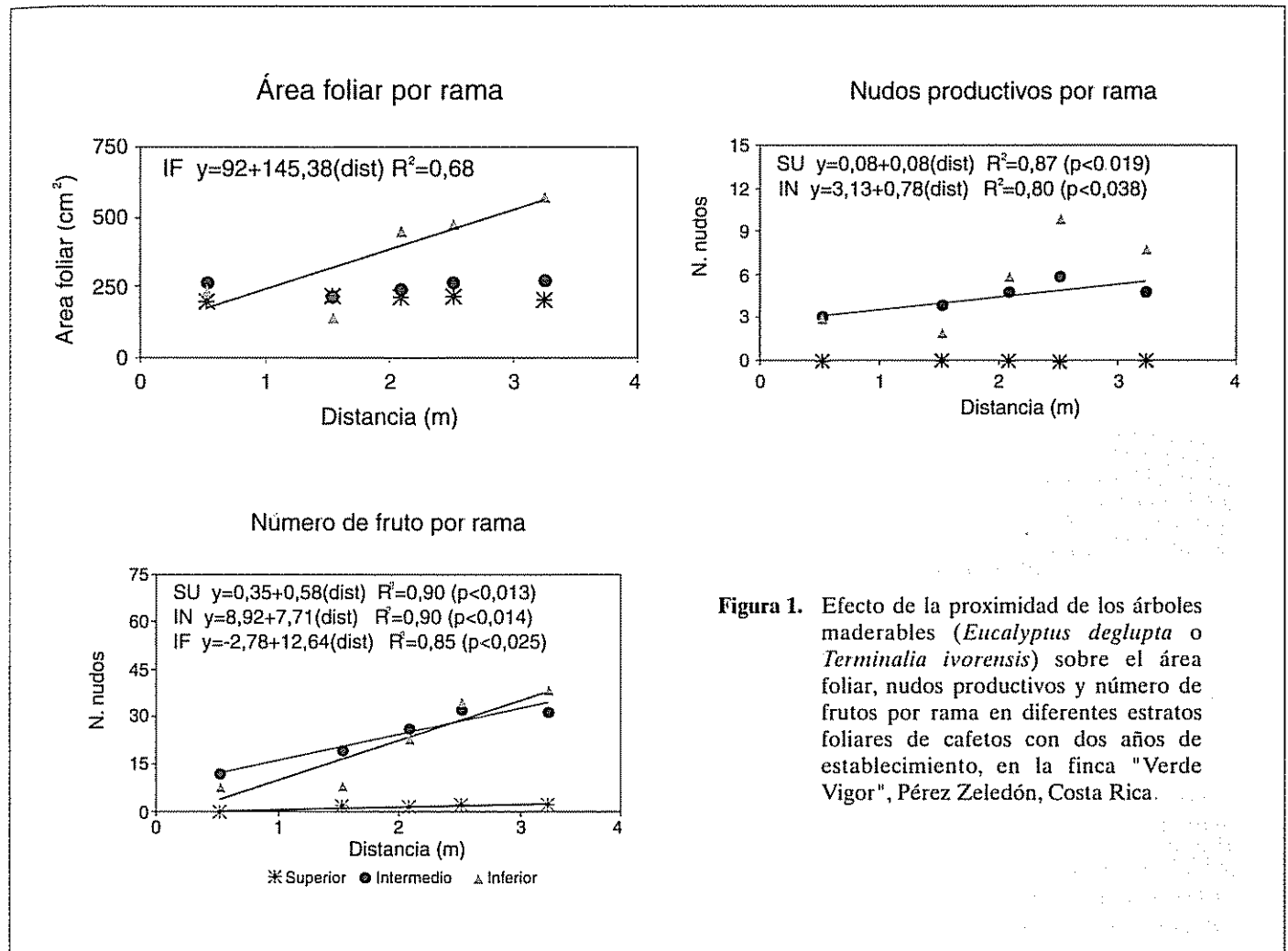


Figura 1. Efecto de la proximidad de los árboles maderables (*Eucalyptus deglupta* o *Terminalia ivorensis*) sobre el área foliar, nudos productivos y número de frutos por rama en diferentes estratos foliares de cafetos con dos años de establecimiento, en la finca "Verde Vigor", Pérez Zeledón, Costa Rica.

La altura de los cafetos, el número de nudos en el tallo principal y el número de ramas primarias por planta, fueron buenos indicadores para detectar el efecto de competencia de especies maderables. Al nivel de estratos, la observación del área foliar para el estrato inferior, los nudos productivos y el número de frutos por rama después del nudo ocho, fueron buenos indicadores para conocer como pueden afectar los árboles maderables el desarrollo del café.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Sr. Alberto Volio Esquivel propietario de la finca "Verde Vigor" y al personal técnico de esta finca y a los bachilleres Manuel Menjivar y Gabriel Ureña que colaboraron como asistentes de campo. A los Ings. Carlos Fonseca y Rudolf van Kantén por su apoyo especialmente en el campo y a Johnny Pérez y Gustavo López por su apoyo en los análisis estadísticos.

LITERATURA CITADA

Carvajal, J.F. 1972. Cafeto-cultivo y fertilización. Berna, Suiza, Instituto Internacional de la Potasa 141 p.

Estivaris, C.J. 1997. Efecto de la sombra sobre la floración y producción de *Coffea arabica* var. Caturra después de una poda completa en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE 73 p.

Fournier, L.A. 1988. El cultivo del café (*Coffea arabica* L.) al sol o la sombra: Un enfoque agronómico y ecofisiológico. Agronomía Costarricense 12(1):131-146.

Galloway G; Beer, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE (Serie Técnica Informe Técnico N° 285) 163 p.

Maestri, M; Barros, R.S. 1977. Coffee. In: Alvin P de T.; Kozlowski, T.I. (eds) Ecophysiology of Tropical Crops. New York, Academic Press. pp 249 - 278.

Muschler, R.G. 1998. Tree-crop compatibility in agroforestry: production and quality of coffee grown under managed tree shade in Costa Rica. Thesis Ph.D. Florida, University of Florida. 216 p.

Suárez de Castro, F. 1961. Sistemas de siembra y de cultivo del café en América. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café Suplemento N° 9. p. 11.

Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica¹

Gabriela Ávila², Francisco Jiménez³, John Beer³, Manuel Gómez³, Muhammad Ibrahim³

Palabras clave: *Acacia mangium*, *Brachiaria brizantha*, *Coffea arabica*, *Eucalyptus deglupta*, *Ischaemum indicum*

Carbon storage and fixation, and valuation of environmental services in agroforestry systems in Costa Rica

RESUMEN

Se evaluó el almacenamiento y fijación de carbono (C) en: 1) los sistemas agroforestales café (*Coffea arabica*) + eucalipto (*Eucalyptus deglupta*) de cuatro, seis u ocho años de edad, café + poró (*Erythrina poeppigiana*), pasto brachiaria (*Brachiaria brizantha*) + mangium (*Acacia mangium*) y pasto brachiaria + eucalipto; y en 2) los monocultivos de café, brachiaria o pasto ratana (*Ischaemum indicum*) a pleno sol. Más del 89% del C almacenado en los sistemas correspondió al C del suelo. La fijación de C del componente arbóreo estuvo entre 0,4 y 2,2 t ha⁻¹ año⁻¹. El aporte del componente arbóreo al total de C almacenado por el sistema varió entre 1%, para eucalipto de seis años en café, y 7% para mangium en potreros de brachiaria. El monto pagado en la actualidad en Costa Rica por el servicio ambiental de almacenamiento de C (US\$ 10-13 ha⁻¹) no es suficiente para tener una influencia significativa en el uso de la tierra.

ABSTRACT

Carbon storage and fixation were studied in: 1) agroforestry systems of *Coffea arabica* (coffee) associated with *Eucalyptus deglupta* (eucalyptus) aged four, six or eight years, *C. arabica* associated with *Erythrina poeppigiana* (mountain immortal) and *Brachiaria brizantha* (brachiaria) pasture associated with *Acacia mangium* (mangium) or with *E. deglupta*; and in 2) monocultures of coffee, *B. brizantha* or *Ischaemum indicum* (ratana) pasture in full sun. More than 89% of the C stored in the systems was soil C. Carbon fixation in the trees was between 0.4 and 2.2 t ha⁻¹ year⁻¹. The contribution of the tree component to the total C stored by the system varied from 1%, for six year old eucalyptus in coffee, to 7% for mangium in brachiaria pastures. In Costa Rica, the amount presently paid for the environmental service of C storage (US\$ 10-13 ha⁻¹) is inadequate to have a significant impact on land use.

INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono (CO₂) es el gas que más contribuye al calentamiento global. Una forma de mitigar sus efectos es almacenarlo en la biomasa (mediante la fotosíntesis) y en el suelo (a través de la acumulación de materia orgánica). Los sistemas agroforestales (SAF) representan sumideros importantes de carbono (C); sin

embargo, no han sido considerados en el pago de servicios ambientales, debido entre otras razones, a la ausencia de información cuantificada sobre su potencial de almacenamiento y fijación de C. En la mayoría del área cafetalera de América Central, el café (*Coffea* spp.) se maneja bajo sombra arbórea (Galloway y Beer 1997).

¹ Basado en: Ávila Vargas G 2000. Fijación y almacenamiento de carbono en sistema de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol. Tesis M. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica 99 p. ² M Sc Agroforestería Tropical, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2000. ³ Profesores investigadores, CATIE, Turrialba: Tel: (506) 556-1576. fjimenez@catie.ac.cr (autor para correspondencia), jbeer@catie.ac.cr, mgomez@catie.ac.cr, mibrahim@catie.ac.cr respectivamente

Por otro lado, existe gran potencial para manejar y recuperar áreas degradadas por sobrepastoreo, mediante sistemas silvopastoriles. En ambos casos, el pago de servicios ambientales por fijación y almacenamiento de C representa una alternativa para dar valor agregado a la producción, que podría tener un gran potencial e importancia para los productores. La finalidad de este estudio fue cuantificar el C fijado y almacenado en sistemas agroforestales con café y pastos en Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios con café se realizaron en Grecia (1000 msnm, 2115 mm de lluvia, 22°C, suelos Andisoles) y Naranjo (1100 msnm, 2411 mm de lluvia, 21.5 °C, suelos Andisoles), provincia de Alajuela, Costa Rica; se utilizaron plantaciones de café (*Coffea arabica*) variedad Catuai (plantadas a 2x1.2 m) asociado con eucalipto (*Eucalyptus deglupta*) de cuatro (6x6 m), seis (8x8 m) y ocho años (8x8 m); o con poró (*Erythrina poeppigiana*) de más de 10 años (8x8 m) además de café a pleno sol. En cada plantación, se seleccionaron al azar nueve unidades de muestreo para cada sistema evaluado, para un total de 45 parcelas de muestreo. Las determinaciones de C se basaron en un muestreo destructivo de un árbol de sombra, cuatro plantas de café, cuatro submuestras de hojarasca y cuatro submuestras del suelo (0-25 cm, incluyendo la biomasa radicular < 0,25 mm de diámetro) en cada unidad de muestreo.

Para la estimación de C almacenado (CA_b ; t C ha⁻¹) en la biomasa (B), se utilizó la fórmula $CA_b = B \times fc$, donde fc = a la fracción de C en la biomasa de los diferentes componentes, lo cual fue determinado en los laboratorios de la Universidad de Costa Rica. La tasa de fijación de C (CF; t C ha⁻¹ año⁻¹) en los árboles es C almacenado (CA) por árbol dividido entre la edad (años) del mismo. El C almacenado en el suelo (CA_s , t C ha⁻¹) se estimó a partir del porcentaje de C en el suelo (%C_s), la densidad aparente (DA) y la profundidad de muestreo (P) del mismo: $CA_s = \%C_s \times DA \times P$. Se estimó C_s utilizando el método de Walkley y Black.

Los estudios con sistemas silvopastoriles y pasturas sin árboles fueron realizados en Guácimo y Pococí (200 msnm, 4380 mm de lluvia, 24.6 °C, suelos Andosoles), en la provincia de Limón, Costa Rica. Se seleccionaron cuatro sistemas (sitios): 1) pastizales de brachiaria (*Brachiaria brizantha*) asociado con el maderable mangium (*Acacia mangium*) de tres años (9x3 m); 2) bra-



La mayor valoración económica del servicio ambiental de almacenamiento de carbono, correspondió al sistema agroforestal café-eucalipto de cuatro años con un valor de US\$84 ha⁻¹ (Foto L. Meléndez).

chiaría asociado con *E. deglupta* de tres años (9x3 m); 3) pasturas de ratana (*Ischaemum indicum*); y 4) brachiaria a pleno sol. Se seleccionaron al azar nueve unidades de muestreo para cada sistema, para un total de 36 parcelas de muestreo. Se cuantificó el C almacenado en todos los sistemas y sus componentes utilizando la metodología descrita arriba, mientras que la tasa de fijación se calculó solamente para los sistemas brachiaria-mangium y brachiaria-eucalipto.

Para la valoración del servicio ambiental por almacenamiento de C, se utilizaron los criterios del IPCC (2000) y lo estipulado en la Ley Forestal 7575 (Costa Rica 1998). Se tomaron como referencia tres tipos de valoraciones: 1) el valor utilizado en los proyectos internacionales (10 US\$ t⁻¹); 2) el valor en los proyectos negociados por Implementación Conjunta en Costa Rica (5 US\$ t⁻¹); y 3) valor real actual pagado a los productores nacionales, según el pago de servicios ambientales vigente, estimado en 1.53 US\$ t⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Almacenamiento de carbono

El sistema de café que almacenó más C fue café-poró con un total de 195 t ha⁻¹; el de menor almacenamiento fue café-eucalipto de 8 años con 121 t ha⁻¹ (Cuadro 1). Obviamente estos resultados dependen de las condiciones de cada sitio (clima, suelo, manejo; no hubo replicación de sistemas) pero fueron semejantes a los reporta-



En los sistemas de producción con pastos, el carbono almacenado fue mayor en los sistemas silvopastoriles, con respecto a las pasturas en monocultivo (Foto L. Meléndez).

dos en la literatura respecto a sistemas agroforestales con café en varios lugares de América Central (Fassbender *et al.* 1985, Fournier 1996, Márquez 1997, Alvarado *et al.* 1999). La mayor parte del C estuvo almacenado en el suelo, aún sin incluir las raíces de más de 2 mm de diámetro. El almacenamiento en este componente fue mayor en el sistema café-poró (184 t ha⁻¹) y menor en café-eucalipto de ocho años (109 t ha⁻¹). Alpizar *et al.* (1985), en Turrialba, Costa Rica, encontraron 164 t ha⁻¹ de C almacenado en el suelo (0-45 cm) en SAF con café.

En los sistemas con pastos, el C almacenado fue mayor en los sistemas silvopastoriles (95 t ha⁻¹), con respecto a las pasturas en monocultivo (68 para brachiaria y 84 t ha⁻¹ para ratana). Trouve *et al.* (1994) obtuvieron un almacenamiento de C de 63 a 76 t ha⁻¹ en sistemas silvopastoriles con *E. deglupta* en el Congo. El aporte de las pasturas en el almacenamiento de C fue inferior a 2.5 t C ha⁻¹. Andrade (1999) obtuvo un almacenamiento de C en las pasturas de 0.35 y 1.5 t ha⁻¹ para *B. brizantha* asociada a *E. deglupta* o *A. mangium*, respectivamente.

Cuadro 1: Cantidad de carbono almacenado (t C ha⁻¹) en diferentes sistemas agroforestales o monocultivos de café o pasturas en Costa Rica.

Sistema agroforestal	Arriba del suelo	Orgánico del (0-25 cm) suelo	Total
Café-eucalipto* (4 años)	12.5 (4.2)**	139.1 (23.3)	151.6
Café-eucalipto (6 años)	7.7 (2.5)	161.0 (54.4)	168.7
Café-eucalipto (8 años)	12.3 (5.9)	108.6 (15.4)	120.9
Café-poró (más de 10 años)	10.6 (4.0)	184.4 (13.8)	195.0
Brachiaria-mangium (3 años)	8.9 (0.1)	86.6 (17.5)	95.5
Brachiaria-eucalipto (3 años)	7.5 (0.2)	87.3 (0.4)	94.8
Monocultivo			
Café a pleno sol	10.4 (3.5)	153.9 (37.0)	164.3
Pasto brachiaria a pleno sol	2.0 (0.1)	66.2 (16.4)	68.2
Pasto ratana a pleno sol	0.12 (0.0)	84.2 (11.1)	84.3

*Café (*Coffea arabica*); eucalipto (*Eucalyptus deglupta*); brachiaria (*Brachiaria brizantha*), mangium (*Acacia mangium*), ratana (*Ischaemum indicum*). **El valor en paréntesis corresponde a la desviación estándar entre unidades de muestreo en el mismo sitio.

Fijación de carbono

Las tasas de fijación de C del componente arbóreo de los SAF con café y pastos variaron entre 0.3, para poró en asocio con café y 2.2 t ha⁻¹ año⁻¹ para mangium asociado con brachiaria (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fijación de carbono del componente arbóreo en sistemas agroforestales con café y pastos en Costa Rica.

Sistema agroforestal	Densidad (árboles ha ⁻¹)	Tasa de fijación (t C ha ⁻¹ año ⁻¹)
Café-eucalipto* (4 años)	277	1.1
Café-eucalipto (6 años)	156	0.4
Café-eucalipto (8 años)	156	0.4
Café-poró (más de 10 años)	156	0.3
Brachiaria-eucalipto (3 años)	370	1.8
Brachiaria-mangium (3 años)	370	2.2

*Café (*Coffea arabica*); eucalipto (*Eucalyptus deglupta*); brachiaria (*Brachiaria brizantha*), mangium (*Acacia mangium*).

Valoración económica del servicio ambiental de almacenamiento de carbono

Cuando se consideró el componente arbóreo y el cultivo asociado en SAF con café y pastos se observó que la mayor valoración correspondió a café-eucalipto de cuatro años, con US\$84 ha⁻¹, y el de menor valor fue el

Cuadro 3: Valoración del servicio ambiental del almacenamiento de carbono en los árboles y el cultivo asociado en sistemas agroforestales en Costa Rica.

Sistema agroforestal	Almacenamiento de carbono arbóreo y del cultivo (t C ha ⁻¹)	Valor (US\$ t C ha ⁻¹)		
		10**	5	1.53
Café-eucalipto* de cuatro años	8.40	84	42	13
Café-eucalipto de seis años	7.10	71	35	10
Café-eucalipto de ocho años	7.43	74	37	11
Café-poró de más de 10 años	6.60	66	33	10
Brachiaria-mangium de tres años	8.90	89	44	13
Brachiaria-eucalipto de tres años	7.70	77	38	11

* Café (*Coffea arabica*); eucalipto (*Eucalyptus deglupta*); brachiaria (*Brachiaria brizantha*), mangium (*Acacia mangium*), ratana (*Ischaemum indicum*). **Valor por t C almacenado estimado en \$10 en proyectos internacionales, \$5 en proyectos de implementación conjunta, pero en la actualidad, solo se paga \$1.53.

café-poró, con US\$66 ha⁻¹ (Cuadro 3). Sin embargo, los productores solo reciben 15% del valor máximo posible para el almacenamiento de C o 30% si utilizamos como referencia proyectos de implementación conjunta; es decir, \$1.53 vs \$10 y \$5, respectivamente. Eso evidencia la situación desfavorable en que se encuentra el productor, debido a la ausencia de un sistema por pago de servicios ambientales más justo y diferenciado, debido a que no solamente afecta a los propietarios de los sistemas agroforestales, en caso de ofrecer en el futuro una valoración para este servicio dentro de estos sistemas, sino que afecta a los dueños de plantaciones forestales puras. Es improbable que los montos pagados (10-13 \$ ha⁻¹) sean suficientes para influir en las decisiones de manejo de los productores.

LITERATURA CITADA

- Alpizar, L.; Fassbender, HW; Heuvelodp, J 1985 Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica I Biomasa y reservas nutritivas Turrialba 35: 233-242
- Alvarado, J; López de León, E; Medina, M 1999 Cuantificación estimada del dióxido de carbono fijado por el agroecosistema café en Guatemala Boletín PROMECAFE (IICA) No 81: 7-14.
- Andrade, HJ 1999. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. CATIE Turrialba, Costa Rica, CATIE 83.
- Fassbender, HW; Alpizar, L; Heuvelodp, J; Enriquez, G; Folsters, H 1985 Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) o poró (*Erythrina poeppigiana*), en Turrialba, Costa Rica I Biomasa y reservas nutritivas Turrialba. 35: 233-242.
- Fournier, L 1996 Fijación de carbono y diversidad biológica en el agroecosistema cafetero. Boletín PROMECAFE (IICA), No 71: 7-13.
- Galloway, G; Beer J. 1997 Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central CATIE Turrialba, Costa Rica (Serie Técnica. Informe Técnico N° 285). 166p
- IPCC 2000. Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra Informe especial. Resumen para responsables de políticas Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático Montreal, Canadá 24 p.
- Márquez, L 1997 Validación de campo de los métodos del Instituto Winrock para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo para cuantificar carbono en sistemas agroforestales Guatemala Universidad del Valle de Guatemala. 45 p.
- Trouve, C; Mariotti, A; Schwartz, D; Guillet, B 1994 Soil organic carbon dynamics under eucalyptus and pinus planted on savannas in Congo. Soil. Biol. Biochem 26: 287-295.

CONCLUSIONES

Más del 89% del C almacenado en los sistemas agroforestales o monocultivos de café o pastos corresponde al C del suelo; éste varió entre el 90% (121 t C ha⁻¹) en un sistema agroforestal de café-eucalipto de ocho años a 99.9% (84 t C ha⁻¹) en una pastura natural de ratana. Las tasas de fijación de C del componente arbóreo tuvieron valores entre 0.4 y 2.2 t ha⁻¹ año⁻¹ y el aporte del componente arbóreo al total de C almacenado por el sistema, varió entre 1.2 %, para café-eucalipto de 6 años y 6.8 % para brachiaria-mangium. Los montos pagados en Costa Rica por almacenamiento de C (10-13 \$ ha⁻¹) no son suficientes para influir fuertemente en el uso de la tierra.

Productividad y capacidad de reciclar fósforo de diferentes accesiones de *Arachis pintoii* asociados con *Acacia mangium* en Guápiles, Costa Rica¹

Henry A. Perla², Donald Kass³, Muhammad Ibrahim³, Francisco Jiménez³

Palabras claves: forraje, fraccionamiento, longitud específica de raíz, materia seca, micorrizas, nutrientes foliares.

Productivity of different accessions of *Arachis pintoii* and their capacity to recycle P in association with *Acacia mangium* in Guápiles, Costa Rica

RESUMEN

En una plantación del maderable *Acacia mangium* de tres años, en Guápiles, Provincia de Limón, Costa Rica, se estudiaron siete accesiones de maní forrajero (*Arachis pintoii*) para determinar cuales tenían mayor potencial para reciclar fósforo (P). Las fracciones P inorgánico/membrana, P inorgánico/NaHCO₃ y P orgánico/NaHCO₃, y el P total en el suelo, no presentaron diferencias bajo las accesiones de *A. pintoii*. El número de esporas de micorriza por 100 g de suelo fue de 273 y 715 para las accesiones CIAT 18744 y 22159, respectivamente y el porcentaje de colonización de las raíces por micorrizas vesículo arbusculares fue superior a 80% en todas las accesiones. Las accesiones CIAT 18744 y 22150 tuvieron los mayores contenidos foliares de los elementos Mg, P y Zn (8866, 2400 y 53.58 mg kg⁻¹, respectivamente). La producción de materia seca forrajera de *A. pintoii*, a los seis meses de siembra, fue mayor a una distancia de 4.5 m de los árboles (sin diferencia entre accesiones en productividad forrajera por parcela). La accesión CIAT 17434 presentó la mayor longitud específica de raíz (74 cm mg⁻¹).

ABSTRACT

In a 3 year old plantation of the timber tree *Acacia mangium*, in Guapiles, Limon Province, Costa Rica, seven different accessions of the fodder species *Arachis pintoii* were studied in order to identify those with the greatest potential to recycle P. Soil fractions P inorganic/membrane, inorganic P extracted by sodium bicarbonate and organic P extracted by sodium bicarbonate showed no significant differences below the different accessions of *A. pintoii*. The number of mycorrhizal spores found per 100g of soil were 273 and 715 for the accessions CIAT 18722 and 22159, respectively, and the percentage colonization of roots by vesicular arbuscular mycorrhizae was greater than 80% in all accessions. The accessions CIAT 18744 and 22150 had the highest values for foliar nutrient content of the elements Mg, P and Zn (8866, 2400 and 53.58 mg kg⁻¹ respectively). Six months after planting the production of fodder dry matter was greatest at 4.5 m distance from the trees (there was no difference between the different accessions in forage productivity per plot). The accession CIAT 17434 had the highest value for specific root length (74 cm mg⁻¹).

INTRODUCCIÓN

Alrededor del 70% de los suelos tropicales están muy meteorizados y tienen complejos coloidales conformados por óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio con un alto poder de fijación de P. Por tanto, el P disponible para las plantas es escaso (Fassbender 1982, Szott y Kass 1993). La variabilidad genética (inter e intra-específica),

de las plantas en cuanto a la capacidad para obtener, distribuir, acumular y utilizar nutrimentos minerales, permite desarrollar plantas mejor adaptadas a estos suelos ácidos y de baja fertilidad (Rao 1995).

Arachis pintoii tiene una capacidad poco común de absorber P de suelos con bajo contenido de este elemento,

¹ Basado en Perla HP. 2000. Variabilidad de *Arachis pintoii* Productividad y capacidad de reciclar fósforo en asocio con *Acacia mangium* Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica 60p. ² M.Sc. Agroforestería Tropical, Investigador, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENIA) EMail: hperla@usa.net ³ Profesores investigadores, CATIE. Tel 558-2592 EMail: dkass@catie.ac.cr (autor para correspondencia), mibrahim@catie.ac.cr, fjimenez@catie.ac.cr

relacionado con el intenso desarrollo de raíces finas en suelos de textura fina y con una gran actividad de micorrizas vesículo arbusculares (MVA) en suelos de textura gruesa (Rao y Kerridge 1995). Los objetivos de esta investigación, que fue llevada a cabo dentro de un sistema silvopastoril que incluyó el árbol maderable *Acacia mangium* (plantado a 9x3 m; tres años de edad), fueron: 1) evaluar el potencial de accesiones de *A. pintoii* para captar y reciclar P; 2) estudiar asociaciones simbióticas y morfológicas que podrían explicar las diferencias entre accesiones en la obtención de P; 3) evaluar el contenido de nutrientes en diferentes accesiones de *A. pintoii*; y 4) comparar las accesiones de *A. pintoii* en términos de la producción de biomasa aérea (forrajera) y extensión de raíces.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Guápiles, en la Zona Atlántica de Costa Rica (10° 09' N; 83° 38' O; 125 msnm; 24.6 °C de temperatura media, 87% de humedad relativa; 4560 mm de precipitación media anual). El clima fue clasificado como Bosque Tropical Lluvioso; entre 13 y 17 MJ m² día⁻¹ de radiación solar global promedio (Zelada 1996) y suelos clasificados como Typic Dystrudept.

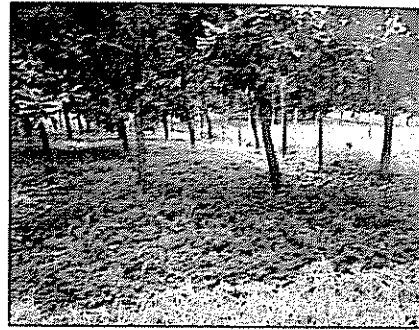
Los árboles de *A. mangium* se plantaron en setiembre de 1997, mientras que el *A. pintoii* fue sembrado en enero de 1999. Los tratamientos evaluados fueron *A. mangium* sin asocio o *A. mangium* con una de las siguientes accesiones de CIAT: 22155, 22157, 22159, 22148, 22150, 17434, 18744.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo de parcelas subsubdividas, con tres repeticiones. Las parcelas principales estuvieron constituidas por el asocio entre cuatro árboles de *A. mangium* y una accesión de *A. pintoii*, con excepción del testigo (sin *A. pintoii*). Las subparcelas fueron las fajas de *A. pintoii* (distanciadas de los árboles a 1.5, 3 y 4.5 m) y las sub-subparcelas consistieron en mediciones en tiempo (4, 5 y 6 meses después de la siembra del *A. pintoii*).

Las variables estudiadas fueron:

P total (Pt). Se hicieron dos mediciones: 1) a la siembra del *A. pintoii*, se tomaron muestras de suelo (0-15 cm de profundidad) en las parcelas testigo de cada bloque; y 2) a los seis meses se tomaron nuevas muestras en todas las parcelas.

Fraccionamiento de P. Se realizaron muestreos de suelo (0-15 cm de profundidad), al inicio y a los seis meses del



Las accesiones de *Arachis pintoii* no influyeron significativamente en los contenidos P total, ni en las fracciones del suelo; pero algunas fueron mejores en la absorción de Mg, P y Zn (Foto: H. Perla)

estudio, en todas las parcelas de cada bloque. Los análisis de fraccionamiento de P fueron parciales. Se determinaron las fracciones orgánicas (Po) e inorgánicas (Pi) extraídas con resinas y bicarbonato de sodio (NaHCO₃). Se utilizó el procedimiento descrito por Hedley *et al.* (1982), modificando el tamaño de membrana a 2.5 x 2.5 para la primera extracción del Pi-resina y terminando en la segunda fracción.

Micorrizas (MVA). Los muestreos de suelo y raíces (para contar el número de esporas de micorrizas) fueron tomados en todas las parcelas a 20 cm de profundidad al inicio y a los seis meses de siembra del *A. pintoii*.

Concentraciones de nutrientes foliares. Se tomaron muestras foliares de *A. pintoii* al final del estudio para determinar las proporciones de macro y micro nutrientes (Ca, Mg, K, P, N, Cu, Mn, Fe y Zn).

Biomasa aérea de *A. pintoii*. Se muestreo cada ocho semanas (Villareal y Zuniga 1996) a partir del cuarto mes de establecido (tres mediciones). Las muestras foliares, que se tomaron de toda la planta (hojas+tallo) a tres distancias de los árboles de *A. mangium* (1.5, 3.0 y 4.5 m), considerando un área de 0.0625 m² por cada submuestra (se tomaron tres sub-muestras en cada parcela y fecha, utilizando un aro metálico de 0.25 x 0.25 m) fueron secadas en horno a 65 °C por un período de 72 horas para obtener el peso seco.

Longitud específica de raíz (LER) de *A. pintoii*. Se tomaron datos a los seis meses del inicio del estudio, mediante muestreos con barreno "Göttingen", a tres distancias de *A. mangium* (1.5, 3 y 4.5 m) a 0-15, 15-30 y 30-60 cm de profundidad en cada parcela.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

P total (Pt)

Al final del estudio, el suelo bajo CIAT 17434 tuvo el valor más alto de Pt (1436 mg kg⁻¹), mientras que el suelo bajo CIAT 22150 tuvo el nivel más bajo (1319 mg kg⁻¹), pero las diferencias no fueron significativas ($p < 0.05$).

Fraccionamiento de P

No hubieron diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos

para las fracciones de P (Cuadro 1). El P inorgánico (Pi) extraído con resinas (Pi/membrana) disminuyó durante el estudio, mientras que las proporciones de las fracciones de Pi extraídos con bicarbonato de sodio (Pi/NaHCO₃) incrementaron. Todos los tratamientos presentaron una tendencia a disminuir las concentraciones de la fracción de P orgánico (Po) extraída con bicarbonato de sodio (Po/NaHCO₃).

Micorrizas

Al final del estudio, los promedios por tratamiento oscilaron entre 273 y 715 esporas por 100 g de suelo para las accesiones CIAT 18744 y 22159, respectivamente, pero no hubo diferencias estadísticas ($p < 0.05$). Las poblaciones de esporas formadoras de MVA, encontradas en las muestras de suelo, correspondieron al género *Glomus*. Tampoco se mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el porcentaje de colonización; todas las accesiones presentaron porcentajes de colonización de raíces arriba del 80%, aunque el desarrollo del micelio dentro de las raíces (espacios intercelulares) fue relativamente pobre.

Concentraciones de nutrientes foliares

Solamente se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) para Mg y P. La accesión CIAT 18744 tuvo la concentración más alta de Mg (8866 mg kg⁻¹), mientras que la accesión CIAT 22157 obtuvo el resultado más bajo para este elemento (5533 mg kg⁻¹). Las accesiones CIAT 18744 y 22150 tuvieron las concentraciones de P foliar (2400 mg kg⁻¹) más altas (Figura 1). Las accesiones CIAT 18744 y 22150 también presentaron porcentajes de colonización de raíces por MVA mayores que los demás accesiones. No se encontraron diferencias estadísticas en Cu, Mn y Fe, pero si en el Zn ($p < 0.01$). La accesión CIAT 22150 tuvo la concentración foliar más alta de Zn (53.58 mg kg⁻¹)

Biomasa aérea de *A. pinto*

No se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre tratamientos, pero, si entre distancias y mediciones en tiempo. La producción de materia seca a 3 y 4.5 m de distancia del árbol fue estadísticamente similar, pero superior ($p < 0.05$) a la obtenida a 1.5 m. Todas las accesiones de *A. pinto* mostraron una tendencia a incrementar

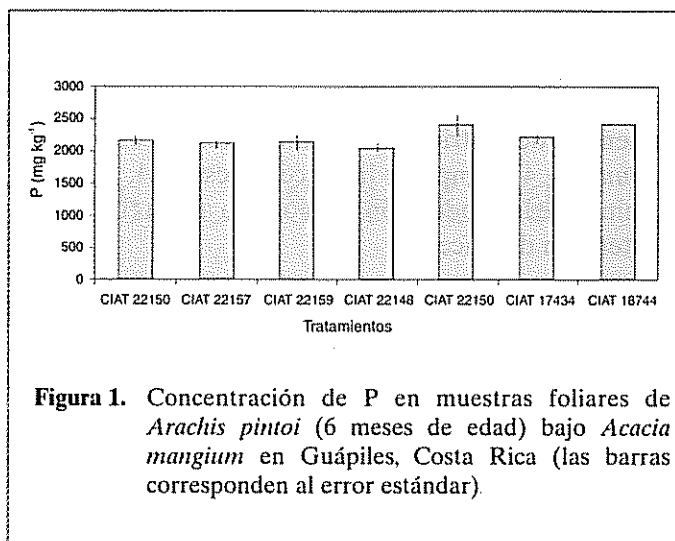


Figura 1. Concentración de P en muestras foliares de *Arachis pinto* (6 meses de edad) bajo *Acacia mangium* en Guápiles, Costa Rica (las barras corresponden al error estándar).

la producción de MS a medida que se alejaba de los árboles; esta diferencia fue mayor entre las distancias 1.5 y 3 m, pero se redujo entre las mediciones de 3 a 4.5 m. Las accesiones CIAT 22157 y 18744 tuvieron una respuesta lineal, conforme se alejaban del árbol, indicando que tienen una mayor demanda de luz. La accesión CIAT 17434 mostró una respuesta cuadrática a las distancias de los árboles en la producción de MS; mientras que las accesiones CIAT 22155 y 17434 producen mejor a niveles de sombra intermedia (63%). Hubo una tendencia a incrementar la producción de MS en el tiempo (Figura 2; $p < 0.05$).

Cuadro 1. Fracciones de P y P total en el suelo antes y a los seis meses después de la siembra de diferentes accesiones de *Arachis pinto*, asociado con *Acacia mangium* en Guápiles, Costa Rica.

Fracciones de P	Testigo	CIAT	CIAT	CIAT	CIAT	CIAT	CIAT	CIAT
	(sin <i>A. pinto</i>)	22155	22157	22159	22148	22150	17434	18744
Inicio								
mg kg⁻¹								
Pi/membrana	0,75	0,68	0,75	1,19	0,63	0,63	0,80	0,75
Pi/NaHCO ₃	16,10	15,00	18,37	14,87	15,89	12,67	16,15	15,99
Po/NaHCO ₃	48,40	51,33	54,84	47,73	54,47	47,07	51,88	50,91
P/total	1251*							
6 meses								
Pi/membrana	0,74	0,68	0,43	0,68	0,37	0,37	0,74	0,37
Pi/NaHCO ₃	21,38	17,31	15,35	17,05	19,09	14,44	19,61	15,85
Po/NaHCO ₃	44,23	45,12	47,86	45,9	47,63	44,43	49,16	40,5
P/total	1322	1357	1392	1414	1369	1319	1436	1330

* Inicio del ensayo.

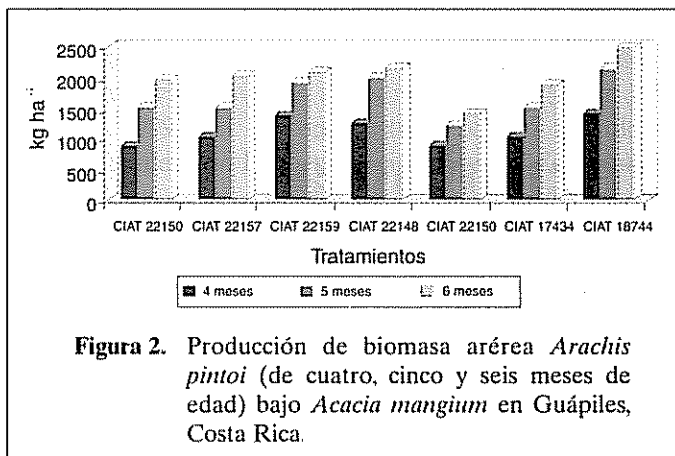


Figura 2. Producción de biomasa aérea *Arachis pintoï* (de cuatro, cinco y seis meses de edad) bajo *Acacia mangium* en Guápiles, Costa Rica.

Longitud específica de raíz (LER) de *A. pintoï*

Las distancias de muestreo de las raíces de *A. pintoï*, con relación a los árboles de *A. mangium*, no influyeron significativamente ($p > 0.05$) en el comportamiento de la LER. Se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre accesiones y en la interacción accesión*distancia. La accesión CIAT 17434 tuvo un LER de 74.13 cm mg⁻¹, mientras que la CIAT 18744 tuvo solamente 14.25 cm mg⁻¹ (Figura 3); es decir, que CIAT 17434 invirtió más esfuerzos en producir raíces que la CIAT 18744. Sin embargo, este último fue más eficiente en la absorción de nutrientes por unidad de LER (véase datos de concentración de P y producción de biomasa).

CONCLUSIONES

La selección de una accesión de *A. pintoï* no influyó significativamente en el P total, ni en las fracciones de P en el suelo. Por otro lado, si hubo diferencias significativas entre accesiones de *A. pintoï* con respecto a las

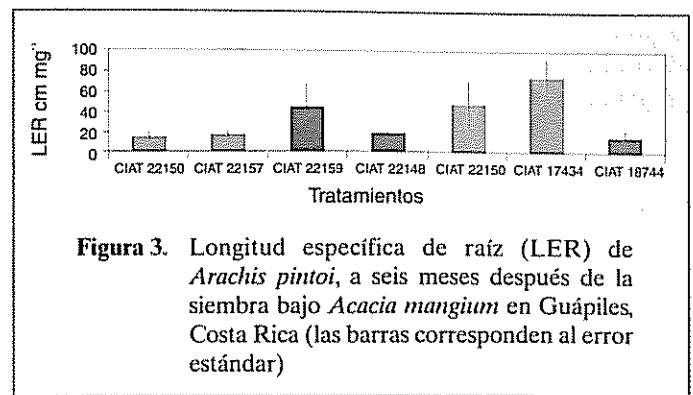


Figura 3. Longitud específica de raíz (LER) de *Arachis pintoï*, a seis meses después de la siembra bajo *Acacia mangium* en Guápiles, Costa Rica (las barras corresponden al error estándar)

concentraciones de algunos macro y micro elementos, siendo las accesiones CIAT 18744 y 22150 las que obtuvieron los mejores resultados en la absorción de Mg, P y Zn. La producción de materia seca no difirió significativamente entre accesiones de *A. pintoï*; sin embargo, hubo un efecto negativo de los árboles (distancias de muestreo) y un aumento en el tiempo (a 4, 5 y 6 meses de la siembra del *A. pintoï*). La longitud específica de raíz, no explicó las diferencias entre las accesiones de *A. pintoï* en cuanto a la absorción de P, aunque se notó una tendencia positiva entre la colonización de raíces por MVA y la absorción de Mg, P y Zn. Hubo diferencias significativas entre accesiones de *A. pintoï*, en la longitud específica de raíz; las accesiones CIAT 17434, 22150 y 22159 presentando la mayor extensión. La accesión CIAT 18744 mostró el mayor potencial para acumular P en asocio con *A. mangium* (datos de concentración foliar multiplicado por biomasa), a pesar de tener el LER más bajo, sugiriendo que esta accesión de *A. pintoï* utiliza un mecanismo diferente para captar este elemento.

LITERATURA CITADA

- Fassbender, H.W. 1982 Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina 3ª edición IICA San José, Costa Rica 398 p
- Hedley, M.; Stewart, J.; Chauhan, B. 1982 Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 970-976
- Rao, IM 1995 Atributos de adaptación de plantas forrajeras a suelos infértiles. In: CIAT eds Informe bianual 1994-1995 Programa de forrajes tropicales. Documento de trabajo No 153. 1995 Cali, Colombia p. 7-17.
- Rao IM; Kerridge, P.C. 1995. Nutrición mineral de *Arachis* forrajero. In: Kerridge, P.C. eds. Biología y Agronomía de Especies Forrajeras de *Arachis*. CIAT Cali Colombia p 76-89
- Szott, L.T.; Kass, D. 1993 Fertilizers in agroforestry systems. Agroforestry Systems 23: 157-176
- Villareal, M.; Zúñiga, R. 1996 Frecuencia de corte y productividad de accesiones de *Arachis pintoï*. In: Argel, P.; Ramirez, P.A. eds. Experiencias regionales con *Arachis pintoï* y planes futuros de investigación y promoción de la especie en México, Centro América y el Caribe. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Cali, Colombia p 45-49.
- Zelada, E. 1996. Tolerancia a sombra de especies forrajeras herbáceas en la zona atlántica de Costa Rica. Tesis M Sc CATIE Turrialba, Costa Rica 88p.

Validación de tecnologías agroforestales en Río Guayabo, Costa Rica¹

Jong-hyon Shin², Andrea Schlönvoigt³, Donald Kass³, Kees Prins³

Palabras clave: *Citrus* spp., *Coffea arabica*, conservación de suelos, investigación participativa, plantaciones en contorno, plantaciones en linderos, verduras.

RESUMEN

Entre el CATIE, el Instituto de Desarrollo Agrario de Costa Rica (IDA) y productores del Asentamiento Río Guayabo, Turrialba, Costa Rica, se desarrolló un estudio participativo para evaluar la introducción de tecnologías agroforestales para conservar suelos y diversificar la producción. El 70% de los productores que participaron dentro del proyecto querían introducir *Citrus* sp. en sus cafetales o campos hortícolas como linderos entre parcelas, líneas en contorno o mini-parcelas. Tres meses después del establecimiento, hubo un 100% de sobrevivencia. Establecer capacidades, comunicación abierta y disposición para aceptar compromisos fueron factores que determinaron el éxito del proyecto para todos los actores. Se concluyó que la solidaridad triangular fue una buena base para desarrollar el proyecto. Sin embargo, todavía no se logró el mayor sinérgismo entre los tres actores. La mayor parte de la comunicación se dio entre dos de los tres actores.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales pueden ofrecer algunas soluciones a los problemas de pequeños productores, tales como erosión de suelos y baja producción. Sin embargo, algunas tecnologías agroforestales, que han sido promovidas para aumentar la productividad agrícola, no fueron adoptadas por pequeños productores de escasos recursos (Carter 1996, Werner 1993). Fincas pequeñas de mucha diversidad en los trópicos tienen demandas específicas, las cuales no siempre son compatibles con los enfoques de la investigación tradicional.

Validation of agroforestry technologies in Río Guayabo, Costa Rica.

ABSTRACT

A participatory research approach, involving the Agrarian Development Institute of Costa Rica, farmers of the Río Guayabo settlement, Turrialba, Costa Rica and CATIE, was used to evaluate the introduction of agroforestry technologies for soil conservation and farm diversification. Most of the participating farmers (70%) wanted to include *Citrus* sp. in coffee plantations and vegetable fields, using border lines, contour lines on slopes or micro-plots. Three months after tree planting, tree survival was 100%. Capacity building, open communication and a willingness of all collaborators to accept obligations determined the success of this project. It was concluded that the triangle solidarity provided a good base for the project. However, synergism between the actors could have been improved. Most communication was only between two of the three actors.

Los especialistas no conocen de cerca los problemas y necesidades de los productores. Por tanto, se requiere de un intercambio intensivo entre estos actores para fomentar el desarrollo de tecnologías que reflejen las necesidades de los productores y sus familias (Ashby 1990, Nair 1997).

La validación de tecnologías agroforestales, utilizando investigación participativa con pequeños productores de escasos recursos, se considera como una herramienta

¹ Basado en: Jong-hyon Shin. 2000. Validation and dissemination of agroforestry technologies in Río Guayabo, Costa Rica. Tesis Mag Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 94 p. Traducido al español por Luis Meléndez. Editor, CATIE. M Sc. Agroforestería Tropical, CATIE. 2000

² CATIE, Turrialba, Costa Rica. E-mail: aschlony@catie.ac.cr (Autora para correspondencia) dkass@catie.ac.cr, kprins@catie.ac.cr

apropiada para entender mejor las limitantes de los agricultores para la adopción de tecnologías promisorias o la adaptación de esas a sus necesidades (Beer 1991, Gündel 1999). El presente estudio validó tecnologías agroforestales con la participación integral de pequeños productores de la comunidad Río Guayabo, del Instituto de Desarrollo Agrario (IDA)⁴ y del CATIE.

MATERIALES Y MÉTODOS

El asentamiento Río Guayabo fue fundado en 1999 y se extiende sobre 41.5 ha en Alto Varas, Turrialba, Provincia de Cartago, Costa Rica (83° 38' W, 9° 56' N) a 600 msnm. La zona de vida corresponde a bosque muy húmedo pre-montano (Holdridge, 1978). La topografía es pronunciada y variable, con suelos poco profundos y arcillosos, clasificados como Oxyaquic Argiudoll (Soil Survey Staff 1999). Este estudio se realizó en el año 2000 y se basó en la alianza solidaria entre los productores, el IDA y el CATIE aplicando cuatro pasos: 1) diagnóstico de problemas de la comunidad en general y del manejo de tierras en particular; 2) identificación y selección de tecnologías agroforestales como alternativas; 3) estudio de tecnologías agroforestales seleccionadas; y 4) evaluación del proyecto.

Diagnóstico de problemas de la comunidad y del manejo de tierras

El IDA organizó un taller con los productores e investigadores para desarrollar un análisis de FODA (Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas) para la comunidad en general, seguido por un recorrido de las fincas de la comunidad por dos transectos (Figura 1). Se hicieron dibujos para describir la topografía y el uso actual de las tierras a lo largo de los transectos. El

CATIE realizó entrevistas semi-estructuradas con 20 familias de las 25 que viven en la comunidad sobre aspectos sociales, económicos y manejo de las parcelas.

Identificación y selección de tecnologías agroforestales

El CATIE invitó a productores e IDA a un taller en la sala comunal de Río Guayabo, para identificar y seleccionar las tecnologías agroforestales. Posteriormente presentó un resumen de los resultados del diagnóstico, incluyendo las propuestas de productores de incluir árboles frutales en sus parcelas. En seguida, dos grupos de productores profundizaron en las ventajas y desventajas de dos alternativas, decidieron cuales tecnologías agroforestales querían probar y acordaron con los investigadores de CATIE los requerimientos mínimos para el establecimiento de ensayos (condiciones de terreno, insumos, participación). El CATIE acordó una visita a la parcela de cada productor para evaluar las posibilidades, de establecer los ensayos.



Foto 1. Entrevista con productores de Río Guayabo (Foto: J Hyon).

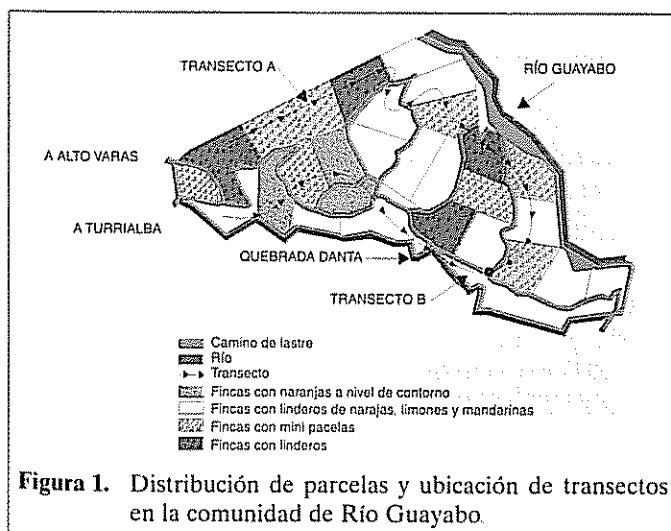


Figura 1. Distribución de parcelas y ubicación de transectos en la comunidad de Río Guayabo.

Estudio de tecnologías agroforestales

Durante dos días, los investigadores y 18 productores recorrieron las parcelas ofrecidas. Se encontraron siete parcelas, tres en laderas y cuatro en terrenos planos a ondulados, que eran aptos para establecer ensayos. Ocho parcelas no tuvieron los tamaños o condiciones apropiadas (p.e., sombra de árboles en cafetales productivos o tamaño inadecuado), pero se acordó, que estos productores podrían recibir hasta diez árboles para sembrar miniparcelas en sus terrenos para poder participar en el desarrollo del proyecto y colaborar con sus experiencias. Tres productores finalmente decidieron no participar.

Cada tecnología agroforestal fue validada en un ensayo aparte. El diseño experimental aplicado fue de bloques

⁴ IDA es una organización gubernamental responsable de la distribución de tierra a pequeños productores. También ofrece asistencia técnica y supervisión a los productores de los asentamientos.

(parcelas) al azar con tres tratamientos en cada bloque. Un ensayo incluyó tres bloques (parcelas); el otro cuatro. Cada tratamiento incluyó diez árboles frutales (5 m entre árboles), dos sirvieron como bordes entre tratamientos. Entre las tres líneas en las parcelas "de contorno" (arriba, medio, abajo) se mantuvieron distancias entre 7 a 10 m. Para los linderos, diez árboles de cada una de las tres especies formaron una parcela experimental. Tres meses después del trasplante se midieron sobrevivencia y crecimiento en altura y diámetro del tallo de los árboles, como indicadores de adaptación a los sitios. Se aplicó el análisis de varianza a los factores tratamiento y parcela en ambos ensayos; para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p < 5\%$).

Cada dos semanas los investigadores se reunieron con los productores para analizar los avances del proyecto, experiencias y preguntas abiertas. Además se realizó una gira para conocer dos plantaciones comerciales de cítricos con diferentes escalas para compartir experiencias con productores avanzados.

Evaluación del proyecto

Al terminar la fase de establecimiento de los árboles (tres meses después de la siembra), el CATIE invitó a los productores a un taller en la comunidad para intercambiar experiencias (aspectos positivos y negativos) respecto a los resultados de los ensayos y el desarrollo del proyecto. También hubo una reunión entre el CATIE e IDA para obtener su percepción del proceso participativo del proyecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico comunitario

En 1999, café (*Coffea arabica*) asociado con macadamia (*Macadamia integrifolia*) fueron los principales cultivos. Debido a precios poco atractivos de ambos cultivos, muchos productores eliminaron los árboles de macadamia y podaron totalmente las plantas de café para cultivar los terrenos con chile dulce (*Capsicum annuum*), yuca (*Manihot esculenta*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) y pepino (*Cucumis sativus*), ocasionalmente asociado con plátano (*Musa acuminata* x *M. balviciana*) o papaya (*Carica papaya*). Al momento de la encuesta, 80 % de los productores habían sembrado árboles de sombra para café (p.e., *Erythrina poeppigiana*) y 30 % tenían especies maderables (p.e., *Cordia alliodora*) de regeneración natural. Todos habían sembrado especies frutales, principalmente aguacate (*Persea americana*), limón (*Citrus limón*), mandarina (*C. reticulata*), naranja (*C. sinensis*), guanábana (*Annona muricata*), coco (*Cocos nucifera*) y nance

(*Byrsonima crassifolia*). Hubo poco interés en la siembra de especies maderables, debido al pequeño tamaño de las parcelas y la facilidad de obtenerlos por regeneración natural (p.e., *C. alliodora*). El interés en sembrar cítricos de plantas injertadas fue elevado (90%).

Selección de tecnologías agroforestales alternativas

Cuarenta por ciento de los entrevistados tenía interés de sembrar cítricos en linderos alrededor de sus parcelas, 25% los quería sembrar para conservar los suelos y 20% para intercalar con hortalizas. Solo 5% quería sembrar frutales como sombra en café, porque muchos tenían temor de un efecto negativo en los cafetos. Ellos seleccionaron dos tecnologías agroforestales para probar: (1) naranja en líneas a nivel de contorno en laderas en asociación con hortalizas (frijol, tomate, elote) y café podado o recién establecido (tres parcelas); (2) linderos de naranjas, limones y mandarinas con hortalizas (dos parcelas) o café en producción (dos parcelas).

Estudio de tecnologías agroforestales

Tres meses después del trasplante, en todas las parcelas y diseños de siembra, los árboles sobrevivieron en 100 %. Este resultado fue logrado con una preparación cuidadosa del sitio y el manejo intensivo de las zompopas (*Atta cephalotes*, Melara *et al.* 1998) en casi toda la comunidad. La inclusión de ocho productores con miniparcelas aseguró un interés común en controlar intensamente a esta plaga. Todos los productores aplicaron fertilizantes químicos a los cultivos asociados; dos también aplicaron a los árboles. El crecimiento inicial de los cítricos fue muy similar entre las diferentes especies (Cuadro 1) y entre las parcelas (p.e., naranja, Cuadro 2). Parece que los diferentes regímenes de fertilización no tuvieron efecto, debido al corto tiempo de establecimiento de los árboles.

Cuadro 1. Altura promedio y diámetro del fuste de tres especies de *Citrus* sp tres meses después del trasplante en linderos en Río Guayabo, Costa Rica

Variable	<i>C. sinensis</i>	<i>C. limon</i>	<i>C. reticulata</i>
Altura (cm)	104.0 b	142.2 a	106.7 b
Diámetro (mm)	20.2 a	20.8 a	21.7 a

Promedios con letras iguales en la misma fila no tienen diferencia significativa (Prueba-Tukey, $p < 5\%$).

Evaluación del proyecto participativo

Los productores se mostraron muy contentos con el desarrollo del proyecto, porque lograron sus objetivos: generar capacidad para el manejo de frutales injerta-

dos en campos agrícolas, donación de árboles frutales y asistencia técnica para mejorar el manejo de sus parcelas. Pese a que el diagnóstico reveló que la asistencia técnica no figuraba dentro de las demandas prioritarias en la comunidad, las experiencias positivas de los productores en el desarrollo del proyecto les hizo valorar más la asistencia técnica al terminar el establecimiento de los árboles. Este cambio se relacionó con el desarrollo estrecho de relaciones sociales entre los investigadores y los productores, lo que generó un ambiente de confianza en ambos lados. Por otro lado, algunos productores mencionaron como limitación, que sintieron no tener permiso de los investigadores de fertilizar sus árboles con abonos foliares. Kerkhoff (1990) confirma la resistencia de productores a cambios drásticos de sus rutinas.

Cuadro 2. Altura promedio y diámetro del fuste de *Citrus sinensis* tres meses después del trasplante en líneas a nivel de contorno en Río Guayabo, Costa Rica.

Variable	Parcela E	Parcela F	Parcela G
Altura (cm)	105.9 ab	113.7 a	99.6 b
Diámetro (mm)	19.4 a	20.8 a	20.9 a

Promedios con letras iguales en la misma fila no tienen diferencia significativa (Prueba Tukey, $p < 5\%$).

Los **investigadores de CATIE** quedaron satisfechos con los resultados exitosos de los ensayos y los aportes al estudio por parte de los productores. Factores de cuidado fueron la "selección" de árboles más grandes antes de plantarlos, por parte de los productores, y criterios subjetivos de los productores o investigadores al momento de realizar las mediciones en los cítricos, los productores necesitaban tiempo para aprender bien, dónde y cómo medir los árboles. Además, los equipos de medición debieron ser los mismos dentro de un mismo ensayo (tanto físico como humano). Eso fue corregido después de la primera medición (a un mes; datos no presentados). El reconocimiento de las experiencias particulares de cada productor con respecto al proceso de adopción inmediata o retardada de las nuevas tecnologías fue un resultado clave de esta investigación, porque llevó a la valoración de la asistencia técnica ofrecida por los investigadores. La limitación más fuerte de la investigación participativa, percibida por los científicos, fue la demanda de tiempo requerido para capacitar a los productores.

Los **técnicos de IDA** quedaron satisfechos con los resultados de este proyecto, porque sintieron respaldo en la parte de asistencia técnica para apoyar a la comunidad,

que tradicionalmente no fue responsabilidad principal del IDA. A través del proyecto, los productores trabajaron sus parcelas frecuentemente, que es un requisito establecido por IDA para que los productores puedan permanecer en ellas. Los técnicos afirmaron que en el futuro deberían trabajar más de cerca con los productores y CATIE en el desarrollo de las tecnologías agroforestales. Una limitación fue que después del diagnóstico, no hubo interacciones entre los tres actores al mismo tiempo. Solamente ocurrió entre CATIE-IDA, CATIE-productores o productores-IDA.

CONCLUSIONES

En las áreas agrícolas de Río Guayabo se encuentran problemas como erosión de suelos y baja productividad, relacionados con limitaciones de recursos físicos, sociales y económicos. La selección y validación participativa de tecnologías agroforestales, que contribuyan a la conservación de suelos y diversificación de productos, se presentó como una herramienta apropiada para responder a las necesidades de los productores y entender cuáles son sus mayores limitaciones para adoptar técnicas nuevas. Las experiencias profesionales previas de los productores influyeron en la adopción de nuevas tecnologías o su rechazo. Establecer capacidades, comunicación abierta y disposición para aceptar compromisos fueron factores que determinaron el éxito del proyecto para los actores. Se concluyó que la solidaridad triangular presentó una buena base sobre la cual se construyó el proyecto. Sin embargo, todavía no se logró el mayor sinergismo entre los tres actores, debido a que la mayor parte de la comunicación era de dos vías entre solamente dos de los tres actores.

LITERATURA CITADA

- Ashby, JA. 1990 Investigación campesina participativa. Bosques, Árboles y Comunidades Rurales, no. 27. 4-5
- Beer, J. 1991 Implementing on-farm agroforestry research: lessons learned in Talamanca, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 15: 229-244
- Carter, J. 1996. Alley farming: Have resource-poor farmers benefited? *Agroforestry Today (Kenya)* no. 6-7
- Gündel, S. 1999. Innovación, desarrollo y difusión participativa: adopción y adaptación de leguminosas introducidas en el sistema agrícola tradicional de roza-tumba y quema en Yucatán, México. GTZ, Eschborn, Alemania
- Holdridge, LR. 1982 *Ecología basada en Zonas de Vida* IICA, San José, Costa Rica
- Kerkhoff, P. 1990 *Agroforestry in Africa: a survey of project experiences*. Panos Institute, London, UK
- Melara, W; López, J; Avila, O. 1998. *Biología, ecología y manejo de zompopos*. Departamento de protección vegetal, Escuela agrícola panamericana Zamorano Honduras
- Nair, P.K.R. 1997 *An Introduction to Agroforestry* Kluwer, Dordrecht, The Netherlands
- Soil Survey Staff, 1999. *Keys to Soil Taxonomy* 8th edition Pocahontas Press Blacksburg, USA
- Werner, J. 1993. *Participatory development of agricultural innovations: procedures and methods for on-farm research* GTZ, Eschborn, Alemania

Interacciones radiculares entre *Eucalyptus deglupta* y gramíneas competitivas¹

Michaela Schaller², Götz Schroth³, John Beer⁴, Francisco Jiménez⁴

Palabras claves: barreras de raíces, *Brachiaria brizantha*, competencia de raíces, manejo de raíces, *Panicum maximum*, *Saccharum* sp.

Root interactions between *Eucalyptus deglupta* and competitive grass species

Resumen

Se estableció un experimento en la estación experimental del CATIE en Turrialba, Costa Rica, para evaluar la posibilidad de restringir la extensión lateral del sistema radicular del árbol maderable *Eucalyptus deglupta* (eucalipto; 12-16 meses de edad) mediante barreras vivas, sembradas en hileras sencillas, dobles o triples en ambos lados de las líneas de árboles, de las gramíneas competitivas: *Panicum maximum* (pasto guinea), *Brachiaria brizantha* (brachiaria) y *Saccharum* sp. (caña de azúcar). El crecimiento del eucalipto fue significativamente limitado en su asociación con el pasto guinea y en menor grado, en la asociación con las barreras de dos y tres hileras de brachiaria. En estos tratamientos, el número total de raíces arbóreas se redujo hasta en 40% en comparación con el control sin barreras (evaluación en perfiles de pared). Además, la restricción lateral de los sistemas radiculares arbóreos fue asociada con una mayor densidad de raíces entre las barreras vivas, en comparación con el control. No hubo un efecto significativo del número de las hileras, y la caña de azúcar no restringió el número total de raíces arbóreas. Las gramíneas no forzaron las raíces arbóreas a desarrollarse en profundidades mayores; al contrario, las raíces de los árboles fueron aún más superficiales cuando hubo gramíneas. La restricción de las raíces arbóreas por las barreras pareció ser más eficiente en parcelas donde hubo una capa superficial del suelo compactada, y aparentemente disminuyó al aumentar la edad de los árboles.

Abstract

An experiment was established at CATIE's experimental station in Turrialba, Costa Rica in order to evaluate whether lateral root extension of the timber tree *Eucalyptus deglupta* could be restricted by the competitive grasses guinea (*Panicum maximum*), brachiaria (*Brachiaria brizantha*) and sugarcane (*Saccharum* sp.), planted either in single, double or triple rows on both sides of rows of the *Eucalyptus* trees. Tree growth was significantly reduced by guinea and, to a lesser extent, by double- and triple brachiaria strips. In these treatments, the total number of lateral tree roots, as evaluated in profile walls beyond the grass strips, was reduced by up to 40% compared to a no-grass control. The lateral restriction of the tree root systems was associated with increased density of tree roots between the grass strips in comparison to the control. The number of grass rows had no significant effect and sugarcane did not reduce total tree root number. None of the grasses induced the tree root system to develop at greater depths; on the contrary, tree roots were more superficial when combined with grasses. There was some evidence of an increase of the root barrier effect of the grass strips in areas with a compacted topsoil but of a decrease with increasing age of the trees.

INTRODUCCIÓN

La sensibilidad de árboles a la competencia de gramíneas por nutrientes y agua, a nivel radicular, generalmente resulta en menores tasas de crecimiento y sobrevivencia y es un problema común en horticultura y silvicultura, así como también en el establecimiento de

árboles en pasturas degradadas. Por otro lado, barreras biológicas de gramíneas podrían utilizarse para limitar la extensión del crecimiento lateral de raíces de los árboles, y por lo tanto, reducir la competencia con cultivos adyacentes (Schroth 1999); por ejemplo, raíces de

¹ Parte de las investigaciones realizadas por la primera autora para optar al grado Ph-D en la Universidad de Bayreuth, Alemania 2000. Traducido al español por Luis Meléndez, editor, CATIE. ² Estudiante Universidad de Bayreuth, Alemania. Email: Michaela.Schaller@stud.uni-bayreuth.de ³ Biological Dynamics of Forest Fragments Project, National Institute for Research in the Amazon (INPA), C.P. 478. 69011-970 Manaus-AM, Brazil, Fax: (55) 92-642 2050, email: schroth@internext.com.br ⁴ Profesores Investigadores, CATIE, Apdo 7170 Turrialba Costa Rica. Fax: (506) 556 7766. email: jbeer@catie.ac.cr; fjimenez@catie.ac.cr

plantas herbáceas competitivas restringieron el crecimiento lateral y aumentaron la extensión vertical de sistemas radiculares de árboles (Neves *et al.* 1998). Un aumento de la profundidad de enraizamiento de los árboles también podría tener un efecto estabilizador contra pérdidas de suelo.

Este estudio se enfocó en el efecto de tres gramíneas competitivas [*Panicum maximum* (pasto guinea), *Brachiaria brizantha* (brachiaria) y *Saccharum* sp. (caña de azúcar)], plantadas en tres niveles (una, dos o tres hileras), sobre la extensión lateral del sistema radicular de *Eucalyptus deglupta* (eucalipto), un árbol maderable de crecimiento rápido con un sistema radicular superficial (Schaller *et al.* 1999) que es ampliamente utilizado en sistemas agroforestales y proyectos de reforestación en América Central y otras partes del trópico húmedo (CATIE 1994).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue establecido en octubre de 1998 en el área experimental "La Montaña" del CATIE en Turrialba, Costa Rica (9°53' N., 83°38' O.; 602 m.s.n.m.; 2684 mm de precipitación anual, normalmente sólo un mes seco (marzo); 21.7°C de temperatura media anual; suelo Aquandic Dystrudept, plano; no hubo fertilización). Se establecieron 10 tratamientos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Líneas de cuatro árboles de eucalipto fueron plantadas a 3 m dentro de la fila, con una, dos o tres hileras (a 90, 110 y 130 cm de los árboles, respectivamente) de pasto guinea, brachiaria o caña de azúcar. También hubo un tratamiento testigo sin barreras. Brachiaria y pasto guinea se establecieron por semillas y caña de azúcar por trozos de tallos. Los árboles se trasplantaron tres semanas después de plantadas las barreras y provinieron de viveros de tres meses de edad. Las barreras fueron cortadas regularmente para prevenir el sombreado de los árboles.

La altura del árbol y diámetro del tallo (D) se midieron tres veces: en mayo (D1 a 10 cm del suelo), setiembre de 1999 y en marzo del 2000 (D2 y D3 a 1.3 m del suelo = dap). Los muestreos de raíces fueron realizados a dos profundidades (0-20 y 20-40 cm) en febrero del 2000, para determinar la densidad de raíces de las gramíneas y los árboles, dentro de la hilera de las gramíneas y a la mitad de la distancia entre éstos y la línea de árboles. Perfiles de raíces fueron realizados a 1.50 m de distancia de los árboles (octubre 1999 a marzo 2000) en cuatro lados alrededor de un árbol (paralelo y dentro de la fila de los árboles). El perfil de las paredes detrás de

las barreras de gramíneas ("perfil de la barrera") tenía un ancho de 3 m y una profundidad de 0.8 m. Los perfiles entre los árboles ("perfiles entre árboles") tenían aproximadamente 1.5 m de ancho y 0.8 m de profundidad. Las raíces fueron escurbadas con un tenedor o un desatornillador y se realizó un mapa de las raíces del árbol en papel cuadriculado (10 x 10 cm de rejilla), distinguiendo entre las clases de diámetro de raíz < 2 mm, 2-5 mm y >5 mm; las raíces de gramíneas sólo se evaluaron cualitativamente en los perfiles. La resistencia del suelo superficial (0-10 cm) en los perfiles de la barrera se midió con un penetrómetro.

Un análisis de varianza para un diseño factorial (3x3), con tres especies de gramíneas y tres anchos de franja (una, dos o tres hileras de gramíneas) más el control (sin subtratamientos de ancho de franja), fue utilizado inicialmente. Como el ancho, de franja no fue un factor significativo, se realizó un análisis de varianza para un diseño de bloques completos al azar con 10 tratamientos individuales, seguido por un análisis de contrastes para comparar grupos de tratamientos. En caso de encontrar un nivel de significancia en las pruebas de F a un nivel de $p < 0.05$, se compararon los promedios de tratamientos con la prueba de significancia mínima (DLS), al mismo nivel de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento de eucalipto fue claramente limitado por las gramíneas; la mayor reducción ocurrió con el tratamiento de pasto guinea ($p=0.015$ para el análisis de contrastes), pero el efecto disminuyó con el tiempo (Cuadro 1). El número total de raíces del árbol en el tratamiento de pasto guinea fue 40% menor que en el tratamiento control sin gramíneas. Aparentemente, el

Cuadro 1. Diámetro del tallo de árboles de *Eucalyptus deglupta* plantados entre hileras de *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* o *Saccharum* sp.; o sin gramíneas (testigo), con 6.5 meses (D1, medido a 10 cm de la superficie del suelo), 10 meses (D2, medido a 130 cm de la superficie del suelo [dap]) y 16 meses de edad (D3, dap).

Tratamiento	Diámetro de <i>E. deglupta</i> (cm)		
	D1	D2	D3
<i>P. maximum</i>	2.5 (0.1)*	3.1 (0.3)	6.6 (0.3)
<i>B. brizantha</i>	3.3 (0.2)	4.0 (0.2)	7.2 (0.3)
<i>Saccharum</i> sp.	3.0 (0.2)	4.5 (0.3)	7.8 (0.3)
Testigo	3.9 (0.4)	4.8 (0.8)	8.5 (1.1)

* Error estándar en paréntesis

reducido crecimiento inicial del árbol fue causado por el limitado desarrollo de las raíces del árbol. Este resultado en correlaciones significativas entre el número total de raíces del árbol y el diámetro del árbol (dap) de 0.90 y 0.80 para el primero y segundo bloque, respectivamente (pero solamente de 0.48 para el tercer bloque). Las raíces del árbol fueron más superficiales ($p=0.008$) en los perfiles de la barrera que entre perfiles de árboles. En los perfiles detrás de las barreras, 83% del total de raíces del árbol (d.e. = 15%) estaban entre 0-10 cm, en contraste con 76% (d.e. = 13%) en los perfiles entre los árboles (para 0-30 cm, 96% y 94%, respectivamente). Las raíces de los árboles fueron más superficiales en los tratamientos de barreras más restrictivas ($p=0.0001$). Así, ninguna de las gramíneas forzó al *eucalipto* a crecer a profundidades mayores; por el contrario, parece que ocurrió lo opuesto. Sin embargo, las gramíneas más competitivas causaron una asimetría en el desarrollo del sistema radicular del árbol, resultando en una acumulación de raíces entre los árboles, debido a la restricción lateral por las barreras de gramíneas.

Los conteos de raíces finas de los árboles (Cuadro 2a: 0-30 cm, $d < 2$ mm, 92% del total de raíces [d.e. = 4%]) en el perfil detrás de las barreras fueron significativamente más bajos en el tratamiento de guinea que en el control ($p=0.01$ para el análisis de contrastes), lo cual corresponde con la reducción en el número total de raíces de árboles en el tratamiento de guinea. Sin embargo, el porcentaje del total de las raíces en el perfil de la barrera, también fue significativamente más bajo en el tratamiento de guinea que en el testigo



Los muestreos de raíces fueron realizados a dos profundidades (0-20 y 20-40 cm), para determinar la densidad de raíces de las gramíneas y los árboles, dentro de la hilera de las gramíneas y a la mitad de la distancia entre éstos y la línea de árboles (Foto: M. Schaller).

($p=0.004$ para el análisis de contrastes), sugiriendo que el menor número de raíces de los árboles atrás de las barreras no fue debido únicamente a una reducción general en el número total de raíces del árbol, sino también debido a una redistribución de la zona de enraizamiento. El tratamiento de brachiaria, también redujo significativamente la extensión lateral de raíces finas de los árboles, comparado con el tratamiento testigo ($p=0.026$ para el análisis de contrastes); por el contrario, las barreras de caña, no restringieron la extensión lateral de las raíces de los árboles. El efecto de las barreras de raíces de las gramíneas parece estar relacionado con su densidad; guinea tuvo mayor densidad de raíces ($p=0.005$) mientras que la caña tuvo la menor densidad (11.2 vs. 3.4 cm cm^{-3}

Cuadro 2. Número de raíces de *Eucalyptus deglupta* en el perfil de la barrera (No. dm^{-2}) y porcentaje de raíces de *E. deglupta* en el perfil de la barrera dividido por el total de raíces de *E. deglupta* para 0-30 cm

a) Raíces con < 2 mm de diámetro ($p=0.034$ y $p=0.08$ para el número de raíces y porcentajes, respectivamente)

Tratamiento	P1 *	P2	P3	B1	B2	B3	S1	S2	S3	C
Número de raíces	3.2 (1.8)**	2.7 (1.1)	3.1 (2.0)	5.7 (2.2)	4.1 (2.4)	3.8 (2.6)	8.2 (4.0)	5.4 (2.9)	9.0 (6.4)	6.0 (2.6)
Porcentaje de raíces	0.247 (0.06)	0.263 (0.01)	0.260 (0.06)	0.385 (0.01)	0.273 (0.06)	0.257 (0.08)	0.425 (0.07)	0.357 (0.07)	0.375 (0.04)	0.403 (0.07)

b) Raíces con >5 mm de diámetro ($p=0.30$ y $p=0.81$ para el número de raíces y porcentajes, respectivamente)

Tratamiento	P1	P2	P3	B1	B2	B3	S1	S2	S3	C
Número de raíces	0.037 (0.01)	0.037 (0.01)	0.033 (0.02)	0.034 (0.02)	0.045 (0.02)	0.011 (0.01)	0.084 (0.01)	0.018 (0.004)	0.078 (0.06)	0.045 (0.01)
Porcentaje de raíces	0.72 (0.14)	0.49 (0.11)	0.84 (0.17)	0.54 (0.46)	0.68 (0.08)	0.42 (0.30)	0.57 (0.10)	0.28 (0.11)	0.46 (0.21)	0.73 (0.27)

* P= *Panicum maximum*; B= *Brachiaria brizantha*; S=*Saccharum* sp.; C=Control; 1-3= 1, 2 ó 3 hileras de gramínea.

** Error estándar en paréntesis (n=3 excepto B1, S1 y S3, donde n=2)

para 0-20 cm en la hilera de la gramínea, respectivamente). El ancho de la franja de las gramíneas no tuvo un efecto significativo en el desarrollo de raíces de los árboles.

Las raíces de los árboles con diámetros entre 2 y 5 mm (aproximadamente 8% del total de raíces [d.e. = 4%]) respondieron en forma semejante a los diferentes tratamientos tal como lo hicieron las raíces finas (< 2 mm), con la diferencia que su extensión lateral estuvo más restringida, como lo muestran los porcentajes menores de raíces detrás de las barreras (datos no mostrados). En contraste, no se encontró restricción lateral de raíces gruesas de árboles (Cuadro 2b: > 5 mm, <1% de raíces totales). Los porcentajes de raíces de esta clase atrás de las barreras fueron aproximadamente dos veces más altos que para la clase raíces finas, excepto para caña. El tratamiento de guinea tuvo un porcentaje relativamente más alto para esta clase de raíz gruesa, comparado con los otros tratamientos. Esto podría indicar una estrategia de las raíces de eucalipto para llegar más allá del área de influencia de las barreras y podría ser un resultado de la competencia intraespecífica dentro de la línea de árboles.

Hubo un efecto significativo de tiempo [por ej., el efecto de la edad del árbol ($p=0.0001$)], con un aumento del número total de raíces, acompañado por una disminución en la eficiencia de las hileras de gramíneas por reducir la extensión de raíces laterales de los árboles - sobre todo para los tratamientos que fueron inicialmente más eficaces. Esto correlacionó con un aumento en el crecimiento de los árboles en los tratamientos respectivos (Cuadro 1). Podría ser que las raíces de los árboles solamente pueden ser inhibidas en forma temporal por las hileras de gramíneas, y por lo tanto, el crecimiento a través de las franjas de gramíneas podría únicamente ser retrasado, dependiendo de la agresividad y extensión de la barrera. La competencia intraespecífica entre los árboles aumentaría con la edad del árbol (excepto donde haya selección natural o artificial de los árboles), pero por el contrario, la intensidad de la competencia ejercida por las hileras de gramíneas sería aproximadamente constante, o incluso, podría disminuir debido a la sombra y competencia creciente de los árboles, que reducen el vigor de las gramíneas. Sin embargo, en parcelas con suelos superficiales compactados, difícilmente algunas raíces de árboles pasaron las franjas de gramíneas en el momento de la evaluación. Esto sugiere que la eficiencia de estas barreras vivas podría aumentar si

existe alguna otra limitación al desarrollo de raíces de los árboles; por ejemplo, disponibilidad baja de nutrientes o agua.

CONCLUSIÓN

La extensión de raíces laterales de eucalipto de 12 a 16/17 de meses de edad fue restringida cuando los árboles se plantaron entre hileras o franjas de las gramíneas guinea y brachiaria, comparada con hileras de caña de azúcar y con el tratamiento testigo sin gramíneas. El limitado desarrollo de las raíces de los árboles, más allá de las hileras de gramíneas, debería reducir la competencia de raíces de árboles con los cultivos asociados; así mismo, la acumulación de raíces de los árboles entre las barreras debería contribuir a la estabilización del suelo dentro de las hileras de gramíneas. El ancho de las franjas de las barreras no afectó en forma significativa la extensión lateral de raíces de los árboles y hubo alguna evidencia de una disminución en la eficiencia de las barreras para restringir la extensión lateral de las raíces de los árboles con el tiempo, por ej., con el desarrollo del árbol y la competencia intra-específica entre los árboles. Esto necesita ser estudiado con más detalle. Las prácticas de manejo, como distancias de plantación de las hileras de gramíneas y la frecuencia y grado de poda de gramíneas, probablemente tengan una influencia importante en el comportamiento de las barreras de gramíneas. También es posible que bajo condiciones de menor precipitación o en suelos menos fértiles (mayor competencia por recursos escasos del suelo), la eficiencia de las barreras para restringir la extensión lateral de las raíces de los árboles podría ser mayor.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por el "Tropical Ecology Support Program" de la Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ), bajo el proyecto número 96.2151.7-00.107 y por el Proyecto Agroforestal CATIE-GTZ.

LITERATURA CITADA

- CATIE 1994. *Deglupta*. *Eucalyptus deglupta* Blume. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE 43 p. (Serie Técnica. Informe Técnico No 240).
- Neves, CSVI; Dechen, AR; Feller, C; Saab, OJGA; Piedade SMS. 1998. Efeito do manejo do solo no sistema radicular de tangerineira 'Ponca' enxertada sobre limoeiro 'Cravo' em latossolo roxo. *Rev Bras Frut* 20: 246-253
- Schaller, M; Schroth, G; Beer, J; Jiménez, F. 1999. Control de crecimiento lateral de las raíces de especies maderables de rápido crecimiento utilizando gramíneas como barreras biológicas. *Agroforestería en las Américas* 6 (23): 36-38
- Schroth, G. 1999. A review of belowground interactions in agroforestry focusing on mechanisms and management options. *Agroforestry Systems* 43 (1-3): 5-34

Repuestas de las raíces finas y acumulación de nitrógeno en el follaje de *Erythrina poeppigiana* después de podas parciales o completas¹

Patrick Chesney³, Andrea Schlönvoigt³, Donald Kass³, Paul Vlek⁴, Dieter Murach⁵

Palabras claves: Costa Rica, biomasa de raíces, cultivo en callejones, distribución de raíces

Response of fine roots and nitrogen accumulation in foliage of *Erythrina poeppigiana* after partial or complete pruning

RESUMEN

ABSTRACT

Se analizó el efecto de la intensidad de podas foliares sobre la distribución y biomasa de raíces finas y la acumulación de nitrógeno en el follaje de *Erythrina poeppigiana* en un sistema de cultivo en callejones en condiciones de trópico húmedo en Turrialba, Costa Rica. Cuando se realizó la poda parcial, árboles de dos y ocho años de edad depositaron al suelo 187 y 256 kg N ha⁻¹ año⁻¹ en los residuos de las podas, respectivamente; valores 50% mayores que los observados con podas completas. Se concluyó que esta diferencia se debía a la producción constante de raíces finas con poda parcial. Durante un período de cinco meses después de la primera poda, el promedio de largo de raíces finas fue de 821 vs 489 m árbol⁻¹ para árboles de dos años con poda parcial vs poda completa, respectivamente. La diferencia en el largo de raíces finas entre los tratamientos para árboles de ocho años fue comparable pero con valores mucho menores. Se concluyó que la poda parcial es la mejor alternativa para aumentar el reciclaje de N del follaje y para evitar la mortalidad de las raíces finas.

The effect of complete and partial pruning on nitrogen accumulation in foliage and on the distribution and biomass of fine roots of *Erythrina poeppigiana* was studied in an alley cropping system in humid tropical conditions in Turrialba, Costa Rica. Partially pruned two and eight year-old trees recycled 187 and 256 kg N ha⁻¹ yr⁻¹, respectively, in foliage biomass, which was 50% more than that re-cycled by completely pruned trees. This difference may be attributed to a reduced effect of partial vs complete pruning on fine root production. Over a 5-month regrowth period, mean fine root length was 821 vs 489 m tree⁻¹ for partially vs completely pruned 2-year-old trees, respectively; for 8-year-old trees, the relative difference was similar but values were much lower. It was concluded that partial pruning was the better alternative to increase N cycling in pruning residues and to avoid fine root mortality.

INTRODUCCIÓN

El manejo de muchos sistemas agroforestales está caracterizado por podas frecuentes e intensivas de la biomasa aérea del componente leñoso para reducir la competencia con los cultivos (especialmente la radiación solar), aumentar la biomasa del suelo e incorporar nutrientes al sistema. Cuando se cultiva tomate (*Lycopersicon esculentum*) en asocio con leguminosa como poró (*Erythrina poeppigiana*), se recomienda

podar el follaje del árbol más de dos veces por año (Chesney *et al.* 2000). Sin embargo, podas completas tres o más veces por año pueden resultar en disminuciones de la productividad de la biomasa aérea de poró (Russo y Budowski 1986, Romero *et al.* 1993). Estudios previos demostraron que dos podas completas por año de poró resultaron en la senescencia completa de sus nódulos y más del 50% de sus raíces finas. Según

¹ Basado en Chesney, PEK. 2000. Pruning effects on roots of nitrogen fixing trees in the humid tropics. Tesis Ph.D 2000. CATIE, Turrialba, Costa Rica
² Ph D en Agroforestería Tropical, CATIE, Turrialba, Costa Rica 2000. ³ Profesores Investigadores, CATIE. Email: aschlonv@catie.ac.cr (autora para correspondencia), dkass@catie.ac.cr ⁴ Profesor, Centro de Investigación para el Desarrollo, Bonn, Alemania ⁵ Profesor, Universidad de Eberswalde, Eberswalde, Alemania

Nygren y Ramírez (1995), esta especie necesita de 10 a 16 semanas de recuperación para producir nuevos nódulos y reiniciar la fijación de N. Durante este período otras fuentes de N deben satisfacer las necesidades de los árboles y los cultivos (Kass *et al.* 1997). Este estudio partió de la hipótesis que en comparación con la poda completa, la poda parcial aumenta el reciclaje de N del árbol debido a que este tratamiento conserva una parte de los nódulos y raíces finas y como consecuencia puede producir mayor cantidad de biomasa durante un año (el período que incluye varias podas).



Árboles del *Erythrina poeppigiana* con poda parcial pueden reciclar más nitrógeno, por medio de los residuos de las podas de la biomasa aérea y conservar más raíces finas que árboles de poda completa (Foto L. Meléndez).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la finca experimental La Montaña del CATIE en Turrialba, Costa Rica: 9° 53' N, 83° 43' O, altitud de 602 msnm. Durante el período de estudio (de mayo 1999 a mayo 2000) la precipitación mensual promedio fue de 325±181 mm; la temperatura promedio de 22.5 °C y humedad relativa de 88.7±1.7%. El terreno es plano y el suelo fue clasificado como Eutric Cambisol (Kass *et al.* 1995).

El ensayo se realizó en un sitio experimental que fue establecido en 1991 (cultivos anuales en callejones de *E. poeppigiana*). Las distancias originales entre los árboles fueron 6 x 2 m. En 1997, se duplicó el número de árboles (a 3 x 2 m) sembrando los árboles nuevos por medio de estacas, obtenidos de los árboles del mismo sitio.

Este cambio se realizó con el objetivo de usar los árboles como soportes vivos para hortalizas. El diseño experimental utilizado en este estudio fue de bloques completos al azar con parcelas divididas y tres repeticiones. Como factor principal se analizó la *intensidad de poda* en dos niveles: poda completa, removiendo todas las ramas sobre un tallo de 2 m de altura; y poda parcial, reteniendo una rama por árbol. Como sub-factor se evaluó la *fecha de poda* en cinco niveles: mayo, agosto y noviembre de 1999, además de enero y mayo del 2000. Se estudiaron tanto los árboles viejos (edad 8 años) como los nuevos (2 años).

Las parcelas experimentales fueron sembradas con una rotación de maíz (*Zea mays*; mayo – agosto 1999; var. Diamantes 8843; 26,666 plantas ha⁻¹) y tomate (noviembre 1999 – enero 2000; var. Dina Panama; 13,333 plantas ha⁻¹). El manejo de los cultivos incluyó una deshierba manual antes de la siembra, control manual de malezas antes del cierre del cultivo y el amarre continuo del tomate en los soportes vivos. No se aplicaron fertilizantes durante el período de estudio.

Se cuantificó el peso seco de los residuos de las podas del poró durante un año, utilizando el peso verde total de los residuos de las podas y el peso seco (horno) de submuestras. La concentración de N en la biomasa se determinó por el método micro-Kjeldahl (Weaver *et al.* 1994). Para el muestreo de las raíces finas, se tomaron diez muestras (cilindro: Ø = 8 cm; L = 25 cm) al azar de un área rectangular de 1.5 m², con el árbol en el centro; a 6, 10, 14 y 22 semanas después de la poda de agosto 1999. Los períodos de muestreo fueron seleccionados de acuerdo a las observaciones de Nygren y Ramírez (1995). En mayo 2000, un muestreo de raíces hasta 20, 40 y 60 cm de profundidad de suelo fue realizado a 50 y 100 cm de distancia de los árboles (dos muestras por clase, en tres repeticiones) para determinar la distribución vertical de las raíces. Las raíces fueron lavadas y separadas en vivas y muertas. El largo total de las raíces vivas se midió por medio del análisis de imagen con el programa WinRHizo Pro[®] (Régent Instruments, Quebec, Canada).

Se analizó la homogeneidad de varianzas y normalidad para los datos de productividad de biomasa foliar (residuos de las podas), largo de raíces finas, concentración y acumulación de N. El análisis de varianza se aplicó a la biomasa de árboles individuales usando el diámetro del fuste a 10 am de altura como co-variable. Los valores promedios se compararon por medio de REGWQ ($p < 0.05$) (Programa SAS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de las raíces finas

La densidad promedio de las raíces finas disminuyó con la profundidad del suelo (Figura 1). Con respecto a la distancia del árbol, se encontraron casi el doble de raíces finas a 100 cm comparado con 50 cm. El promedio (de cinco meses), del largo de las raíces finas de árboles de dos años con poda parcial vs poda completa fue de 821 vs 489 m árbol⁻¹, respectivamente (Figura 2a). La diferencia en el largo de raíces finas entre podas parciales y completas para árboles de ocho años fue semejante, pero con promedios mucho menores (Figura 2b). Un año después, el largo de las raíces finas hasta una profundidad de 60 cm fue dos a tres veces mayor en ambos tratamientos para ambas edades de los árboles, pero siempre con mayor valor con podas parciales (Figura 3). La dinámica de las raíces finas fue similar a la reportada por Nygren y Campos (1995) y Nygren y Ramírez (1995).

Acumulación de nitrógeno

Los árboles de dos y ocho años de edad, podados parcialmente, reciclaron 187 vs 256 kg N ha⁻¹ en la biomasa aérea, respectivamente; 50% más que árboles con una poda completa (Cuadro 1). Las diferencias en la cantidad de N reciclado pueden atribuirse a las diferencias en la cantidad de biomasa aérea producida que está en función de la edad del árbol y sus reservas para rebrotar. La producción de biomasa de árboles podados parcialmente cuatro veces por año (8000 kg ha⁻¹ año⁻¹) se compara bien con la producción de árboles podados completamente dos veces por año (Kass *et al.* 1995) o tres veces por año (Russo y Budowski 1986) en Turrialba. La concentración de N en las hojas de los árboles con poda parcial vs poda completa fue 3.6 vs 3.7% (2 años) o 3.8 vs 4% (8 años), respectivamente.

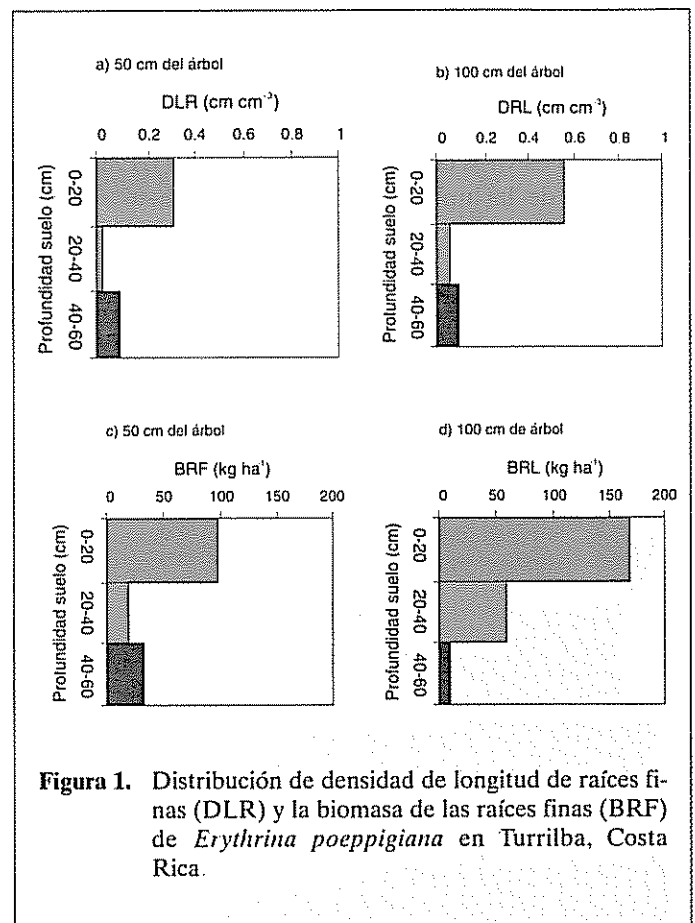


Figura 1. Distribución de densidad de longitud de raíces finas (DLR) y la biomasa de las raíces finas (BRF) de *Erythrina poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica.

La mayor producción de biomasa y acumulación de N en el follaje de árboles con poda parcial pueden atribuirse al más rápido rebrote de estos comparado con la poda completa. Se supone que la poda parcial conservó una serie de ejes entre el sistema radicular y el remanente foliar para obtener N y trasladarlo hacia la rama remanente, permitiendo mayor fijación de C y acumulación de N en la biomasa aérea nueva. Esta

Cuadro 1. Nitrógeno total en los residuos de poda de la biomasa aérea de *Erythrina poeppigiana* de dos y ocho años de edad con dos intensidades de poda en Turrialba, Costa Rica

Edad de árbol (años)	Intensidad de la poda	N Total †					Promedio y Total‡ (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)
		May 99	Ago 99	Nov 99 (kg ha ⁻¹)	Ene 00	May 00	
2	Completa	119	42	32	13	36	31
	Parcial	109	57	47	27	56	(123) 47 (187)
8	Completa	154	53	46	21	40	40
	Parcial	169	82	78	29	67	(160) 64 (256)
	Promedio	138	59	51	23	50	46 (183)

† N en los residuos de poda a las 20, 13, 12, 10 y 16 semanas después de la poda anterior, respectivamente. ‡ En base de datos de podas desde agosto 99 a mayo 2000 (un año de producción), en kg ha⁻¹ año⁻¹

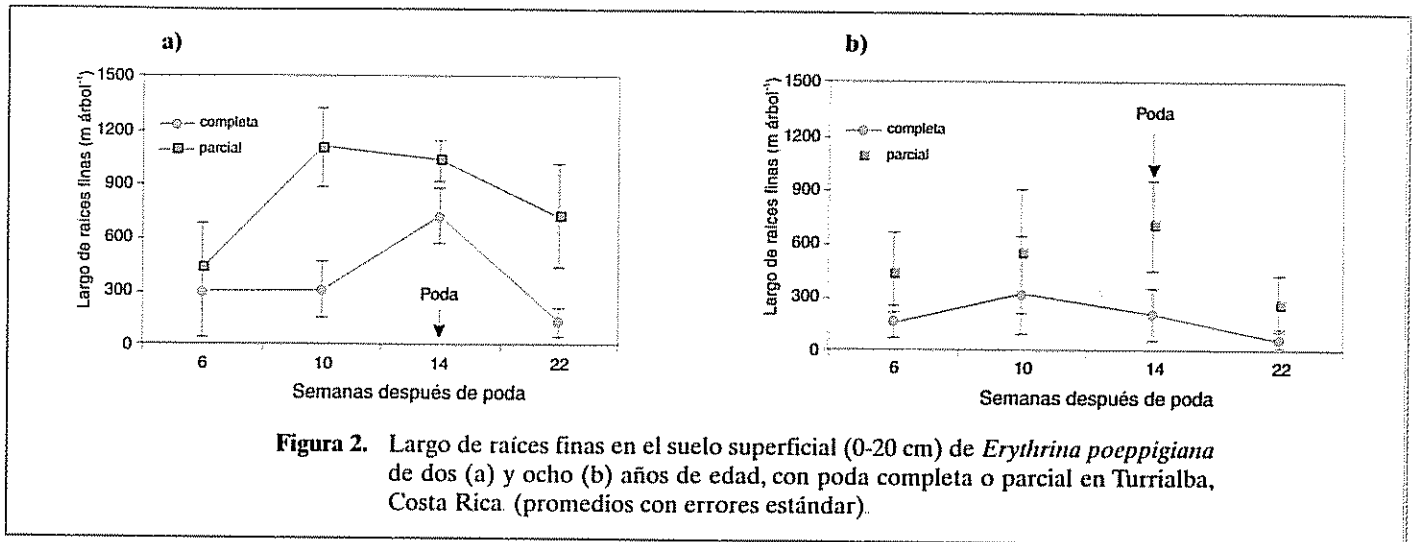


Figura 2. Largo de raíces finas en el suelo superficial (0-20 cm) de *Erythrina poeppigiana* de dos (a) y ocho (b) años de edad, con poda completa o parcial en Turrialba, Costa Rica. (promedios con errores estándar).

capacidad de trasladar N y, por otro lado, la reducción de nitratos en hojas de poró, reportada por Orebamjo *et al.* (1982) y Muthuchelian (1993), podrían explicar la mayor tasa de recuperación de biomasa aérea y acumulación de N en árboles con poda parcial.

tención de una rama es suficiente para asegurar la recuperación rápida del área foliar y mantener el sistema radicular. De esta manera, se mantiene el flujo de asimilados en el árbol y se garantiza la producción continua de biomasa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Internacional de Ciencia (IFS, Suecia) por el apoyo financiero para la realización del estudio.

LITERATURA CITADA

Chesney, PE; Schlönvoigt, A; Kass, D 2000. Producción de tomate con soportes vivos en Turrialba, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26):57-60.

Kass, DCL; Sylvester-Bradley, R; Nygren, P. 1997. The role of nitrogen fixation and nutrient supply in some agroforestry systems of the Americas. *Soil Biology and Biochemistry* 29:775-785.

Kass, DCL; Jiménez, M; Kauffman, JH; Herrera C. 1995. Reference soils of the Turrialba valley and slopes of the Irazu volcano. *Soil Brief Costa Rica No. 2*. CATIE and ISRIC, Turrialba, CR. 26p.

Kass, DL; Araya, JF; Sánchez, J; Soto, L; Ferreira, P. 1995. Ten years' experience with alley farming in Central America. Paper presented at the International Alley Farming Conference, Ibadan, IITA.

Muthuchelian, K. 1993. Nitrogen assimilation of the genus *Erythrina*. In Westley, SB; Powell, MH (eds) *Erythrina in the New and Old Worlds: Nitrogen Fixing Tree Research Reports, Special Issue 1993*. p. 306-313.

Nygren, P; Campos, A. 1995. Effect of foliage pruning on fine root biomass of *Erythrina poeppigiana* (Fabaceae). In: Sinoquet, H; Cruz, P. (eds) *Ecophysiology of Tropical Intercropping*. INRA, Paris. p. 295-302.

Nygren, P; Ramírez, C. 1995. Production and turnover of N, fixing nodules in relation to foliage development in periodically pruned *Erythrina poeppigiana* (Leguminosae) trees. *Forest Ecology and Management* 73:59-73.

Orebamjo, TO; Porteous, G; Stewart, GR. 1982. Nitrate reduction in the genus *Erythrina*. *Erythrina Symposium IV*. Allertonia 3(1):11-18.

Romero, F; Montenegro, J; Chana, C; Pezo, D; Borel, R. 1993. Cercas vivas y bancos de proteína de *Erythrina berteriana* manejados para la producción de biomasa comestible en el trópico húmedo de Costa Rica. In: Westley, SB; Powell, MH (eds), *Erythrina in the New and Old Worlds: Nitrogen Fixing Tree Research Report, Special Issue 1993*. Turrialba, CATIE. p. 205-210.

Russo, RO; Budowski, G. 1986. Effect of pollarding frequency on biomass of *Erythrina poeppigiana* as a coffee shade tree. *Agroforestry Systems* 4:145-162. CATIE. 51p.

Weaver RW; Angle S; Bottomley, P; Bezdicke, D. (eds) 1994. *Methods of Soil Analysis: Part 2, Microbiological and Biochemical Properties*. Soil Science Society of America, Madison Wisconsin.

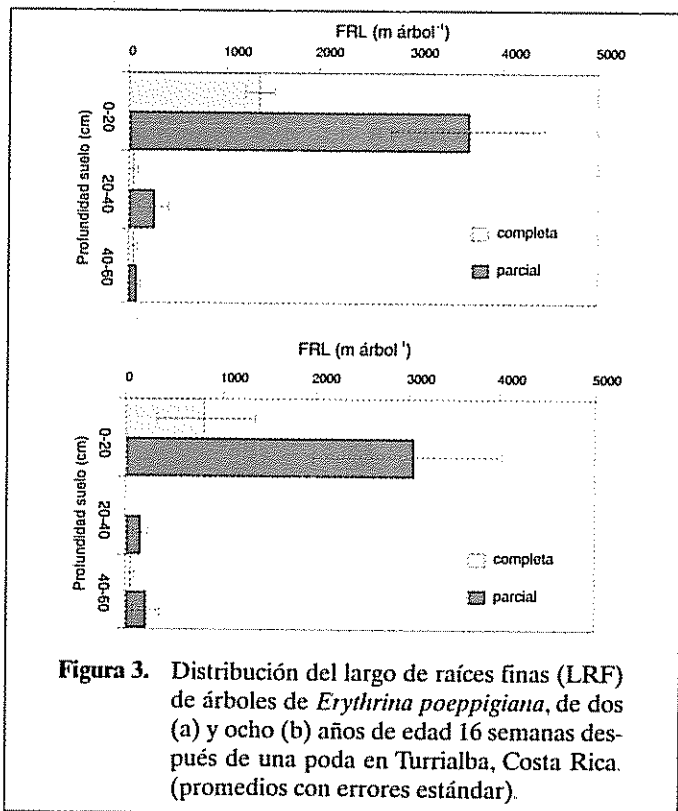


Figura 3. Distribución del largo de raíces finas (LRF) de árboles de *Erythrina poeppigiana*, de dos (a) y ocho (b) años de edad 16 semanas después de una poda en Turrialba, Costa Rica. (promedios con errores estándar).

CONCLUSIONES

Árboles de poró con poda parcial pueden reciclar más N, por medio de los residuos de las podas de la biomasa aérea, y conservar más raíces finas para fijar N que árboles con poda completa. Con podas frecuentes la re-

“Cómo introducir cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) dentro de cafetales: consejos prácticos para promover sistemas agroforestales

Carlos Navarro¹, Gustavo Hernández²

El cuidado de árboles dentro de cafetales se ha realizado desde tiempos coloniales para proveer sombra al cultivo y obtener otros productos de uso familiar. En el establecimiento de cultivos perennes como el café (*Coffea arabica*) en plantaciones a gran escala, se tiene mucho conocimiento y se dedican muchos recursos en la producción de plántulas y manejo de viveros, con el objetivo de obtener plantas de excelente calidad, para garantizar un buen cafetal. Sin embargo, para la inclusión de árboles maderables para sombra en café no se han tenido los mismos cuidados, ni las mismas condiciones de calidad, tanto en los aspectos genéticos (calidad semillas, número de procedencias, tamaño de plántulas, sanidad y vigor), así como el manejo de las plantas, tanto en viveros (materiales utilizados, embalajes, sustratos) como cuidados al momento del establecimiento de los árboles en el campo.

Es frecuente observar que los productores de café en zonas tropicales están incorporando árboles en sus cafetales plantados en un inicio a pleno sol, posiblemente debido a que quieren diversificar su producción, aumentar sus ingresos, reducir el costo de manejo y mejorar la calidad del café (Lyngbae *et al.* 1999, Salazar *et al.* 2000, Tavares *et al.* 1999). Experimentos realizados en plantaciones de Cedro (*Cedrela odorata*) y Caoba (*Swietenia macrophylla*) combinadas con café en la finca del

CATIE, han demostrado que existe una serie de aspectos que se deben de tomar en cuenta cuando se quiere introducir este tipo de especies. Por esta razón, a continuación se realizan algunas sugerencias que se debe tomar en cuenta en el momento de plantar estas especies en plantaciones de café:

1. Fuentes de semillas

La selección de las especies forestales a plantar dentro del cafetal es muy importante. La selección de la especie depende de factores como la altitud, calidad del sitio, fertilidad del suelo y de las necesidades del cultivo. Por ejemplo, muchas veces se necesitan establecer cortinas rompevientos en cafetales y es necesario seleccionar árboles con ciertas características: rápido crecimiento, una altura considerable (15-25 m), copas densas y que no pierdan el follaje durante largos períodos. Otros beneficios inmediatos que se pueden generar a partir de una buena selección de la especie, es el de enriquecer y conservar los suelos, ya sea por medio del uso de especies fijadoras de nitrógeno, o árboles con hojas de fácil descomposición al caer. También resulta muy conveniente realizar esta selección pensando a mediano y largo plazo, en donde los árboles puedan generar otros beneficios como madera, leña, fuentes semilleras, etc.

La semilla debe provenir de al menos 10 árboles semilleros. La variabilidad genética dentro de las especies

¹ Investigador Asociado, Líder Proyecto Diversidad Genética Forestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tel (506) 558-2353 Email: cnavarro@catie.ac.cr

² Asistente de Investigación, Proyecto Domesticación de *Swietenia* y *Cedrela* en Mesoamérica, CATIE, Turrialba, Costa Rica Email: ghermand@catie.ac.cr

aumenta las posibilidades de sobrevivencia de la especie ante enfermedades, plagas o cambios ambientales. Además, mayor diversidad genética posibilita que las especies puedan realizar recombinaciones que les permiten adaptarse mejor a cambios de diversa índole y así obtener poblaciones futuras más sanas. Generalmente, esta mezcla lo realizan las agencias o instituciones que comercializan semillas, pero es conveniente realizar las consultas respectivas con el proveedor.

2. Tipo de bolsa

La siembra directa de semillas en bolsas tiene como fin prevenir plantas deformadas y un mejor control de su crecimiento; de esta forma problemas de la raíz (Foto 1) pueden ser minimizados. Algunas veces este tipo de deformaciones conduce a malformaciones e incluso la muerte de los árboles.

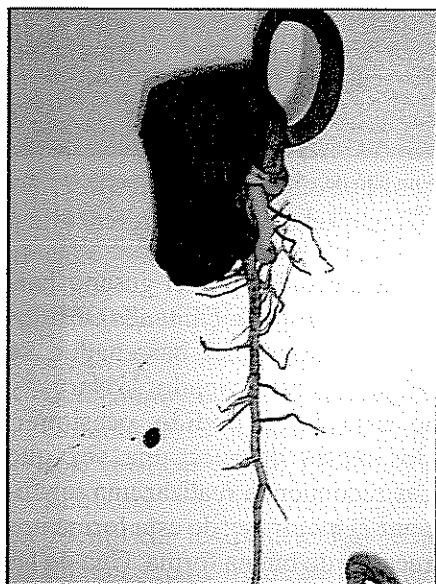


Foto 1 Semilla de Caoba (*Swietenia macrophylla*) con el problema de raíz denominado cola de cerdo o cuello de ganso (Foto: L. Meléndez)

En el momento de la siembra de semillas se deben tener en cuenta dos factores muy importantes: el tamaño de las bolsas plásticas y la composición del sustrato con el cual se llenarán las bolsas. Se sugiere que las bolsas plásticas empleadas tengan dimensiones mayores a las empleadas en la reforestación convencional (8x20 cm). Para la siembra de cedro y caoba en sistemas agroforestales se recomiendan bolsas de dimensiones aproximadas de 18 x 23 cm de diámetro y altura respectivamente con fuelle en la base. Este tipo de bolsas permite un mejor desarrollo de la planta y que puedan permanecer más tiempo en el vivero, en donde se supone que recibirá un mayor y mejor control de las necesidades de la planta. De ésta forma es posible obtener una mejor calidad de plantas al momento

de plantar en el campo. Otra razón es que, utilizando bolsas grandes hay un mejor desarrollo de las raíces (cantidad y tamaño). La utilización de material de alta calidad (semilla de una buena calidad genética y la selección de plántulas) permite obtener mejores crecimientos (Foto 2).

El sustrato con el que se llenan las bolsas debería ser una mezcla con las siguientes proporciones: 20 paladas de tierra, tres paladas de arena fina, seis paladas de compost o abono orgánico y 100 gramos de fertilizante fórmula completa (15-15-15 de preferencia). La mezcla rinde para llenar un total aproximado de 25 bolsas, con las dimensiones de bolsa mencionadas anteriormente. El suelo o tierra que se utilizará como parte del sustrato debe ser de una textura franca o franco-arenoso, de preferencia que hayan estado sin cultivar, para evitar problemas de enfermedades (hongos, bacterias y virus); se deben evitar suelos muy arcillosos, para no afectar el desarrollo de las semillas o las plántulas. Siempre es recomendable la aplicación de un fungicida a la mezcla para minimizar problemas de mal del talluelo comunes en la etapa de vivero.

3. Tamaño de las plantas y densidad de siembra

Plantar árboles de mayor tamaño brinda ventajas, porque podrán competir mejor con el cultivo asociado. Además, se disminuye la cantidad de daños que los trabajadores puedan ocasionar a los árboles maderables durante las labores de mantenimiento o en la cosecha de café, situación que suele ser muy frecuente cuando plantan árboles muy pequeños. Se recomienda llevar al campo árboles con una altura aproximada de 60 cm cuando el café está pequeño y de 80 cm cuando el café tiene varios años de establecido pero asegurando que no están sobre crecidos para el tamaño de bolsa utilizada (evitar deformación de raíces).

La densidad de siembra de los maderables es un factor que dependerá de las necesidades del sistema agroforestal y del distanciamiento de las plantas de café. La densidad inicial puede variar entre 100 y 600 árboles por hectárea. Nótese que son relativamente muy pocos árboles si se compara con la reforestación tradicional (1111 árboles ha⁻¹), por esto, debe asegurarse que los árboles seleccionados para llevar al campo, sean los de mayor calidad.

4. Manejo de cedro y caoba en cafetales

Al igual que en las reforestaciones tradicionales, se recomienda plantar en una época apropiada, lo cual depende del sitio. En la mayoría de los sitios aptos para el cultivo del café, los maderables deben establecerse al inicio de la época lluviosa (mayo-noviembre).

Existen dos posibilidades para el establecimiento de los árboles dentro de cafetales existentes: plantarlos entre las líneas de café (en las calles) o en las líneas de café. La principal ventaja de sembrar entre las líneas de café es que los árboles reciben mayor cantidad y calidad de radiación solar, posibilitando un mayor crecimiento inicial en diámetro y altura. La principal desventaja es una mayor probabilidad de sufrir daños ocasionados por los trabajadores de la finca, especialmente cuando se realiza el control de malezas (manuales o con herbicidas) y las cosechas. Por otro lado, sembrar en la misma fila del café tiene la ventaja que los árboles son menos dañados por los trabajadores de la finca, dejando el espacio libre para el paso de los recolectores o la aplicación de insumos, pero una menor calidad y cantidad de luz llega a los árboles. Por esta razón, se deben realizar podas a las plantas de café que se encuentren a ambos lados de los árboles maderables.

En sitios donde sea factible, la plantación de árboles se debería realizar después de la cosecha de café, ya que éstas por lo general son realizadas por personas ajenas a la finca, las cuales tienen poco o ningún cuidado con los árboles. Cuando el cafetal es nuevo y se desea sembrar en las líneas del café, se aconseja sembrar una o dos semanas después de que se haya establecido el cultivo de café. De esta manera se evita el tener que remover árboles que ocupen el espacio de una planta de café, además de que las plantas de café sirven de guía para la siembra de los árboles.

Cuando se siembran los árboles se recomienda aplicar 50 gramos de fertilizante al fondo del hueco antes de la siembra (evitar contacto directo con las raíces). Otro cuidado que se debe tener a la hora de sembrar los árboles, es que el adobe debe estar bastante húmedo, de tal forma que el árbol pueda soportar períodos cortos de sequía inmediatamente después del establecimiento. En los cultivos de café es frecuente la siembra en curvas de nivel y se recomienda que el establecimiento de árboles maderables continúe el mismo patrón de siembra, de tal forma que se facilite el manejo de los árboles en el cafetal.

Una de las principales ventajas de los sistemas agroforestales es que muchas de las labores realizadas para el café, resultan beneficiosas para los árboles. La aplicación de fertilizantes o abonos y el control de malezas son los beneficios más importantes que reciben los árboles. Estas labores resultan ser muy costosas durante los primeros años en la reforestación tradicional. Con el fin

de disminuir los daños que puedan ocasionar los trabajadores a los árboles, se recomienda mantener una rodaja con machete o pala de 60 cm de diámetro en cada árbol.



Foto 2 *Cedrela odorata* de un año de edad plantado en asociación con café en Turrialba, Costa Rica

El cedro y la caoba son afectados por el gusano barrenador de las Meliáceas (*Hypsipyla grandella*). En los casos que se presente el ataque del barrenador, se recomienda podar el árbol removiendo la larva y cualquier daño que esta haya podido ocasionar. Aproximadamente dos meses después, una vez que hayan nuevos brotes, se recomienda realizar una segunda poda para seleccionar el mejor eje; de esta forma nos aseguramos árboles rectos y de buena forma. Una de las principales razones por la cual se recomienda el establecimiento de Cedro y Caoba combinado con café es que la incidencia del ataque del barrenador de los brotes disminuye. Es muy probable que los árboles puedan pasar desapercibidos a la mariposa de *H. grandella* cuando están mezclados con café a distanciamientos superiores a los tres metros.

LITERATURA CITADA

- Lyngbaek, A E; Muschler, R; Sinclair, F 1999. Productividad, mano de obra y costos variables en fincas cafetaleras orgánicas y convencionales de Costa Rica *Agroforestería en las Américas*. 6(23) 24-26
- Salazar, E; Muschler, R; Sánchez, V; Jiménez, F 2000. Calidad de *Coffea arabica* bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* a diferentes elevaciones en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 7(26) 40-42
- Tavares, F; Beer, J; Jiménez, F; Schroth, G; Fonseca, C. 1999. Experiencia de agricultores de Costa Rica con la introducción de árboles maderables en plantaciones de café *Agroforestería en las Américas*. 6(23) 17-20

¿Cómo Hacerlo?

El análisis y mejoramiento de las plantaciones lineales de una finca

Eduardo Somarriba¹

Cercas vivas, setos, barreras vivas, líneas de árboles y arbustos (maderables, frutales, etc.) y rompevientos son ejemplos de plantaciones lineales. Son útiles en fincas de todo tamaño, pero especialmente en fincas pequeñas ofrecen muchas oportunidades para la producción de bienes y servicios de interés para el productor. Son una de las tecnologías agroforestales más comúnmente promovidas en los programas de extensión y desarrollo forestal y agroforestal en Centro América (Current *et al.* 1995). En este artículo se presenta una metodología para analizar y mejorar las plantaciones lineales de una finca.

¿CÓMO HACERLO?

- 1) Pedir al finquero dibujar un croquis de su finca, detallando todas las divisiones internas, linderos y caminos de la finca, usos y propietarios en los linderos; verificar en un recorrido por el campo con el finquero.
- 2) Identificar los principales bienes y servicios que el finquero requiere de las leñosas perennes de la finca.
- 3) Identificar y numerar los segmentos y medir los siguientes atributos: a) propietarios, usos colindantes, b) longitud, c) composición botánica y abundancia por especie, d) bienes y servicios producidos (elaborar un cuadro resumen de usos, productos y servicios por especie) y f) principales oportunidades y limitaciones.
- 4) Priorizar las plantaciones lineales donde se propondrán mejoramientos.
- 5) Analizar las interacciones agroforestales más relevantes en las plantaciones lineales seleccionadas.
- 6) Desarrollar, conjuntamente con el productor, las mejoras a implementar, proporcionando todo el detalle posible (especies, números de plantas, espaciamientos, actividades del plan de manejo, etc.).

DEFINICIONES

Un segmento es una sección de la plantación lineal a cuyos lados se mantienen constantes cualesquiera dos usos colindantes de la tierra. Por ejemplo, una cerca viva puede tener tres segmentos: 1) en los primeros 100 m de longitud potrero a un lado de la cerca y cafetal al otro lado, 2) en los siguientes 50 m potrero y hortalizas y; 3) al final, 30 m con huerto casero y un frente de calle pública.

Un lindero es una plantación lineal con diferentes propietarios en sus dos colindancias; los linderos demarcan el perímetro de la finca. Una **división interna** es una plantación lineal que separa dos lotes de la finca, con el mismo propietario en ambas colindancias.

Interacciones directas se dan entre pares de componentes del sistema. Un ejemplo de interacción directa: la sombra de los árboles de un lindero provoca cambios desfavorables (interacción negativa) en la composición botánica y en la productividad de una pradera colindante. El pasto, a su vez, puede limitar el establecimiento y reducir el crecimiento de los árboles jóvenes establecidos en la pradera. Las interacciones van en ambos sentidos, ambas son negativas pero las magnitudes pueden diferir y ocurrir en diferentes etapas temporales. **Las interacciones indirectas** son mediadas por un tercer componente del sistema. Por ejemplo, el ganado consume la biomasa del pasto, lo defolia y reduce su habilidad competitiva, lo cual favorece indirectamente a los árboles del lindero.

Densidad lineal de la finca (una medida del grado de división interna de la finca y de la relación perímetro-superficie) se obtiene dividiendo la longitud total de plantaciones lineales (m) entre la superficie total de la finca (ha). La densidad lineal se expresa en metros de plantación lineal por hectárea de superficie.

¹ Investigador Agroforestal. CATIE. Turrialba. Tel: (506) 556-1576 Email: esomarrib@catie.ac.cr

INTERACCIONES

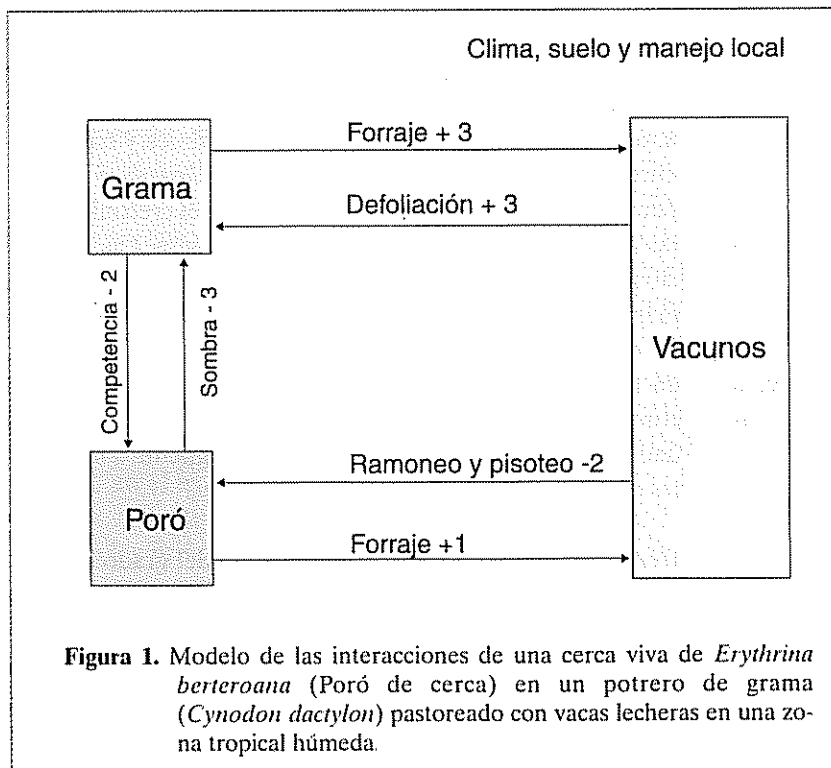
Imaginemos una hilera de poró de cerca (*Erythrina berteroana*) en un potrero de grama (*Cynodon dactylon*) en una zona tropical húmeda (Figura 1). El régimen de lluvias hace suponer que no hay competencia por agua del suelo entre los pastos y los árboles, pero la alta nubosidad local y las copas del poró pueden sombrear excesivamente la pradera; la grama es sensible a la sombra. La poda de los árboles regula el sombreamiento del pasto y produce forraje para el ganado; el follaje del poró, rico en proteína cruda, que es consumido por el ganado. El pisoteo del ganado puede provocar daños severos a las raíces de los árboles porque las pezuñas penetran fácilmente el suelo húmedo. La cerca produce estacas que se utilizan para ampliar y reparar otras cercas de la finca o se venden como soportes para chayote (*Sechium edule*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) o pepino (*Cucumis sativus*).

Las interacciones en este sistema de cerca viva en potreros de grama pueden analizarse de forma cualitativa (p.e., utilizando diagramas de flechas, signos y magnitudes, Figura 1) o cuantitativa (Kho 2000). Una vez identificados los componentes del sistema, hay que preguntarse ¿cuáles son las principales interacciones entre pares de componentes? ¿son positivas, negativas o neutras; es decir, qué signo tienen? ¿son fuertes o débiles; es decir, su magnitud? ¿cuáles son las interac-

ciones indirectas más relevantes? ¿se puede resumir todo el conjunto de interacciones de un sistema en una sola cifra?

Las magnitudes de las interacciones se pueden manipular mediante la selección de las especies de árboles, pastos y animales, la disposición espacial y temporal de los componentes del sistema, el manejo de plantas y animales, etc. Así, los problemas de pisoteo y daño radicular pueden reducirse regulando la carga animal o utilizando animales pequeños y livianos (p.e., desarrollo de novillos o vacas lecheras en lugar de ceba de animales grandes). La poda frecuente de los árboles de poró permite mantener alta la productividad del pasto al pie de la cerca viva, etc. Se necesita conocer todos estos detalles para elaborar un modelo realista del sistema.

La magnitud de las interacciones se pueden representar "cuantitativamente" utilizando una escala ordinal, discreta, de tres o cinco puntos (por ejemplo, 1 mínimo, 5 máximo). El modelo, con sus flechas, signos y magnitudes, puede utilizarse para evaluar (hipotéticamente) y discutir con los agricultores el impacto de diferentes prácticas de manejo o diseño del sistema. Por ejemplo, ¿cómo es el balance de interacciones si aumentamos la carga o utilizamos animales muy pesados en lugar de novillos o vacas lecheras? ¿Hay más interacciones positivas que negativas en este modelo?



A continuación se presentan algunas oportunidades y limitaciones que afectan el diseño óptimo de las plantaciones lineales.

EL DISEÑO DE MEJORAMIENTOS

En linderos, la tierra al otro lado del cerco pertenece a un vecino, a la comunidad o al Estado. Es importante conocer la legislación, escrita o verbal, sobre deberes y derechos en linderos. En ciertos países (a veces, depende de cada localidad dentro del país), los vecinos comparten los costos (establecimiento y mantenimiento) y los beneficios de un lindero (ej. frutas). En otros casos, solo comparten los beneficios. En calles públicas, las municipalidades y organismos gubernamentales tienen derechos sobre los árboles, por ejemplo, los podan y descopan para salvaguardar el tendido eléctrico. Árboles de porte alto, como maderables, no se deben usar en estos segmentos. El hurto de las frutas también

juudesaconseja el uso de frutales en estos segmentos. Las especies ornamentales y setos de porte bajo se utilizan en estos segmentos para aislamiento visual, bloquear el polvo de los caminos, ornamentación, etc. En zonas secas, los caminos públicos actúan como cortafuegos y se convierten en refugio para árboles y arbustos.

El uso (actual y previsible) del suelo a ambos lados del segmento determina sus oportunidades y limitaciones.

Por ejemplo, un segmento con potrero y hortalizas como usos colindantes exige utilizar especies leñosas capaces de establecerse en una pastura densa, que no proyecten mucha sombra sobre las hortalizas y que toleren el ramoneo (probablemente funcionarán mejor especies no palatables al ganado, establecidas mediante estacas grandes para evitar el ramoneo del rebrote). Las principales oportunidades que ofrece este segmento son la producción de forraje para el ganado, abono verde para cultivos o estacas para venta y uso en la producción de hortalizas.

Otro ejemplo. Restricciones legales impiden el corte y aprovechamiento de los árboles a lo largo de vegas de ríos, quebradas o zonas protectoras de agua. Un segmento colindante con una de estas unidades del paisaje es limitado en su capacidad para producir madera o leña, pero no para la producción de frutas, forraje, ornamentales, para la conservación de germoplasma valioso para humanos o fauna, manejo de biodiversidad, etc. Tercer ejemplo. La quema de los campos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para facilitar la cosecha afecta negativamente a las plantaciones lineales en estos segmentos. La entrada y salida de maquinaria durante el cultivo y la cosecha de la caña requiere mantener segmentos sin árboles o con amplios espaciamentos.

La seguridad sobre los productos de un segmento depende del contacto visual con la casa. Un lindero de especies frutales valiosas (aguacates -*Persea americana*, mangos -*Mangifera indica*- o papayas -*Carica papaya*) al otro lado del cafetal, sin visibilidad desde la casa y colindante a una calle pública, ofrece poca protección contra el hurto. La visibilidad y la seguridad sobre el aprovechamiento de los productos en los segmentos que colindan con el huerto casero y los patios alrededor de la casa, son oportunidades en estos segmentos.

ESTUDIO DE CASO

La finca de Don Víctor (65 años) mide 5 ha y se dedica a la producción de papaya (*C. papaya*), naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*C. reticulata*), hortalizas, frutales menores y dos vacas lecheras en varios pequeños potreros

de estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*). Los frutales menores incluyen nance (*Byrsonima crassifolia*), manzana de agua (*Zyzygium malaccense*), yuplón (*Spondias cytherea*), árbol de pan (*Artocarpus altilis*), guaba (*Inga edulis*), caimito (*Chrysophyllum cainito*), cacao (*Theobroma cacao*), jocote jobo (*Spondias mombin*), aguacate (*Persea americana*), coco (*Cocos nucifera*), guayaba (*Psidium guajava*), mango (*Mangifera indica*), guapinol (*Hymenaea courbaril*), cás (*Psidium friedrichtalianum*) y pejívalle (*Bactris gasipaes*). La finca (altitud 700 m, lluvia 3000 mm año⁻¹) se encuentra a orillas de una carretera asfaltada que conduce a un centro poblado (Turrialba, Costa Rica) de 30 mil habitantes a 15 km de distancia.

El café (*Coffea arabica*) fue el principal uso de la tierra en la finca hasta hace unos 10 años; los cafetales están siendo reemplazados con papaya, guanábana (*Annona muricata*) y plátano (*Musa AAB*). Hay muy pocos árboles maderables de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro amargo (*Cedrela odorata*). La finca la componen un altiplano estrecho (15 m) y alargado (120 m) en el centro de la finca, con laderas muy empinadas (algunas >50%) y pedregosas a ambos lados. Los vientos impiden el cultivo de café y papaya en una de las laderas, la cual se utiliza actualmente como potrero. La papaya se cultiva en lotes de diferentes edades, intercalados entre el café, en laderas no ventosas y en el altiplano. Varios caminos internos tienen plantaciones lineales de naranjas y mandarinas para producción y rompevientos. La finca colinda con tres vecinos y con camino público (Figura 2).

Las plantaciones lineales de esta finca (linderos, caminos internos, divisiones de potreros, frente de calle pública) suman 1460 m, en 28 segmentos, con una población total de 1218 plantas leñosas perennes pertenecientes a 17 especies, espaciamento promedio entre plantas 0.8 m, longitud promedio del segmentos 52 m y densidad lineal de 292 m ha⁻¹. Poró de cerca y poró de sombra (*E. poeppigiana*) son las especies más abundantes en las plantaciones lineales de esta finca, con 936 y 178 individuos totales, respectivamente. Naranjas y mandarinas ocupan el tercero y cuarto lugar con 37 y 32 árboles totales, respectivamente. Las restantes especies están representadas por menos de 12 individuos cada una.

La abundancia de poró de cerca y poró de sombra está relacionada directamente con su utilización como estacas vivas en las cercas y la historia de la finca como cafetal.

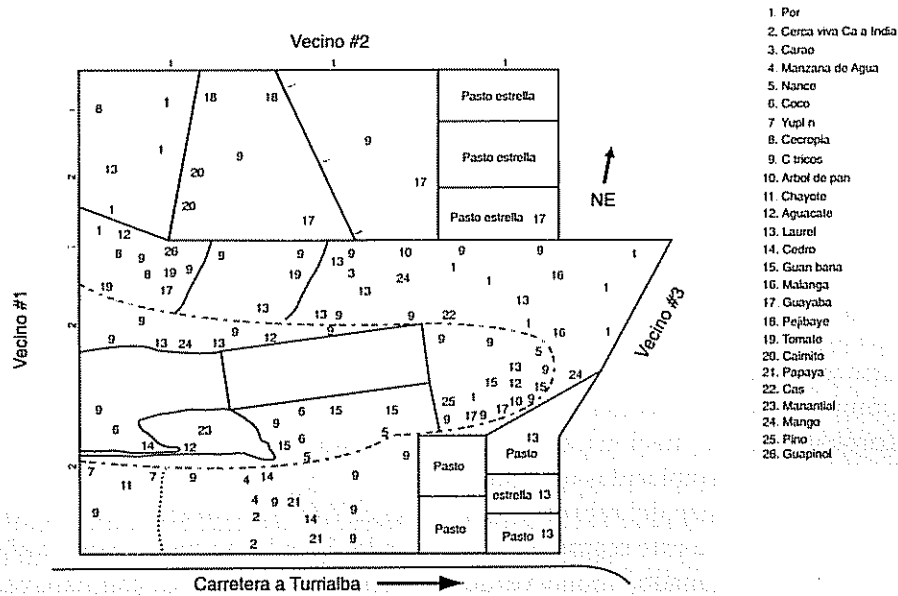


Figura 2. Distribución de árboles en la Finca de Don Victor, Guayabo, Turrialba, Costa Rica

Los espaciamientos cortos de los árboles en la cerca fortalecen la resistencia del alambre, actuando como una "barrera viva" que permite, aún con alambre en mal estado, separar ganado manso. Naranjas y mandarinas son un componente productivo importante en esta finca; la producción anual de la finca asciende a 9 600 mandarinas y 11 100 naranjas, con valor de 96 000 y 111 000 colones (1US\$ = 250 colones; año 1997). Naranjas y mandarinas sirven además de rompevientos para la papaya y las hortalizas que se cultivan en el altiplano. Los cítricos se disponen en hileras sencillas a ambos lados del camino que conduce al altiplano, en un ángulo apropiado para romper el viento. El espaciamiento entre árboles es de unos 3 m, produciendo una barrera cerrada, a excepción de algunos "huecos" donde se ha perdido la planta original.

Se propusieron tres recomendaciones: 1) manejar el poró de cerca para producir forraje como suplemento proteico para las vacas lecheras; 2) replantar cítricos en los "huecos" de las hileras rompevientos del altiplano y; 3) establecer un lindero maderable en colindancia con

Vecino #1, con quien Don Victor mantiene muy buenas relaciones personales: por último, se propone utilizar Cedro Amargo transplantado de la regeneración natural en fincas vecinas. Los detalles técnicos de las recomendaciones no se incluyen en este artículo.

AGRADECIMIENTOS

El estudio de caso fue desarrollado por varios equipos de estudiantes: del curso Planificación Agroforestal de Fincas (CATIE): Carlos Barrios, Alejandro Musalem, Diana Bolívar y Everaldo Nascimento, Ingrid Medina, Inés Morato, Carlos Calvo, Andrés Laroche y Rudy Menezes.

LITERATURA CITADA

- Méndez, E; Beer, J; Faustino, J; Otárola, A 2000 Plantación de árboles en líneas. 2 ed CATIE, Serie Materiales de Enseñanza #39. 134 p
- Current, D; Lutz, E; Scherr, S. Eds 1995 Costs, benefits, and farmer adoption of agroforestry: Project experiences in Central America and the Caribbean. World Bank Environmental Paper 14. The World Bank, Washington, D.C., USA
- Kho, RM. 2000. A general tree-environment-crop interaction equation for predictive understanding of agroforestry systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 80:87-100.

Creación de la Sociedad Brasileña de sistemas agroforestales

El día 23 de noviembre del 2000 los participantes del III Congreso Brasileño de sistemas agroforestales (CBSAF) se reunieron en el Auditorio Sólímões del Hotel Tropical de Manaus, Brasil para crear la Sociedad Brasileña de Sistemas Agroforestales (SBSAF), aprobar los estatutos y elegir el primer directorio Ejecutivo y Consejo Deliberativo y Fiscal.



Los trabajos para la formación de la SBSAF fueron coordinados por Manfred Willy Müller, con apoyo de la Señorita Elisa Wandelli que fungió como secretaria de la primera Asamblea Ordinaria de la SBSAF. Durante la lectura del resumen de los estatutos de la SBSAF, realizada por el coordinador de la Asamblea General Ordinaria, fueron propuestos algunos cambios por los presentes y después de una intensa discusión de diferentes tópicos relacionados con el desarrollo agroforestal, fueron aprobados por votación directa.

Una de las primeras actividades de la asamblea fue proponer el primer directorio de la SBSAF. Las siguientes personas fueron propuestas para los diferentes puestos, los cuales después de realizar la votación, fueron elegidos por aclamación. Luego fue leída el acta y que se

espera sea aprobada por los participantes de la segunda Asamblea General Ordinaria.

Directiva:

Presidente: Marcelo Francia Arco Verde (Embrapa Rondonia)

Vice-Presidente: Manfred Willy Müller (Ceplac- Bahía).

Primera Secretaria: Gladys Ferreira de Souza (Embrapa Amazonia Occidental)

Secretario Adjunto: Idesio Luis Franke (Embrapa Acre).

Primer Tesorero: Jeferson Luis Vasconcelos de Macêdo (Embrapa Amazonia Occidental).

Consejeros:

Johannes Van Leuween (Inpa)

Ricardo Aguiar Galeno (Secretaria de biodiversidad e Floresta/MMA)

Milton Kanashiro (Embrapa Amazonia Oriental)

Erik Cajetan Martins Fernandes (Universidad Cornell)

Elisa Viera Wandelli (Embrapa Amazonia occidental)

Representantes de Núcleos descentralizados:

Centro oeste: Robert Miller (Agencia de cooperación Técnica a los Programas Indigenistas y Ambientales.

Sudeste: Jean Clement Laurent Dubois (Rebraf)

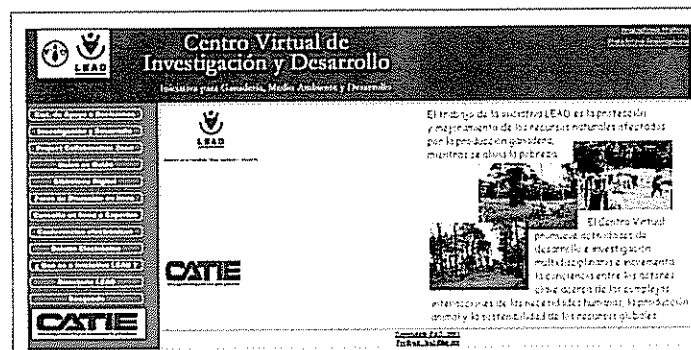
Norte: Tatiana Deane de Abreu Sá (Embrapa Amazonia Oriental)

Nordeste Lonardo Alves de Andrade

Sul: Luciano Montoya.

El Comité Editorial Operativo de la Revista Agroforestería en las Américas les desea los mayores éxitos a la Sociedad Brasileña de Sistemas Agroforestales. Esperamos continuar colaborando con la difusión de información sobre actividades de investigación y desarrollo de los sistemas agroforestales en Brasil.

Plataforma Electrónica sobre Ganadería y Medio Ambiente



La iniciativa LEAD (Livestock, Environment and Development) es un proyecto interinstitucional coordinado por FAO. El CATIE es uno de los 15 miembros. La meta de esta iniciativa es la protección y el mejoramiento de los recursos naturales afectados por la ganadería tradicional. En el marco de LEAD, se estableció el Centro Virtual de Investigación y Desarrollo, que promueve actividades de desarrollo y de investigación multidisciplinaria sobre las complejas interacciones de las necesidades humanas, la producción animal y la sostenibilidad de los recursos naturales globales. Para lograr este objetivo, se han creado tres Plataformas electrónicas interlazadas: en inglés (FAO-Roma), en francés (CIRAD-Montpellier) y en español (CATIE-Turrialba). En este documento, se describirá los objetivos, funciones y estrategias de la Plataforma Hispanoparlante.

El principal objetivo de la Plataforma es proporcionar a autoridades, técnicos y comunidades, información sobre tecnologías alternativas y políticas en Ganadería - Medio Ambiente en América Latina; así como suministrar a los formuladores de políticas, conocimientos para promulgar políticas que favorezcan el desarrollo y uso de sistemas ganaderos sostenibles. Igualmente, se apoyarán programas de desarrollo piloto entre instituciones de investigación y desarrollo.

Los temas a desarrollar en América Latina, incluyen: deforestación inducida por ganadería; erosión de suelos

en áreas ganaderas en laderas; problemas de desechos animales en zonas de alta concentración animal; pasturas mejoradas y sistemas silvopastoriles; aspectos de comercio-ambiente-ganadería; y políticas relacionadas con ganadería.

La comunicación se realizará, principalmente, a través de recursos electrónicos (página web, correos electrónicos, conferencias electrónicas, paneles electrónicos de discusión y publicaciones en línea); además, se realizarán eventos de capacitación (talleres, seminarios, simposios, cursos cortos, días de campo) y se prepararán documentos, artículos, libros, folletos y manuales. Los usuarios de esta Plataforma son personas e instituciones Latinoamericanas involucradas en temas de Ganadería - Medio Ambiente, tales como: investigadores; formuladores y comisiones políticas; extensionistas rurales; profesores y estudiantes universitarios; asociaciones de productores; ONG's y organizaciones privadas.

La página web de la Plataforma en español, al igual que las otras Plataformas, se encuentra en: <http://www.virtuallcentre.org/selector.htm>, que corresponde al Centro Virtual. También, se puede acceder a través de la página de CATIE: <http://www.catie.ac.cr/lead>.

Muhammad Ibrahim, Jairo Mora
 CATIE, Turrialba, Costa Rica
mibrahim@catie.ac.cr; jmora@catie.ac.cr

AGROFLORESTA. UM NOVO JEITO DE FEZER AGRICULTURA.

Habermeier, K; Duque de Silva, A. SABIA. Centro de desenvolvimento Agroecológico 39 p.

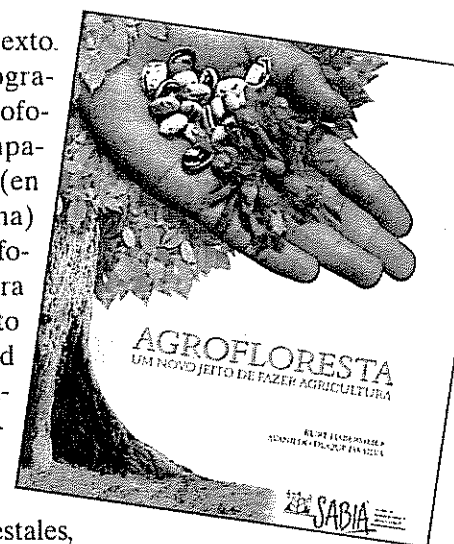
Es una publicación para productores que describe la forma de realizar plantíos agroforestales. Consta de dos partes: la primera presenta una justificación de realizar agroforestaciones, describe el proceso natural de desarrollo de las comunidades biológicas naturales en zonas tropicales, la recuperación natural de la fertilidad de los suelos y los principales pasos de la sucesión de plantas (colonizadoras, pioneras, bosque secundario y bosques primarios) realizado de forma ágil, simple y fácil comprensión para productores.

La segunda parte incluye cómo hacer una plantación agroforestal. El proceso inicia con la selección del sitio, la preparación del suelo y los cuidados que se deben tener, especialmente en sitios con pendiente; luego, realiza sugerencias sobre el arreglo de las especies. Enfatiza bastante en el manejo del sistema, especialmente el follaje, como uno de los aspectos para garantizar la sostenibilidad biofísica de este tipo de sistemas. Incluye dentro de la sección algunas recomendaciones sobre poda y sincronización de algunas labores para dar mayor eficiencia.

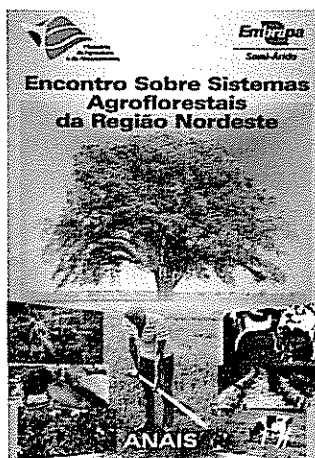
Incluye dos apéndices: un glosario y los nombres vulgares, científicos y familias de las especies

mencionadas en el texto. Además, tiene fotografías de sistemas agroforestales y una comparación excelente (en forma de diagrama) entre la sucesión agroforestal y la agricultura tradicional. Este folleto será de mucha utilidad para aumentar la conciencia entre los productores, con respecto a las ventajas de los sistemas agroforestales,

tanto en aspectos de productividad, como de estabilidad ecológica, comparado con otras formas de agricultura tradicional. Algo que falta en esta publicación son los aspectos económicos, debido a que los productores siempre quieren tener ese tipo de información, ya que siempre tienen escasez de capital y algunas veces es difícil que se arriesguen, cuando existe cierto nivel de incertidumbre.



Luis Meléndez Marín
Agroforestal, CATIE
Editor.

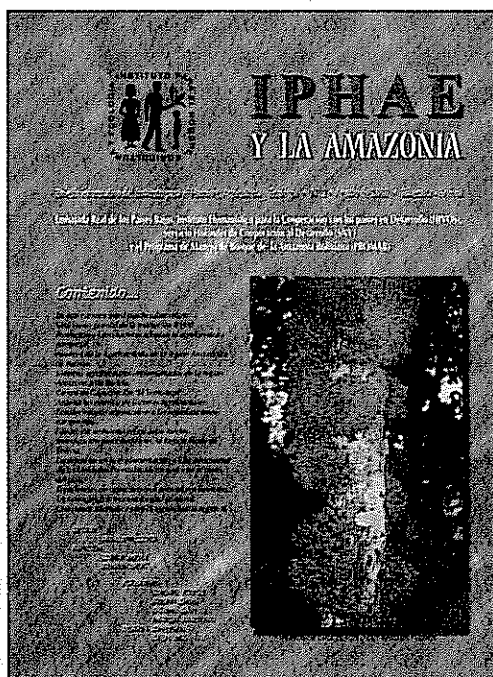


Encontro Sobre Sistemas Agroforestais da Região Nordeste ANAIS. Centro de Pesquisa Agropecuária do tópicó Semi Árido (CPATSA) Empresa de Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura e do Abastecimento.

Son los resúmenes de un encuentro de investigadores y promotores de sistemas agroforestales en regiones semi-áridas de Brasil. Es un esfuerzo interesante porque, aunque en muchas regiones de América Latina y el Caribe se tienen regiones semi-áridas, es poco frecuente que se realicen reuniones específicas sobre el tema y por lo tanto, los resultados presentados en este documento pueden ser de mucha utilidad. Cada uno de los 18 resúmenes de investigaciones incluye una descripción de la región del estudio, objetivos, metodologías, resultados, viabilidad técnica y económica, formas de difusión, limitaciones y recomendaciones.

En el encuentro, se realizó un análisis de la situación actual de este tipo de ambientes y la importancia regional dividida, por aspectos metodológicos, en: enseñanza, investigación y extensión agroforestal: Se destacó la falta de personal capacitado, sensibilidad de los organismos financieros y la diseminación de los resultados. Se realizaron además recomendaciones para mejorar el desarrollo de sistemas agroforestales enfocándose en: capacitar personal; ajustar la agenda de investigación con énfasis en las características de los productores; divulgar en forma amplia para que la información llegue a los usuarios finales; así como promover una revisión de los modelos de extensión realizados por las agencias del gobierno.

Boletín informativo del Instituto para el hombre, agricultura y Ecología. Agosto del 2000. Riberalta. Bolivia. IPHAE y la Amazonía.



El boletín incluye una serie de artículos agroforestales desarrollados por iniciativas realizadas por el IPHAE. Las propuestas agroforestales fueron realizadas para promover cambios en las formas extractivistas de campesinos de la Amazonía Boliviana, que tradicionalmente realizan colectas de productos del bosque, pescan y cazan animales silvestres. Se realizan una serie de estrategias como parcelas demostrativas, viveros comunales para el establecimiento de sistemas agroforestales como huertos caseros, barbechos mejorados, sistemas silvopastoriles que incluyen cultivos como cupuazú (*Theobroma grandiflorum*), tempé (*Bactris gasipaes*), cocos (*Cocos nucifera*) y kutsú (*Pueraria sp.*).