

AGROFORESTERIA

Vol. 6 N°23 1999

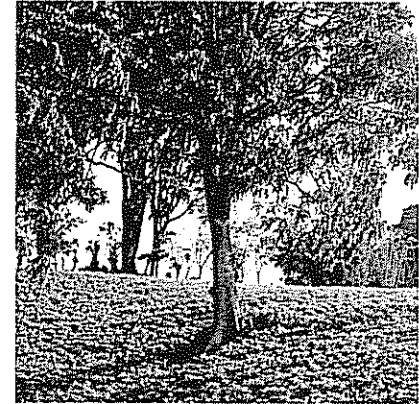
EN LAS AMERICAS



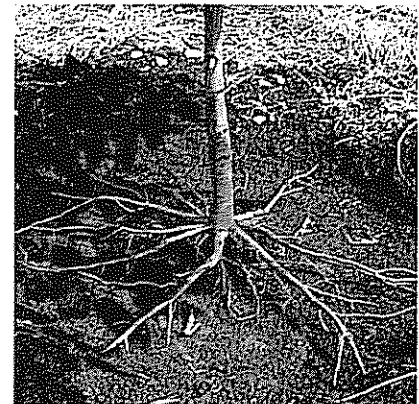
*Investigación
agroforestal de
Postgrado 1998*

Indice

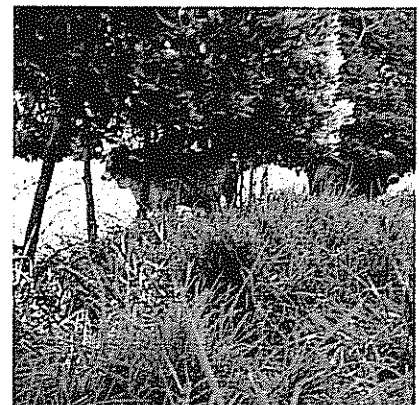
1. Editorial	
Alianza entre la educación superior y la investigación agroforestal para el desarrollo sostenible	4
2. Agroforestales en América	5
3. Avances de investigación	8
<i>M.F. Arco-Verde/D L. Kass/R. Muschler/M. Ibrahim/E. C. Fernandes</i>	
Abonos verdes de leñosas y no leñosas como fuente de nutrientes para maíz en un suelo deficiente de bases	8
<i>J.G. Cobo Borrero/D. Kass/R. Muschler/J. Arze/E. Barrios/R. Thomas</i>	
Abonos verdes de leñosas y no leñosas como fuente de Nitrógeno a cultivos anuales	11
<i>E. Nascimento de Almeida/J.G. Galloway/D. Current/R. Lok/C. Prius</i>	
Adopción de prácticas agroforestales en el Municipio de San Juan Opico. El Salvador	14
<i>F.C. Tavares/J. Beer/F. Jiménez/G. Schroth/C. Fonseca</i>	
Experiencia de agricultores de Costa Rica con la introducción de árboles maderables en plantaciones de café	17
<i>C.J. Viera/E. Köpsell/J. Beer/R. Lok/G. Calvo</i>	
Incentivos financieros para establecer y manejar árboles maderables en cafetales	21
<i>A.E. Lyngbak/R.G. Muschler/F.L. Sinclair</i>	
Productividad, mano de obra y costos variables en fincas cafetaleras orgánicas y convencionales de Costa Rica	24
<i>D.M. López/E. Somarriba/O. Ramírez</i>	
Turnos óptimos de renovación de cafetales con sombra de poró (<i>Erythrina poeppigiana</i>) y a pleno sol	27
<i>T. Llanderal/E. Somarriba</i>	
Tipologías de cafetales en Turrialba. Costa Rica	30
<i>L. Rojas/C. Godoy/P. Hanson/C. Kleinn/L. Hilje</i>	
Diversidad de homópteros en plantaciones de café con diferentes tipos de sombra en Turrialba. Costa Rica	33
<i>M. Schaller/G. Schroth/J. Beer/F. Jiménez</i>	
Control del crecimiento lateral de las raíces de especies maderables de rápido crecimiento utilizando gramíneas como barreras biológicas	36
<i>L. Meléndez/E. Somarriba</i>	
Microambiente y cantidad de esporas de <i>Moniliophthora roveri</i> en el aire bajo tres sistemas de sombra leguminosa en cacao	39
<i>O. Flores/M. Ibrahim/D. Kass/H. Andrade</i>	
El efecto de los taninos de especies leñosas forrajeras sobre la utilización de nitrógeno por bovinos	42
<i>A. Velasco/M. Ibrahim/D. Kass/F. Jiménez/G. Rivas Platero</i>	
Concentraciones de fósforo en suelos ácidos bajo un sistema silvopastoril de <i>Acacia mangium</i> con <i>Brachiaria humidicola</i>	45
<i>D. Bolívar/M. Ibrahim/D. Kass/F. Jiménez/J. C. Camargo</i>	
Productividad y calidad forrajera de <i>Brachiaria humidicola</i> en monocultivo y en asocio con <i>Acacia mangium</i> en un suelo ácido en el trópico húmedo	48
<i>A. Lopez/A. Schlönvoigt/M. Ibrahim/C. Kleinn/M. Kanninen</i>	
Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica	51
<i>L. Villafuerte/J. Arze/M. Ibrahim</i>	
Rendimiento de pasturas con y sin sombra en el trópico húmedo de Costa Rica	54
<i>L. Gallo/E. Somarriba/M. Ibrahim/G. Galloway</i>	
Productividad de <i>Panicum maximum</i> bajo <i>Pinus caribaea</i>	57
<i>J. Botero/M. Ibrahim/B. Bouman/H. Andrade/J. C. Camargo</i>	
Modelaje de opciones silvopastoriles sostenibles para el sistema ganadero de doble propósito en el trópico húmedo	60
<i>C. Barrios/J. Beer/M. Ibrahim</i>	
Pastoreo regulado y hostas del ganado para la protección de plántulas de <i>Pithecolobium saman</i> en potreros	63
<i>A.M. Domínguez/D. Kass/M. Ibrahim/F. Jiménez</i>	
Efecto de leguminosas herbáceas y leñosas en el crecimiento y contenido de nutrientes de dos gramíneas tropicales	66
<i>A. Pastrana/R. Lok/M. Ibrahim/E. Viquez</i>	
El componente arbóreo en sistemas agroforestales tradicionales de los indígenas Ngöbe. La Gloria. Changuinola. Panamá	69
4. ¿Cómo Hacerlo?	
<i>E. Somarriba</i>	
Diversidad Shannon	72
5. Noticias Agroforestales	75
6. Reseñas	80
7. Agenda Agroforestal	82
8. Publicaciones Agroforestales	83



Cedro dulce (*Cedrela tonduzii*) asociado con papa (*Solanum tuberosum*) en Cartago, Costa Rica.
(Foto: E. Somarriba)



Raíces de *Eucaliptus deglupta*. Página 38.



Crecimiento de *Acacia mangium* y pasto. Página 49.

En esta edición fungieron como editores técnicos

Eduardo Somarriba y John Beer, Investigadores Agroforestales,

CATIE

Alianza entre la Educación Superior y la Investigación Agroforestal para el Desarrollo Sostenible

La difusión de los avances científicos, tecnológicos y metodológicos en agroforestería es una contribución institucional importante a la comunidad de investigadores y técnicos. La agroforestería se encuentra firmemente establecida como una alternativa ecológica y productiva capaz de mejorar el uso y manejo de grandes áreas degradadas de nuestra región y del mundo. De ahí el compromiso del CATIE de formar profesionales competentes y comprometidos con el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe.

Por tercer año consecutivo se entrega a los lectores de *Agroforestería en las Américas* los resultados más relevantes de las investigaciones agroforestales realizadas por estudiantes graduados del CATIE. La presente edición es el número más voluminoso, con 21 artículos de investigación hasta la fecha. Esto obedece en primer lugar a que muchas de las investigaciones realizadas en las maestrías de Socioeconomía Ambiental, Manejo de Bosques y Biodiversidad y Agricultura Ecológica incluyen aspectos agroforestales. En segundo lugar, la cosecha de agroforestales 1997-1998 fue muy pródiga, con un total de 15 graduados provenientes de 8 países (Bolivia, Brasil, Colombia, Honduras, Guatemala, México, Nicaragua y Uruguay). En tercer lugar, el aumento de los estudiantes de intercambio provenientes de otras instituciones de Educación Superior (Universidad de Bangor, Gales, UK y Universidad de Hamburgo, Alemania).

La cobertura y el énfasis de este número son muy variados, ya que abarcan resultados de investigaciones biofísicas (13 artículos) y socioeconómicas (8 artículos) de sistemas agroforestales con cultivos perennes,

con anuales, sistemas silvopastoriles y estudios a nivel de finca. Los estudios biofísicos incluyeron: 1) efectos de la descomposición y liberación de nutrientes de diferentes tipos de biomasa; 2) biodiversidad en cafetales; 3) microambiente y dinámica de patógenos, competencia radicular, sombra y productividad, secuestro de carbono, producción orgánica, nutrición animal, regeneración de maderables en potreros y 4) modelación de crecimiento y productividad, aplicación de técnicas econométricas y de programación lineal. Los estudios socioeconómicos incluyeron aspectos de adopción de prácticas y sistemas agroforestales, agroforestería en fincas indígenas, costos, uso de mano de obra y de capital.

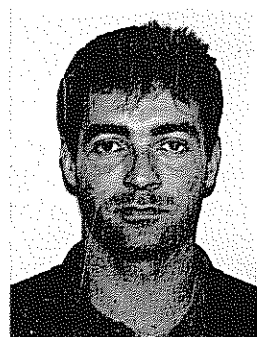
En la sección "Cómo Hacerlo" se presenta, en forma sencilla y accesible para los lectores, la derivación y utilización del índice de diversidad de Shannon, uno de los más utilizados en los estudios ecológicos y agroforestales, que sin duda será de mucha utilidad; además, se ofrecen varias reseñas de nuevos proyectos de investigación agroforestal en CATIE, dos simposios internacionales de IUFRO sobre sistemas agroforestales multiestratos e investigación forestal a largo plazo y finalmente, una lista de publicaciones agroforestales de 1998 del CATIE y del ICRAF, dos instituciones de renombre en el mundo agroforestal.

Este formidable acervo de información sobre temas de actualidad y relevancia en Agroforestería Tropical, es una contribución significativa al conocimiento científico, tecnológico y metodológico de los sistemas de producción agroforestal en el trópico, que estamos seguros serán de mucha utilidad para los usuarios.

Gilberto Páez
Director de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado, CATIE

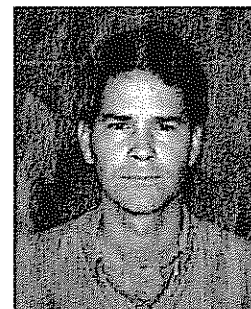
Nuevos Agroforestales en América

En 1998 se graduaron 15 nuevos agroforestales. Fue una promoción numerosa, de ahí que esta sea una edición voluminosa. En esta sección presentamos un breve perfil de estos profesionales y aportamos sus direcciones para quienes deseen comunicarse con ellos.



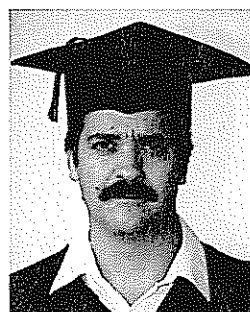
MARCELO FRANCIA ARCO-VERDE, nació en Brasil en 1967, estudió en la Universidad Federal do Paraná y se graduó de Ingeniero Forestal en 1990. Trabajó como Extensionista de la Empresa de Asistencia Técnica y Extensión Rural del Estado de Amazonas (EMATER-AM). También fue Investigador del Área de Manejo y Conservación Forestal del Instituto de Investigaciones Forestales de la Amazonia Boliviana. Participó como Profesor invitado de la Universidad Técnica del Beni, Curso de Ingeniería Forestal, para dictar las materias de Dasometría, Fotogrametría y Fotointerpretación Forestal. Con fondos de EMBRAPA ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998.
Dirección: Rodovía BR-174 Km 08 D.I., Caixa postal 133, CEP 69301-970. Boa Vista RR-Brasil Tel: +55-95-2261807, 625-6025 E-mail: marcelo@cpafr embra pa br

CARLOS BARRIOS VELAZQUES, nació en Nicaragua en 1961, estudió en la Universidad Centroamericana y se graduó de Licenciado en Sociología Rural en 1987. Entre 1989-1991 obtuvo dos maestrías, una en Desarrollo Agrícola y otra en Sociología del Desarrollo en Sorbonne, París. Trabajó en la gestión de programas de desarrollo agrícola en servicios financieros rurales y como consultor en el fomento de la producción agroforestal para las agencias ASDI, BID, BM, PNUD. Es también productor en el sur de Nicaragua en explotaciones silvopastoriles. Con fondos de la Universidad Centroamericana (UCA) ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Managua, Satélite Asososca casa 93. Nicaragua. Tel: 269-6567. E-mail: cbarrios@ibw.com ni



DIANA MARIA BOLÍVAR VERGARA, nació en Colombia en 1967, estudió en la Universidad Nacional de Colombia donde se graduó de Licenciada en Zootecnia en 1992. Trabajó como Gerente de una empresa avícola de aves ponedoras, Administradora General de la Hacienda de la Concepción y Coordinadora del Programa de lechería de un hato doble propósito. Con fondos de Fundatrópicos ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998.

Dirección: Kra 80#52B, Medellín, Colombia.
Tel: (574) 234-4632.



JAVIER ANTONIO BOTERO BOTERO, nació en Colombia en 1966, estudió en la Universidad Nacional de Colombia donde se graduó de Licenciado en Zootecnia en 1990. Trabajó como Palpador particular en fincas ganaderas, como Jefe del programa de doble propósito en haciendas ganaderas y Administrador general de la Hacienda Calaveras, Monte Libano, Córdoba, Colombia. Con fondos de Fundatrópicos ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998.

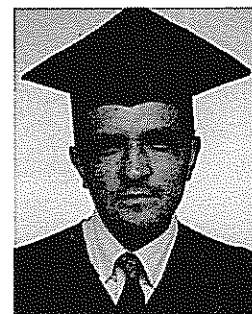
Dirección: Kra 80#52B, Medellín, Colombia.
Tel: (574) 234-4632.

AGROFORESTALES EN AMÉRICA



OSCAR IVANOV FLORES RUANO, nació en Guatemala en 1967, estudió en la Universidad de San Carlos de Guatemala donde se graduó de Licenciado en Zootecnia en 1992. Trabajó como Especialista en Producción Animal en el Proyecto de Desarrollo para pequeños productores en Zacapa y Chiquimula PROZACHI (FIDA-OPEP-MAGA-PAISES BAJOS) Fue Catedrático del Centro Universitario de Oriente (CUNORI) de la Universidad de San Carlos de Guatemala y miembro de la comisión de Investigación CUNORI-USAC. Con fondos de DAAD-Fundatrópicos ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Casa 22 av. 13-38 zona 7, Kaminal Juyú II, Guatemala, Guatemala. Telefax: (502) 9420173. E-mail: usachiqu@usac.edu.gt

ANGEL PASTRANA ALBIS, nació en Bolivia en 1961, estudió en la Universidad Autónoma "Gabriel René Moreno" y se graduó de Licenciado en Ciencias Agrícolas en 1990. Trabajó como Líder del Proyecto Agroforestal en Servicios Integrales Agropecuarios SERVIAGRO, en el Centro de Investigación y Promoción del Campesinado "CIPCA", como consultor del servicio holandés de cooperación al desarrollo "SNV" y como catedrático en la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno-Yacapani "UAGRM". Con fondos de ODA ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Av. Villa Imperial Toledo #274. Tel: 591-62-4-3538, Potosí, Bolivia.

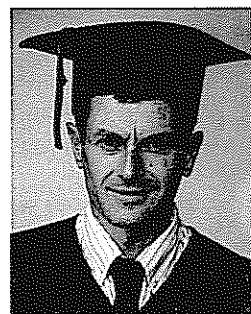


JORGE ALEJANDRO VELASCO TREJO, nació en México en 1969, estudió en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla y se graduó de Ingeniero Agrónomo Zootecnista en 1993. Trabajó como Investigador auxiliar adjunto del Área de Investigación Pecuaria, Plan Puebla, Colegio de Postgraduados de Chapingo y como Catedrático en la Universidad Mesoamericana. Puebla, México. Con fondos de Fundatrópicos/MUTIS ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: 1º sur oriente 968, C.P. 29.000 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tel: (961) 24285 y/o 27 sur 2704-A C.P. 27 400 Telefax: (22) 43 6357. E-mail: jvelasco@hotmail.com



ANA MARIA DOMINGUEZ CORONA, nació en México en 1969, estudió en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla y se graduó de Ingeniera Agrónoma en Zootecnia en 1995. Trabajó como Investigadora Auxiliar Adjunta del Colegio de Postgraduados y Catedrática de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). Con fondos de Fundatrópicos ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Kra 80#52B, Medellín, Colombia. Dirección Priv. 17 B Sur #4303, Col. Reforma Agua Azul, CP72410, Puebla, Pue. México Tel: (22) 43-4578 Fax: (22) 40-7904. E-mail: adoming30@hotmail.com

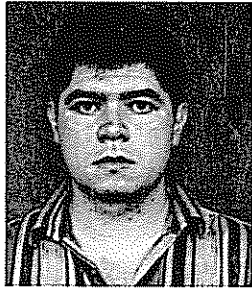
Con fondos de Fundatrópicos ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Kra 80#52B, Medellín, Colombia. Dirección Priv. 17 B Sur #4303, Col. Reforma Agua Azul, CP72410, Puebla, Pue. México Tel: (22) 43-4578 Fax: (22) 40-7904. E-mail: adoming30@hotmail.com



LUIS ALBERTO GALLO CACERES, nació en Uruguay en 1955, estudió en la Universidad de la República del Uruguay y se graduó de Ingeniero Agrónomo en Orientación Forestal en 1987. Trabajó en Auditorías de empresas forestales y como Asistente de silvicultura con énfasis en Mejoramiento Genético forestal en la Estación Experimental Bañado de Medina, Facultad de Agronomía, Universidad de la República del Uruguay. Con fondos de MUTIS ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Maldonado 2422, Apto. 602 Montevideo, Uruguay. E-mail: forest@micro.edu.uy

Con fondos de MUTIS ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Maldonado 2422, Apto. 602 Montevideo, Uruguay. E-mail: forest@micro.edu.uy

Dirección: Maldonado 2422, Apto. 602 Montevideo, Uruguay. E-mail: forest@micro.edu.uy



IANGAXUHAN LLANDER-OCAMPO, nació en México en 1971, estudió en la Universidad Autónoma de Chapingo y se graduó de Ingeniero Forestal, División de Ciencias Forestales en 1995. Trabajó como Investigador auxiliar del Programa Forestal del Colegio de Postgraduados

de Chapingo. Con fondos de CONACYT ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Cerrada de Huautla #15, San Luis Huexotla, Texcoco, México. C P. 56250. Tel: (595) 4 22 43. E-mail: tllander@colpos colpos mx



ALEJANDRO LOPEZ MUSALEM, nació en México en 1965, estudió en la Universidad Autónoma de Chapingo y se graduó de Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos en 1991. Trabajó como Administrador del Parque Nacional Chacahua en la Secretaría de Desarrollo Social y fue Gerente y responsable técnico de la empresa ASPROSEN, S.A.

Con fondos de Fundatrópicos ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Av. Oaxaca #31 1° Sección, Juchitán Oax. C P. 700000 México. Tel: (971) 1 1593/3 1049 Cd. Oaxaca.



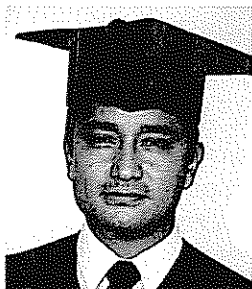
EVERALDO NASCIMENTO DE ALMEIDA, nació en Brasil en 1971, estudió en la Faculdade de Ciências Agrarias do Pará y se graduó de Ingeniero Agrónomo en 1995. Trabajó como Asistente de Investigación, Convenio EMBRAPA/IPAM entre 1995-1996. Con fondos de SUN-

Y/USAID ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Rua Leopoldo Machado, No. 4376, Barrio: Beírol, Macapá, Amapá. CEP-68900-000. E-mail: everaldo_a@hotmail.com



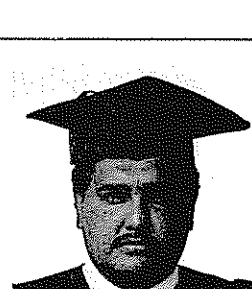
DINORAH DE JESUS SANDINO ARAICA, nació en Nicaragua en 1963, estudió en la Universidad Centroamericana (UCA) y se graduó de Licenciada en Ecología y Recursos Naturales en 1995. Trabajó como directora técnica de un proyecto de desarrollo rural (Promundo Humano) de apoyo al pequeño campesino en la producción agroforestal del cacao. Con fondos de COSUDE ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998.

Dirección: Iglesia Pio X, 1 c. arriba 1 c. al lago, Managua, Nicaragua. Tel: 249-9779



LUIS ENRIQUE VILLAFUERTE ZEA, nació en México en 1967, estudió en el Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas y se graduó de Licenciado en Biología en 1987. Trabajó como asistente de investigador en el Proyecto de Desarrollo de Sistemas Silvícolas y Agroforestales en la

Reserva de la Biosfera Montes Azules y en el Proyecto Alternativas para el desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles, región de Los Altos de Chiapas, Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México. Con fondos de la Fundación Kellogg ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Chiapa de Corzo No. 20 CP. 29220. San Cristobal de las Casas, Chiapas, México.



CARLOS JAVIER VIERA VARELA, nació en Honduras en 1963, estudió en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras y se graduó de Ingeniero Agrónomo en 1988. Trabajó como extensionista agrícola con grupos campesinos y empresas agrícolas y fue Directivo y socio de la cooperativa

"COMPROCAFOL", Cooperativa mixta de profesionales de las ciencias agrícolas y forestales limitadas. Con fondos de la Fundación Kellogg ingresó al Programa de Maestría en Sistemas Agroforestales del CATIE en enero de 1997 y obtuvo su grado en diciembre de 1998. Dirección: Col. Rodas Alvarado 2da. Calle 2da. Casa, Danlí El Paraíso, Honduras

Abonos verdes de leñosas y no leñosas como fuente de nutrientes para maíz en un suelo deficiente de Bases¹

Marcelo F. Arco-Verde², Donald L. Kass³, Reinhold Muschler³,
Muhammad Ibrahim³, Erick C. Fernandes⁴

Palabras claves: Bocashi, *Calliandra calothyrsus*, *Canavalia ensiformis*, deficiencia de Ca, deficiencia de P, estiércol de ganado, gallinaza, *Gliricidia sepium*, *Inga edulis*, *Mucuna deeringiana*

WOODY AND NON-WOODY GREEN MANURES AS NUTRIENT SOURCES FOR MAIZE IN A BASE DEFICIENT SOIL

RESUMEN

SUMMARY

Se comparó el contenido de nutrimentos y la capacidad de suministrarlos al maíz, de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., *Inga edulis* Mart., *Canavalia ensiformis* (L.) DC, *Mucuna deeringiana* (Bort.) Small, *Calliandra calothyrsus* Meissn., estiércol de ganado, gallinaza y bocashi, un tipo de compost que se puede preparar rápidamente. Se analizaron los contenidos de nutrientes del material aplicado, cuando era factible recuperarlo, del suelo y del maíz a los 20, 40 y 60 días después de la siembra. Los materiales de origen animal presentaron los mejores resultados, debido principalmente a sus mayores contenidos de Fósforo y Calcio, elementos muy deficientes en este suelo.

A comparison was made of the nutrient content, and capacity to supply nutrients to maize, of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., *Inga edulis* Mart., *Canavalia ensiformis* (L.) DC, *Mucuna deeringiana* (Bort.) Small, *Calliandra calothyrsus* Meissn., cattle manure, chicken manure and bocashi, a rapidly composted material. Analyses of the soil, the applied materials when recoverable, and of maize planted in this soil, were carried out 20, 40 and 60 days after planting. Materials of animal origin gave the best results, principally due to their higher contents of Phosphorus and Calcium, elements which were very deficient in this soil.

INTRODUCCIÓN

Se han identificado varios factores que determinan la tasa de liberación de N de la biomasa podada de árboles fijadores de N en sistemas agroforestales (Palm, 1995), especialmente, la relación (lignina + polifenol):N (Mafongoya *et al.*, 1998). Existen pocos estudios con otros nutrientes (Lupwayi y Haque, 1998). En este artículo se presentan los resultados de la fase de invernadero de un estudio en el que se determinó la liberación de nutrientes de abonos verdes de especies leñosas y herbáceas, estiércol animal y fertilizantes minerales. Se estudiaron los cambios en los contenidos de nutrientes en los abonos ver-

des, en el suelo y en los tejidos de plantas de maíz (*Zea mays* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de invernadero se realizó en Turrialba, Costa Rica en enero 1998, utilizando 144 macetas llenadas con 6 kg de suelo secado al aire, el cual tenía las siguientes características: pH en H₂O 5.03, Kjeldahl N 1 mg g⁻¹, P (Olsen) 3.43 mg kg⁻¹, K (Olsen) 0.03 cmol (+)kg⁻¹, Ca (KCl) 0.27 cmol (+)kg⁻¹, acidez intercambiable 0.08 cmol (+)kg⁻¹. Se utilizaron 12 repeticiones (macetas) de los siguientes tratamientos:

1. Control sin enmiendas

¹ Basado en Arco-Verde MF (1998) Tasa de descomposición, disponibilidad de nutrientes y efectos de la aplicación de compuestos orgánicos sobre el cultivo de maíz en un humic andosol de Costa Rica. Tesis Mag Sc CATIE, Turrialba, Costa Rica 105p. ² MSc. Agroforestería Tropical, CATIE, 1998, EMBRAPA, Boa Vista, Roraima, Brasil, marcelo@epafrr.embrapa.br ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica, dkass@catie.ac.cr; muschler@catie.ac.cr; mibrahim@catie.ac.cr. ⁴ Cornell University, Ithaca, NY, USA. Ecf3@cornell.edu

2. 9 g de 18-5-15-6-0.67-7.3 fertilizante comercial (N-P-K-Mg-B-S)
3. 52.92 g de hojas y tallos verdes secados al aire de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.
4. 57.7 g de hojas y tallos verdes secados al aire de *Inga edulis* Mart.
5. 54.92 g de hojas y tallos verdes secados al aire de *Calliandra calothyrsus* Meissn.
6. 59.44 g de hojas y tallos verdes secados al aire de *Canavalia ensiformis* (L.) DC
7. 49.32 g de hojas y tallos verdes secados al aire de *Mucuna deeringiana* (Bort) Small
8. 94.8 g de gallinaza seca
9. 71.42 g de estiércol de ganado lechero
10. 284.4 g de bocashi

El bocashi es un material rápidamente compostado que contiene de 36% de suelo, 18% cascarilla de arroz, 18% carbón vegetal, 3.6% cal agrícola, 18% melaza y 6.4% de afrecho de arroz. Los tratamientos corresponden a una aplicación de 300 kg N ha⁻¹. Las macetas se dispusieron en un diseño completamente aleatorio. Se plantaron 12 semillas de maíz variedad "Diamantes" por maceta y se ralearon a 8 plantas por maceta 10 días después de siembra. Las macetas se cosecharon a los 20, 40 y 60 días después de siembra (cuatro macetas por tratamiento y fecha) y se separó la biomasa de maíz, la biomasa residual de la enmienda y el suelo. Se estimó peso seco y se determinó N, P, K, Ca y Mg. Las macetas se irrigaron durante todo el experimento para mantener el suelo en capacidad de campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las enmiendas de origen animal tuvieron contenidos más altos de P y Mg que las enmiendas leñosas y herbáceas (Cuadro 1). El contenido de K de *G. sepium* y el contenido de Ca de *C. ensiformis* fueron similares a los contenidos de las enmiendas animales. Las enmiendas elevaron significativamente los niveles de N del suelo (Cuadro 2); los niveles de P extraíbles por el método Olsen fueron significativamente mayores en suelos que recibieron enmiendas animales. Veinte días después de la aplicación de las enmiendas, los niveles de K en el suelo en el tratamiento de *G. sepium* fueron significativamente mayores que en el control, fertilizantes minerales y enmiendas animales, mostrando la alta solubilidad de este elemento. Ninguna enmienda vegetal incrementó significativamente los niveles de Ca en el suelo, aunque *C. ensiformis* mostró niveles más altos que todas las otras enmiendas vegetales. Los

niveles de Mg en el suelo fueron mejorados únicamente por la fertilización mineral y por las enmiendas animales. Lupwayi y Haque (1998) encontraron niveles insignificantes de Ca y P liberado (en cinco semanas) de la biomasa de podas de *Leucaena leucocephala* y *L. pallida*, *Sesbania sesban* y *S. goetzi*.

Cuadro 1. Contenido de nutrientes adicionados en cada tratamiento (kg ha⁻¹) en un invernadero. Turrialba, Costa Rica.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹				
Fertilizante	300	36	207	25	42
Gallinaza	300	461	212	1232	118
Bocashi	300	209	289	1125	113
Estiércol vacuno	300	104	303	238	120
<i>Canavalia</i>	300	18	124	243	39
<i>Mucuna</i>	300	20	98	134	33
<i>Calliandra</i>	300	21	111	117	27
<i>Inga</i>	300	21	99	71	25
<i>Gliricidia</i>	300	23	201	156	32

El crecimiento del maíz fue satisfactorio únicamente con las enmiendas animales, aunque el contenido de N en las plantas fue más alto en las enmiendas vegetales (con la excepción de *I. edulis*, Cuadro 3). Los contenidos de P no presentaron diferencias entre tratamientos; los niveles de K fueron mayores que el control en todos los tratamientos y se mantuvieron encima de los niveles críticos para este elemento. Los niveles de Ca fueron adecuados únicamente con gallinaza, bocashi y en el control. Los bajos niveles de Ca y las lentas tasas de liberación de este elemento hacen inadecuadas a todas las enmiendas evaluadas en este estudio. Especies como *Gmelina arborea* y *C. ensiformis* acumulan Ca, pero la liberación de Ca -el cual se almacena en la pared celular- es probablemente muy baja para favorecer a los cultivos anuales en la época de aplicación de las enmiendas. Los niveles de Mg fueron adecuados en todos los tratamientos.

CONCLUSIONES

En suelos tropicales con baja fertilidad, la liberación de N y P de abonos verdes de leñosas (las que han recibido la mayoría de la atención de los investigadores) no siempre determinan la respuesta de los cultivos. Todos los tratamientos tenían niveles adecuados de N y P, aunque los niveles de N fueron ligeramente menores en *C. calothyrsus* e *I. edulis*, lo cual era de esperarse dadas sus altas relaciones (polifenol + lignina): N (Palm,

Cuadro 2. Contenido de nutrientes en un suelo Humic Andosol a diferentes tiempos después de la aplicación de las enmiendas. Turrialba, Costa Rica

Variables	Tiempo (días)	Tratamientos*									
		Control	Fertilizante	<i>Gliricidia</i>	<i>Inga</i>	<i>Calliandra</i>	<i>Mucuna</i>	<i>Canavalia</i>	Gallinaza	Boca	Estiércol
N (%)	20	0.1 d	0.14 bc	0.14 bc	0.13 bcd	0.14 bc	0.11 cd	0.13 bcd	0.15 bc	0.19 a	0.13 bcd
	40	0.11 c	0.13 bc	0.14 bc	0.11 c	0.13 bc	0.15 bc	0.14 bc	0.3 a	0.27 a	0.18 bc
	60	0.1 c	0.13 bc	0.21 ab	0.12 bc	0.13 bc	0.15 abc	0.16 abc	0.16 abc	0.24 a	0.2 abc
P (mg kg ⁻¹)	20	2.12 c	7.76 c	3.47 c	2.96 c	3.18 c	2.71 c	3.11 c	83.16 a	43.22 b	6.0 c
	40	4.29 c	8.35 c	2.97 c	3.34 c	2.68 c	3.34 c	3.37 c	224.81 a	98.15 b	15.78 c
	60	1.34 b	5.08 b	3.37 b	1.9 b	1.79 b	1.79 b	2.8 b	61.87 ab	100.07 a	15.35 ab
K (Cmol(+) l ⁻¹)	20	0.02 g	0.71 a	0.27 cde	0.08 fg	0.15 efg	0.07 fg	0.14 efg	0.4 bc	0.38 bcd	0.53 b
	40	0.26 abc	0.53 ab	0.31 abc	0.08 c	0.11 bc	0.19 bc	0.3 abc	0.33 abc	0.4 abc	0.7 a
	60	0.05 c	0.57 a	0.56 a	0.12 c	0.1 c	0.16 c	0.39 ab	0.11 c	0.26 bc	0.42 ab
Ca (Cmol(+) l ⁻¹)	20	0.28 c	0.42 c	0.38 c	0.25 c	0.42 c	0.2 c	0.35 c	2.26 b	3.28 a	0.45 c
	40	0.28 c	0.46 c	0.44 c	0.18 c	0.45 c	0.39 c	0.56 c	4.54 a	3.42 b	1.12 c
	60	0.24 b	0.43 b	0.93 b	0.25 b	0.49 b	0.52 b	1.01 b	1.75 b	4.42 a	1.17 b
Mg (Cmol(+) l ⁻¹)	20	0.11 f	1.18 a	0.19 def	0.13 ef	0.21 def	0.11 f	0.16 def	0.72 b	0.56 bc	0.37 cde
	40	0.53 abc	0.99 ab	0.19 bc	0.09 c	0.18 bc	0.23 bc	0.25 bc	1.16 a	0.7 abc	0.9 abc
	60	0.12 c	1.07 a	0.34 bc	0.12 c	0.17 c	0.21 bc	0.32 bc	0.35 bc	0.73 abc	0.85 ab

*Cifras con la misma letra en las hileras no difieren estadísticamente (Tukey p < 0.05)

Cuadro 3. Contenidos de nutrientes (mg kg⁻¹) en la biomasa del maíz a diferentes tiempos después de la aplicación de las enmiendas. Turrialba, Costa Rica.

Nutrientes	Tiempo (días)	Tratamientos*									
		Control	Fertilizante	<i>Gliricidia</i>	<i>Inga</i>	<i>Calliandra</i>	<i>Mucuna</i>	<i>Canavalia</i>	Gallinaza	Boca	Estiércol
Nitrógeno	20	1.56 e	9.77 c	8.11 cd	3.11 de	7.99 cd	4.5 cde	6.17 cde	26.94 a	26.44 a	5.25 cde
	40	1.13 e	10.7 cde	13.49 cd	3.56 de	16.85 bc	8.37 cde	7.93 cde	36 a	27.1 ab	11.69 cde
	60	nd	20.3 bc	15.54 c	5.42 c	22.2 bc	10.49 c	10.88 c	88.15 a	51.61 b	30.29 bc
Fósforo	20	0.57 b	0.51 b	0.58 b	0.55 b	0.59 b	0.58 b	0.55 b	1.76 a	1.96 a	0.74 b
	40	0.33 c	0.44 c	0.51 c	0.31 c	0.59 c	0.34 c	0.49 c	2.55 a	2.3 a	1.48 b
	60	0.07 c	0.74 c	0.49 c	0.26 c	0.58 c	0.3 c	0.32 c	8.64 a	7.37 ab	3.79 bc
Potasio	20	0.5 e	15.47 cd	7.14 cde	1.49 e	5.02 de	1.73 e	4.99 de	59.8 a	55.85 a	19.14 c
	40	0.74 c	16.43 c	13.07 c	2.84 c	12.79 c	6.72 c	8.65 c	73.88 a	54.04 b	43.06 b
	60	0.69 c	29.98 bc	22.26 bc	5.56 c	18.14 c	9.54 c	14.14 c	118.1 a	134.83 a	115.3 ab
Calcio	20	0.18 b	0.22 b	0.46 b	0.37 b	0.52 b	0.34 b	0.68 b	4.73 a	4.17 a	0.53 b
	40	0.35 b	0.37 b	1.18 b	0.45 b	1.82 b	0.78 b	1.03 b	8.83 a	7.44 a	1.65 b
	60	0.27 c	0.81 c	1.41 c	0.98 c	2.07 c	1.42 c	1.41 c	29.38 a	23.7 a	6.88 bc
Magnesio	20	0.31 c	0.73 c	0.48 c	0.4 c	0.56 c	0.42 c	0.53 c	2.65 a	1.53 b	0.59 c
	40	0.31 d	1.45 d	0.76 d	0.36 d	1.55 cd	0.65 d	0.65 d	5.94 a	3.01 bc	1.4 d
	60	0.15 d	3.47 cd	1.16 cd	0.69 cd	1.91 cd	0.99 cd	1.13 cd	21.89 a	12.64 b	5.85 cd

* Cifras con la misma letra en las hileras no difieren estadísticamente (Tukey p < 0.05)

1995) El crecimiento del maíz fue adecuado con la enmienda de estiércol vacuno, a pesar de que los niveles de N en este tratamiento fueron menores que en aquellos con enmiendas vegetales. Debido a los bajos niveles de Ca en el suelo, este fue el nutriente más crítico en este experimento. Las enmiendas animales funcionaron bien, probablemente porque fueron capaces de suplir Ca al cultivo en crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Lupwayi NZ and Haque I (1998) Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from sesbania and leucaena leaves varying in chemical composition Soil Biology and Biochemistry 30: 337-343
- Mafongoya PL, Giller KE and Palm CA (1998) Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter Agroforestry Systems 38: 77-97
- Palm CA (1995) Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements in intercropped plants Agroforestry Systems 30: 105-124

Abonos verdes de leñosas y no leñosas como fuente de nitrógeno a cultivos anuales¹

Juan G. Cobo Borrero², Donald Kass³, Reinhold Muschler³
José Arze³ Edmundo Barrios⁴ Richard Thomas³

Palabras claves: *Canavalia brasiliensis*, *Cratylia argentea*, *Indigofera constricta*, *Mucuna deerengianum*, *Mucuna pruriens*, N-NH₄, N-NO₃, *Oryza sativa*, tasa de descomposición, *Tithonia diversifolia*

WOODY AND NON-WOODY GREEN MANURES AS A SOURCE OF NITROGEN FOR ANNUAL CROPS

RESUMEN

En experimentos de campo e invernadero realizados en Palmira, Colombia, se evaluó la capacidad de especies leñosas y no leñosas para suplir N al arroz (*Oryza sativa*). Las tasas de liberación de N decrecieron según el orden: *Indigofera constricta* > *Mucuna deerengianum* > *Mucuna pruriens* var. Brunin > *Tithonia diversifolia* = *Canavalia brasiliensis* > *M. pruriens* var. Tlalt > *M. pruriens* var. IITA > *Cratylia argentea*. El arroz obtuvo las mayores cantidades de N de *M. deerengianum*, *M. pruriens* var. Brunin, *T. diversifolia* y *C. brasiliensis*. Estos materiales también tenían el contenido de N y digestibilidad *in vitro* más altos y las relaciones lignina/N y (lignina + polifenoles)/N más bajos de todos los abonos verdes evaluados.

SUMMARY

The capacity of woody and non-woody species to supply N to rice (*Oryza sativa*) was evaluated in field and greenhouse experiments in Palmira, Colombia. N liberation rates decreased in the order: *Indigofera constricta* > *Mucuna deerengianum* > *Mucuna pruriens* var. Brunin > *Tithonia diversifolia* = *Canavalia brasiliensis* > *M. pruriens* var. Tlalt > *M. pruriens* var. IITA > *Cratylia argentea*. Rice obtained the greatest quantities of N from *M. deerengianum*, *M. pruriens* var. Brunin, *T. diversifolia* and *C. brasiliensis*. These materials also had the highest *in vitro* digestibility and N content and the lowest lignin/N and (lignin + poliphenol)/N ratios of all the green manures evaluated.

INTRODUCCIÓN

En América Latina, plantas herbáceas y leñosas se han utilizado tradicionalmente como barbechos biológicamente mejorados para restaurar fertilidad y controlar malezas en sistemas de cultivo (Kass y Somarriba, 1999). La selección de las mejores especies para barbechos mejorados toma en cuenta las concentraciones de nutrientes y otros compuestos en los tejidos de estas plantas, ya que estos afectan la tasa de descomposición de la biomasa y la liberación de los nutrientes al suelo (Palm, 1995; Mafangoya *et al.*, 1998). En esta investigación se evaluó, mediante experimentos de campo e invernadero, el potencial de diferentes abonos verdes (leñosos y no leñosos) para liberar nitrógeno al suelo y hacerlo así disponible para un cultivo de arroz (*Oryza sativa*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio en invernadero se llevó a cabo en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira, Colombia (3°30' N, 76°21' O, altitud 965 m). El promedio de temperatura y humedad en el invernadero durante el estudio fue 21°C y 67% respectivamente. Las especies leñosas evaluadas en el estudio fueron: *Tithonia diversifolia* (TIT), *Indigofera constricta* (IND), *Cratylia argentea* (CRA) y *Calliandra calothyrsus* (CALL). Las no leñosas incluyeron: *Canavalia brasiliensis* (CAN), *Mucuna deerengianum* (MDEE), *Mucuna pruriens* var. IITA (MPIT), *M. pruriens* var. Tlalt (MPTL) y *M. pruriens* var. Brunin (MPBR).

Hojas y pecíolos de estas especies se secaron en una estufa a 55°C hasta un peso constante, se cortaron en pe-

¹ Basado en Cobo JG (1998) Abonos verdes como fuente de nutrientes en un agroecosistema tropical de ladera en Colombia. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 87 p. ² MSc. Agricultura Ecológica, CATIE, 1998. ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica. dkass@catie.ac.cr; muschler@catie.ac.cr; jarze@catie.ac.cr; ⁴ CIAT, Palmira, Colombia. e barrios@cgnet.com; r thomas@cgnet.com

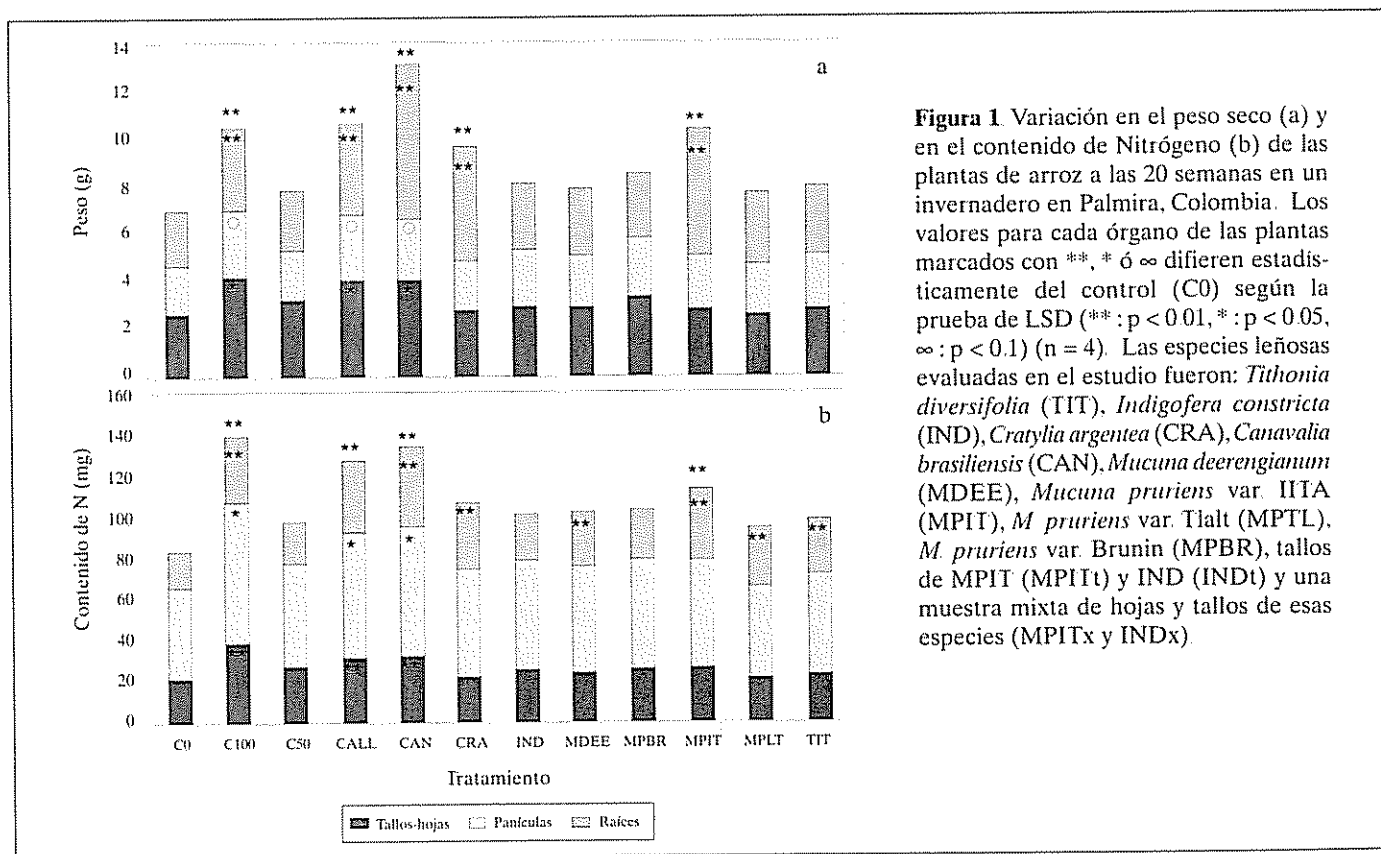
dazos de 1.5 cm y se esparcieron como abono verde en cantidades variables para asegurar 100 kg N ha⁻¹. Se utilizaron macetas que contenían 1.5 kg de suelo (Oxic Dystropept) de la Finca Experimental "El Pescador" (pH 5.1; C orgánico 49.6 mg g⁻¹; N total 3.417 mg g⁻¹; N-NH₄ 12 µg g⁻¹; N-NO₃ 42 µg g⁻¹; Bray P 4.63 µg g⁻¹; Al intercambiable, Ca, Mg y K 1.14, 2.54, 0.86 y 0.63 cmol kg⁻¹; B y Zn 0.31 y 5.06 µg g⁻¹). Se aplicó 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ a todas las macetas. Además de los nueve abonos verdes se establecieron tres testigos que recibieron 0, 50 y 100 kg N ha⁻¹ en forma de urea. Se hicieron cosechas a las 2, 4, 8, 12 y 20 semanas después de siembra; se utilizaron cinco repeticiones por tratamiento y fecha de cosecha (total de 240 macetas). Quince días después de poner la tierra en las macetas y regarlas con agua des-ionizada, se plantó arroz (*Oryza sativa* var. Orizyca Savana 10) a razón de cinco semillas por maceta, con raleo posterior para dejar dos plantas por maceta (2.6 x 10⁶ plantas ha⁻¹). En el momento de la aplicación, todos los abonos verdes fueron analizados para determinar el contenido de C, N, P, K, Ca, Mg, B, Zn, lignina (L), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FAD), N fijado como fibra ácida detergente (NFAD), hemicelulosa y polifenoles. En cada cosecha

se determinó la producción de materia seca y el contenido de N en la biomasa aérea del arroz y se analizó el contenido de N-NH₄ y N-NO₃ en el suelo de cada maceta a 0-4 y 4-10 cm de profundidad.

En el experimento de campo se estudió la descomposición y el contenido de N de los abonos verdes en las primeras 20 semanas. Se utilizaron bolsas de nilón que contenían abonos verdes en una proporción de 3.3 t ha⁻¹. Se estudió la descomposición de las hojas de CAN, TIT, CRA, IND, MDEE, MPIT, MPTL, MPBR, así como los tallos de MPIT (MPITt) y IND (INDt) y una muestra mixta de hojas y tallos de esas especies (MPITx y INDx).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A las 20 semanas, en el experimento de invernadero, los más altos rendimientos se obtuvieron con los tratamientos altos en urea, CAN, CALL y MPIT (Figura 1). Los contenidos de N-NO₃ y N-NH₄ del suelo correlacionaron con el contenido inicial de FAD, FDN, N-FAD, digestibilidad *in vitro* (DIG), y las tasas de C/N, L/N, polyphenol/N y (lignina + polyphenol)/N del material de la planta. El contenido de N de la cosecha (Figura 1) fue correlacionado negativamente con N ini-



cial, FAD, P-orgánico (Po) y las tasas C/N, Po/N y (L+Po)/N, indicando que los materiales de la planta con lentas tasas de mineralización de N promueven mayores captaciones de nutrientes por parte del arroz y, de esta forma, una mayor sincronía entre la mineralización de N y la captación.

En el experimento de campo, a las 20 semanas, la descomposición de la materia seca y la liberación de N siguieron un modelo exponencial negativo. La descomposición de la materia seca siguió el orden: TIT > IND > MPTL > MPBR > CAN = MPIT = MDEE > MPITx > INDx > CRA = MPITt > INDt. La liberación de N siguió el orden: IND > INDx > MDEE > MPBR > TIT = CAN > MPTL > MPIT > INDt > MPITx > CRA > MPITt (Cuadro 1). La descomposición de la materia seca correlacionó con los niveles iniciales de N, K, Mg, lignina (L), FAD, FDN, DIG y con las tasas C/N, L/N y (L+polyphenol)/N de los materiales de la planta. La liberación de N correlacionó con N inicial, L, FAD, FND, DIG y las tasas L/N y (L+polyphenol)/N. La combinación de tallos y hojas cambió la dinámica de descomposición de la materia seca y de la liberación de N.

Cuadro 1. Nitrógeno remanente (% de cantidad inicial) en las diferentes enmiendas a lo largo del tiempo. Palmira, Colombia.

Abonos verdes	Duración de la descomposición (semanas)				
	2	4	8	12	20
CAN	36.2 ef	29.9 def	24.3 cde	21.2 cde	16.8 cde
CRA	46.5 b	36.6 b	30.6 b	30.9 b	27.0 b
IND	31.3 g	24.9 g	18.0 h	16.0 f	10.6 e
MDEE	34.4 fg	28.7 ef	23.7 def	21.5 cde	16.8cd
MPBR	38.5 de	29.9 def	21.4 fg	19.3 def	15.7 d
MPIT	39.8 cde	33.3 c	25.2 cd	21.1 cde	19.8 c
MPTL	40.0 cd	36.6 de	23.0 def	21.3 cde	18.5 cd
TIT	36.6 def	32.3 cd	20.2 gh	22.5 cd	15.6 d
MPITx	43.4 bc	36.6 b	31.5 b	30.2 b	24.3 b
MPITt	55.2 a	54.4 a	46.8 a	45.5 a	47.5 a
INDx	31.8 g	28.0	22.1 efg	17.8 ef	16.6 cd
INDt	38.0 def	30.9 cde	26.5 c	23.3 c	25.1 b

Valores de una columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($p = 0.001$). Las especies leñosas evaluadas en el estudio fueron: *Tithonia diversifolia* (TIT), *Indigofera constricta* (IND), *Cratylia argentea* (CRA), *Canavalia brasiliensis* (CAN), *Mucuna deeringianum* (MDEE), *Mucuna pruriens* var. IITA (MPIT), *M. pruriens* var. Tlalt (MPTL), *M. pruriens* var. Brunin (MPBR), tallos de MPIT (MPITt) y IND (INDt) y una muestra mixta de hojas y tallos de esas especies (MPITx y INDx).



La biomasa de *Tithonia diversifolia* se descompone rápidamente y libera N que puede ser absorbido por el cultivo asociado (Foto: J.P. Mustonen)

CONCLUSIONES

Las características químicas de los abonos verdes juegan un papel importante en la descomposición de la materia seca, en la liberación de N y en la dinámica del N mineralizado. Los abonos verdes pueden ser usados como complementos o como substitutos de los fertilizantes nitrogenados. Sin embargo, es importante sincronizar la liberación de N con la captación por las plantas para así aumentar la eficacia del uso de N y minimizar pérdidas que podrían tener consecuencias ambientales indeseables.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Kass DCL and Somarriba E (1999) Traditional fallow systems of Latin America. *Agroforestry Systems* (in Press)
- Mafongoya PL, Giller KE and Palm CA (1998) Decomposition and nitrogen release: patterns of tree prunings and litter. *Agroforestry Systems* 38: 77-97
- Palm CA (1995) Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry Systems* 30: 105-124

Adopción de prácticas agroforestales en el Municipio de San Juan Opico, El Salvador¹

Everaldo Nascimento de Almeida², Glenn Galloway³,
Dean Current³, Rossana Lok³, Cornelis Prins³

Palabras claves: agroforestería, *Eucalyptus camaldulensis*, incentivos, linderos, taungya

ADOPTION OF AGROFORESTRY PRACTICES IN THE MUNICIPALITY OF SAN JUAN OPICO, EL SALVADOR

RESUMEN

SUMMARY

Se determinaron los factores que incidieron en la adopción, adaptación y en la transferencia de conocimientos de prácticas agroforestales introducidas por proyectos y/o programas de reforestación, en el municipio de San Juan Opico, El Salvador. Los pequeños agricultores adoptaron las prácticas agroforestales principalmente por la necesidad de leña, consumo, venta de madera y por sus beneficios ambientales. Los factores que incidieron en el proceso de adopción fueron: incentivos materiales, asistencia técnica, tenencia de la tierra, tamaño de finca y los beneficios esperados. La principal adaptación identificada fue el cambio del espaciamiento de los árboles plantados en bloques, para permitir la producción de cultivos anuales. El intercambio de conocimiento entre finqueros produjo un incipiente efecto multiplicador. Los insumos estratégicos (bolsas, semillas, plántulas y asistencia técnica) son vitales para mantener el proceso de adopción.

Factors that influence the adoption, adaptation and knowledge sharing (among farmers) of agroforestry practices introduced by reforestation projects and/or programmes, in the municipality of San Juan Opico, El Salvador were determined. Small farmers adopt agroforestry practices principally to meet firewood needs, to generate wood for local consumption/sale and for environmental benefits. Important factors that influence the adoption process were: material incentives, technical assistance, land tenure, farm size and projected benefits. The principal adaptation observed was an increase in tree spacing in block plantations to favor annual crop production. Knowledge sharing has taken place among farmers resulting in an incipient multiplier effect. Strategic inputs, such as seedlings, nursery bags, seeds and technical assistance, were found to be vital to sustain the adoption process.

INTRODUCCIÓN

Varios programas de desarrollo forestal se han implementado en El Salvador con el objetivo de generar productos forestales y reducir la presión sobre los bosques naturales remanentes (Geilfus, 1997; Belaunde y Rivas, 1994). Algunos de estos proyectos promocionaron la siembra de árboles intercalados con cultivos anuales. Un ejemplo de fomento agroforestal sucedió en el municipio de San Juan Opico, donde desde hace seis años, se han llevado a cabo varios esfuerzos, incluyendo los del proyecto MADELEÑA de CATIE, que se implementó en colaboración con el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Este estudio investigó esta experiencia para determinar los factores que han influido en la adopción, adaptación y

la transferencia de prácticas agroforestales entre agricultores en San Juan Opico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se ubica aproximadamente a 13°52' N 89°21' O, altitud 500 m, 24 °C promedio anual, 800 – 1200 mm año⁻¹, con seis meses secos (noviembre – abril) y suelos del orden regosol, regosol aluvia, litosoles y latosoles arcillosos rojos. La investigación se ejecutó en dos fases de campo. En la primera fase, se hizo un recorrido rápido por la mayoría de las fincas en cuatro comunidades que participaron en proyectos agroforestales seleccionando un total de 57 agricultores. Los agricultores fueron divididos en cuatro grupos: 1) agricultores que adoptaron; 2) no adop-

¹ Basado en: Almeida EN de (1998) Análisis de adopción y adaptación campesina de sistemas agroforestales con cultivos anuales en cuatro comunidades del Municipio San Juan de Opico en El Salvador. Tesis Mag. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 98 p. ² MSc. Agroforestería Tropical, CATIE, 1998. ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica. galloway@catie.ac.cr; dcurrent@catie.ac.cr; rlok@catie.ac.cr; prins@catie.ac.cr

taron; 3) adoptaron y adaptaron prácticas agroforestales y 4) aquellos que sembraron árboles sin el apoyo directo de técnicos. En la segunda fase de campo, se emplearon encuestas, entrevistas informales, talleres con agricultores, técnicos y líderes de proyectos, complementando los datos con información de CENTA y del CATIE. Se evaluaron 26 parcelas temporales de *E. camaldulensis* registrando la edad, densidad, dap, altura, supervivencia y luego se calculó el área basal, volumen e incrementos medios anuales (IMA) de las distintas variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron las siguientes prácticas agroforestales en las fincas del municipio:

- Sistema taungya: se estableció en la mayoría de las fincas estudiadas (28 fincas)
- Cerca viva: las cercas vivas de *Gliricidia sepium* representan la práctica agroforestal tradicional más común en el municipio
- Linderos de línea doble
- Cultivo en callejón
- Árboles dispersos en campos agrícolas

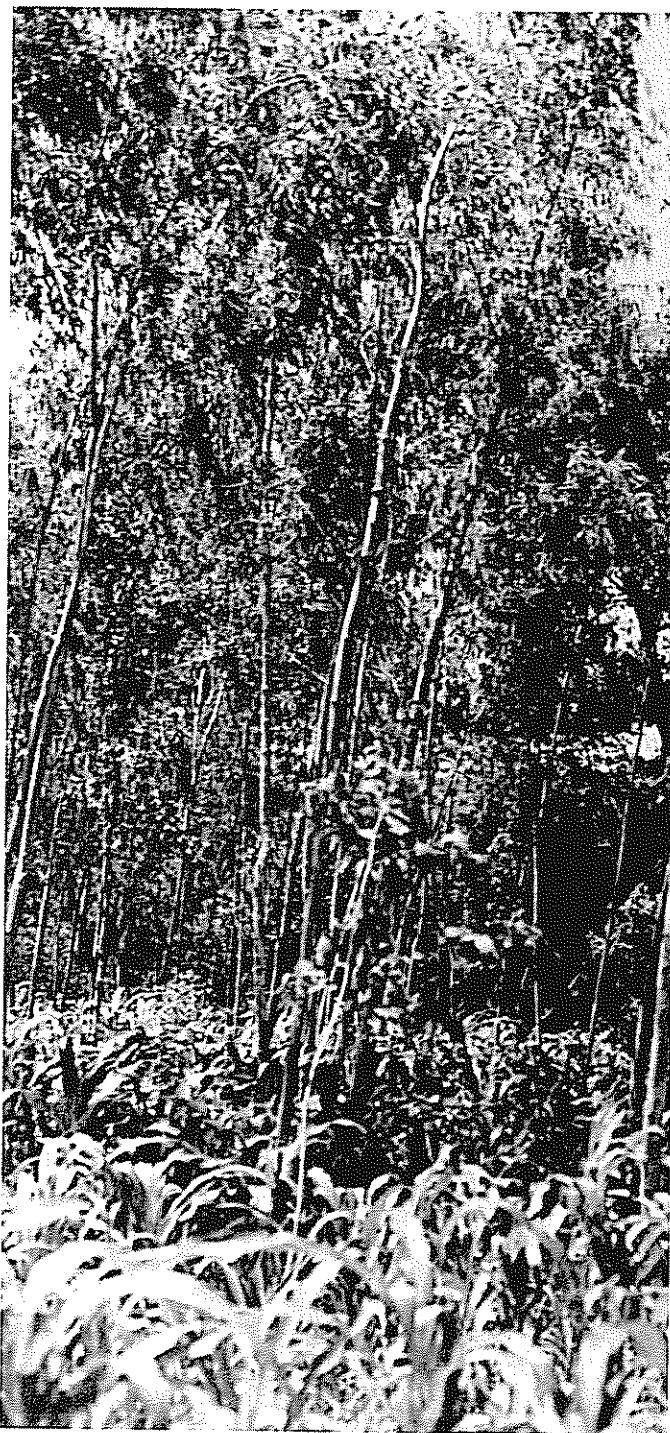
Factores que influyen en la adopción de prácticas agroforestales

Incentivos. Los insumos estratégicos (bolsas de polietileno, semillas o arbolitos, asistencia técnica) fueron incentivos claves para iniciar el proceso de adopción de prácticas agroforestales y, según los técnicos y agricultores, son vitales para sostener el proceso. El bajo ingreso de los agricultores imposibilita la compra de semillas, bolsas o plantas.

Tenencia de la tierra. La promoción de la siembra de arbolitos se dirigió a agricultores que son propietarios de sus terrenos. Ser propietario da seguridad a los agricultores que los productos generados serán para su uso. Los productores arrendatarios no se animaron para plantar porque temen problemas posteriores con los dueños del terreno y dudan tener acceso a los futuros beneficios.

Asistencia técnica. Los técnicos y extensionistas han jugado un papel importante en el proceso de adopción de prácticas agroforestales. El aumento de las parcelas agroforestales se logró gracias a cursos de capacitación, el éxito de viveros comunales y el desarrollo rápido de los árboles en las parcelas

Beneficios de los árboles. Según los agricultores, los árboles les generaron tres beneficios: mejoramiento del medio ambiente, leña y madera. La leña, como recurso energético, es vital en todo el municipio. El aprovechamiento de madera de plantaciones sigue siendo



Los árboles de *Eucalyptus camaldulensis* en campos de maíz fueron muy comunes en el municipio de San Juan Opico, El Salvador

limitado debido a: 1) la edad joven de los árboles (promedio 3,5 años); 2) los agricultores tienden a aprovechar árboles sólo cuando es estrictamente necesario y 3) el interés de los productores en los servicios ambientales ofrecidos por los árboles (protección del suelo, sombra, belleza escénica, etc.).

Tamaño de la finca. Las fincas tenían un promedio de 1,82 ha. Una parte importante del área se destina a hortalizas, yuca y granos básicos, lo que limitó el potencial de sembrar plantaciones forestales en bloque (taungya o bosque). Los linderos y cercas vivas se perfilan como las prácticas más promisorias según los productores.

La ley del medio ambiente. Los agricultores encontraron difícil tramitar permisos para el aprovechamiento de los árboles. La falta de confianza en los procedimientos legales ha limitado el interés de los agricultores en las prácticas agroforestales.

Adaptación de prácticas agroforestales. Se identificaron pocas adaptaciones en las parcelas establecidas. La adaptación más frecuente fue un aumento en el espacio entre árboles para permitir la producción de los cultivos anuales.

Dificultades en el manejo de los sistemas. Gran parte de los agricultores tuvieron problemas con el ataque de zompopo (*Atta* spp) durante el establecimiento de sus plantaciones. Algunos técnicos y agricultores recolectaron semillas de los árboles ya presentes en las fincas, con el objetivo de ampliar las prácticas agroforestales. Sin embargo, el manejo inadecuado de las semillas produjo bajas tasas de germinación.

Efecto multiplicador. Se observó un efecto multiplicador incipiente como resultado de intercambios de experiencias entre agricultores, durante los días de campo y a través de observaciones y contactos directos entre vecinos que implementaron prácticas agroforestales.

Aspectos silviculturales. Por sus usos múltiples, el rápido crecimiento (Cuadro 1) y la resistencia a la sequía, *E. camaldulensis* ha sido la especie que más ha despertado interés de los agricultores. Una parte de los agricultores plantaron árboles en terrenos degradados, ya que dedican sus mejores suelos a la siembra de cultivos

Cuadro 1. Crecimiento y productividad de *Eucalyptus camaldulensis* en sistemas agroforestales. San Juan Opico, El Salvador.

Variable	Promedio	Mínimo	Máximo
Edad (meses)	37.0	35.0	46.0
Dap (cm)	7.4	4.0	12.7
IMA* - dap (cm año ⁻¹)	2.4	1.2	3.3
Altura (m)	8.4	5.3	13.9
IMA - Altura (m año ⁻¹)	2.7	1.7	3.8
Área basal (m ² ha ⁻¹)	6.2	1.8	24.4
Volumen (m ³ ha ⁻¹)	28.3	5.7	160.9
IMA - Vol (m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹)	8.9	1.8	42.0

*Incremento medio anual

anuales. Por eso, los árboles se plantaron en suelo compactado por el pisoteo de ganado y en terrenos pedregosos y de fuertes pendientes, lo que explicó en parte, el bajo desarrollo de los árboles en algunas parcelas.

CONCLUSIONES

Los incentivos, incluyendo la asistencia técnica, fueron vitales en la adopción de prácticas agroforestales en el municipio de San Juan Opico, El Salvador. Los agricultores buscan beneficios que no fueron anticipados por los proyectos, tales como la protección de los suelos y otros servicios ambientales. El valor estético de los árboles fue el beneficio más mencionado por los agricultores. La poca disponibilidad de tierra y la necesidad de sembrar cultivos de auto-consumo limita la plantación de árboles en bloque (taungya, bosquetes). En cambio, lucen promisorios los sistemas en linderos y cercas vivas. Los agricultores ampliaron los espaciamientos entre los árboles para facilitar la producción de los cultivos anuales. Se observó un efecto multiplicador incipiente como resultado de intercambios de experiencias entre productores. La falta de insumos básicos (semillas, arbolitos, asistencia técnica) es la principal barrera para la difusión de prácticas agroforestales en el municipio.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Belaunde E y Rivas C (1994) Respondiendo a necesidad sobre la marcha e induciendo a cambios de políticas: la experiencia del Proyecto Madleña-3 en América Central. CATIE Serie Técnica. Boletín Técnico no 237. Turrialba. Costa Rica 40p.
- Geiffus F (1997) 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. San Salvador, El Salvador, IICA. 208p.

Experiencia de agricultores de Costa Rica con la introducción de árboles maderables en plantaciones de café

Fernanda C. Tavares¹, John Beer², Francisco Jiménez²,
Goetz Schroth³, Carlos Fonseca⁴

Palabras claves: agroforestería, árboles de sombra, conocimiento local, encuesta

COSTA RICAN FARMERS' EXPERIENCE WITH THE INTRODUCTION OF TIMBER TREES IN COFFEE PLANTATIONS

RESUMEN

Los agricultores de Pérez Zeledón, Costa Rica tienen una clara preferencia por *Eucalyptus deglupta*, *Terminalia amazonia* y *T. ivorensis* como maderables para sombra en sus plantaciones de café. *Gmelina arborea* se considera la especie maderable con más desventajas. Sus preferencias se basan principalmente en la facilidad de manejo de los árboles y sus efectos sobre el café. La reforestación con incentivos y con un fuerte enfoque forestal (1111 árboles ha⁻¹) es inapropiado para el café, el componente más importante del sistema agroforestal.

SUMMARY

The farmers of Pérez Zeledón, Costa Rica have a clear preference for *Eucalyptus deglupta*, *Terminalia amazonia* and *T. ivorensis* as timber producing shade trees in their coffee plantations. *Gmelina arborea* was identified as the timber shade tree with most disadvantages. The farmers' preferences are based principally on the ease of management of the trees and their effect on the coffee. Reforestation schemes using incentives, with a strong forestry emphasis (1,111 trees ha⁻¹), are inadequate for coffee plantations, since coffee is the most important component of these agroforestry systems.

INTRODUCCIÓN

Muchos caficultores costarricenses están reemplazando, de manera gradual, la sombra tradicional de árboles leguminosos, los cuales tienen poco o ningún valor comercial, con especies maderables de rápido crecimiento (Galloway y Beer, 1997). Se espera que este cambio elevará los ingresos debido a la producción de madera y que reducirá el riesgo económico que producen las fluctuaciones de los precios del café (*Coffea arabica*). La competencia por luz, agua y nutrientes de algunas de estas especies maderables puede reducir severamente los rendimientos de los cafetos localizados alrededor de los árboles (Morales, 1997; Sánchez, 1994). La documentación del conocimiento y experiencias de los agricultores con especies de sombra tradicionales y no tradicionales, tales como *Erythrina poeppigiana* y *Eucalyptus deglupta*, respectivamente, es importante como una base para el establecimiento de un nuevo

programa de investigación de árboles de sombra para café. Este estudio fue diseñado para obtener información de los agricultores de Pérez Zeledón, Costa Rica, sobre sus experiencias con la introducción y manejo de especies maderables en sus cafetales y es complementario a ensayos formales de especies arbóreas en cafetales que CATIE está promoviendo en diferentes zonas de América Central. Se realizó una evaluación crítica de los sistemas de café con sombra existentes, con el propósito de diseminar rápidamente experiencias favorables, evitar la repetición de errores en cuanto a la selección y manejo de árboles de sombra y definir prioridades de investigación que respondan a las necesidades de los productores.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información se recopiló mediante la aplicación de una encuesta, de julio a noviembre de 1998, a 30 agri-

¹ Fernanda Tavares. Alte Falterstr. 31, 65933 Frankfurt, República Federal de Alemania. Teléfono 004969397677, E-mail: 101.77169@germany.net.de.
² CATIE, Turrialba, Costa Rica, jbeer@catie.ac.cr, fjimenez@catie.ac.cr, ³ Universidad de Hamburgo, c/o Embrapa Amazonia Occidental, C.P. 319, 69011-970 Manaus-AM, Brazil, Fax: (55) 92-622 1100, schroth@internext.com.br, ⁴ ICAFE, Pérez Zeledón, Costa Rica. Fax: (506) 771 71 55, cfonseca@icafe.go.cr

cultores que han plantado maderables en sus cafetales en 10 comunidades de Pérez Zeledón (3853 mm año⁻¹, estación seca de diciembre a marzo, 25.7°C, altitud 300 - 1000 m, suelos Ustoxic Palehumult). A través de entrevistas informales se obtuvo información sobre el área de producción, especies de sombra utilizadas, características de estas especies, razones por las cuales plantan especies maderables y las técnicas-estrategias usadas para controlar los problemas relacionados con especies de sombra específicas. Para las entrevistas se usó una lista de preguntas abiertas y cerradas, previamente preparada y probada, que se complementó con visitas a los cafetales para verificar los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayoría de las fincas tienen un área total de menos de 20 ha; las áreas dedicadas a la producción de café y a la asociación café-árboles maderables fueron menores a 10 y 5 ha, respectivamente (Cuadro 1). Todos los productores encuestados recibieron un incentivo de cerca de US\$200 ha⁻¹ para el establecimiento y manejo de especies maderables en sus cafetales, así como capacitación por parte del personal técnico de las cooperativas sobre cómo plantar y manejar los árboles. Debido al conocimiento limitado sobre densidades óptimas de plantación de los árboles en sistemas agroforestales café-maderables, los técnicos recomendaron densidades demasiado altas para este sistema agroforestal (p.e.

muchos sembraron a 3x3 m cuando el mínimo debe ser 6x6 m; Beer *et al.*, 1998). La mayoría de los agricultores (93%) aplicó fertilizantes a los árboles durante los eventos de fertilización del café, principalmente durante los primeros tres años después del establecimiento. Hubo una alta variabilidad en la cantidad y fuentes de fertilizantes utilizadas. Después del primer año, todos los productores podaron las ramas más bajas de los árboles para permitir más entrada de luz al café.

Cuadro 1. Distribución de frecuencias de las fincas por clase de tamaño. Pérez Zeledón, Costa Rica

Clases de tamaño (ha)	Area total	Area con café	Area de asociación café-maderables
<5	11	19	29
5-10	10	8	1
11-20	5	2	0
>20	4	1	0
Total	30	30	30

Las especies maderables más frecuentemente encontradas en los cafetales fueron *E. deglupta*, *Terminalia ivorensis* y *T. amazonia*, establecidas mediante plantaciones. Algunas nativas, principalmente *Aspidosperma megalocarpon*, *Lafoensia puniceifolia* y *Ocotea tonduzii*, se establecieron por regeneración natural (Cuadro 2).



Por su fácil manejo *Eucalyptus deglupta* fue seleccionado como sombra de café por los productores de San Isidro del General, Costa Rica (Foto: L. Meléndez).

La especie más frecuentemente plantada fue *E. deglupta*, la cual fue escogida, según los agricultores, debido a su rápido crecimiento, densidad de sombra adecuada para el café, poco crecimiento lateral de la copa y hojas pequeñas (Cuadro 3). Sin embargo, algunos productores indicaron que esta especie es susceptible al daño por el viento, tiene un sistema radicular muy superficial que dificulta la resiembra de café y es atacado por las termitas cuando alcanza diámetros más grandes. Para *Terminalia* spp., los agricultores mencionan como desventajas que producen sombra densa, necesitan podas al inicio del crecimiento, tienen copas que crecen mucho lateralmente y son susceptibles al daño por el viento (*T. ivorensis*). *Gmelina arborea*, a pesar de que fue plantada por seis productores, fue considerado como un árbol indeseable para la asociación con café, debido a que la alta densidad de su copa limita la transmisión de radiación solar e incrementa el impacto de la lluvia por efecto de la coalescencia de gotas sobre hojas grandes, lo cual afecta tanto al suelo (provoca desprendimiento de partículas del suelo y consecuentemente erosión laminar) como a las plantas de cafeto debido a la caída de flores y frutos e incremento en la incidencia de enfermedades del café, tales como chasparria (*Cercospora coffeicola*) y ojo de gallo (*Mycena citricolor*). Se encontró alguna controversia en la opinión de los productores con respecto al efecto de la introducción de especies maderables en los cafetales, so-

bre la incidencia de enfermedades en el café. Por ejemplo, un agricultor indicó que *T. ivorensis* favorece la incidencia de *M. citricolor* y *C. coffeicola*; mientras otros no han observado ningún efecto. Estas diferencias de opinión pueden deberse a las cantidades de fungicidas que cada productor aplica al café.

La mayoría de los agricultores (73%) esperaban vender la madera o utilizarla para consumo local (en su finca). El 43% de los agricultores dijeron estar dispuestos a continuar plantando árboles maderables en sus cafetales, principalmente eucalipto, pero no *G. arborea*. El 33% de los agricultores conocían que el mercado para la madera de *E. deglupta* está pobremente desarrollado. Sin embargo, opinaron que *Pinus* spp., *T. ivorensis*, *T. amazonia*, *C. odorata*, *G. arborea* y *S. parahybum* son fácilmente comercializables. Entre estas especies, se considera que la madera de *E. deglupta* es la de más baja calidad. Solamente 17% de los agricultores conocían los precios de la madera. La mitad de los agricultores encuestados no tenían una idea clara de cómo manejar los árboles a largo plazo, lo que evidencia la necesidad de un programa continuo de capacitación de finqueros. La mayoría de ellos cambiaría el enfoque forestal del programa de incentivos (1111 árboles ha⁻¹) a un enfoque agroforestal (café-especies maderables) con una densidad de plantación no mayor de 200 árboles ha⁻¹.

Cuadro 2. Especies maderables encontradas en las plantaciones de café. Pérez Zeledón, Costa Rica.

Nombre científico	Nombre común	Número de fincas	Método de establecimiento	Localización en la plantación
<i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto	23	Plantación	Dentro y bordes o linderos
<i>Terminalia ivorensis</i>	Terminalia	13	Plantación	Dentro y bordes o linderos
<i>Terminalia amazonia</i>	Amarillón	19	Plantación	Dentro y bordes o linderos
<i>Gmelina arborea</i>	Gmelina	6	Plantación	Dentro y bordes o linderos
<i>Pinus</i> spp.	Pino	6	Plantación	Dentro y bordes o linderos
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	6	Plantación	Dentro y bordes o linderos
<i>Meliosma</i> sp.	María	6	Plantación	Dentro
<i>Schizolobium parahybum</i>	Gallinazo	4	Plantación	Dentro
<i>Bombacopsis quinata</i>	Pochote	2	Plantación	Dentro
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	Manglillo	6	Regeneración natural	Dentro
<i>Ocotea tonduzii</i>	Ira	5	Regeneración natural	Dentro
<i>Lafoensia punicifolia</i>	Cascarillo	4	Regeneración natural	Dentro
<i>Astronium graveolens</i>	Ron Ron	2	Regeneración natural	Dentro
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	2	Regeneración natural	Dentro

Cuadro 3. Opciones de finqueros sobre las características de las principales especies maderables plantadas en cafetales. Pérez Zeledón, Costa Rica.

Característica del árbol	<i>Eucalyptus deglupta</i>	<i>Terminalia amazonia</i>	<i>Terminalia ivorensis</i>	<i>Gmelina arborea</i>
Crecimiento	Rápido (17)*	Lento (1), Rápido (1)	Rápido (3)	-
Densidad de sombra	Adecuada (13)	Excesiva (6)	Excesiva (4)	Muy densa (5)
Provoca enfermedades de café	No (3)	No (2)	No (2)	Sí (3)
Competencia por agua y nutrientes	Por nutrientes luego de 8 años (2)	Por nutrientes (1)	Nutrientes (1) Agua (1)	Nutrientes (1) Por agua (3)
Daño por goteo	No (5)	No (3)	No (1)	Sí (4)
Costo en mano de obra	No (poda natural) (1)	Sí (poda) (3)	Sí (poda) (3)	-
Resistencia al viento	Baja (4)	Sí (2)	No (4)	A veces frágil (1)
Crecimiento de la copa	Poca extensión lateral (6)	Bastante extensión lateral y vertical (3)	Bastante extensión lateral (1)	-
Pierde las hojas (caducifolia)	Parcial en verano (1)	Total en verano (1)	-	-
Reduce la erosión	-	No (1)	Sí (1)	No (1)
Susceptibilidad a plagas y enfermedades	Baja; más alta después de 10 años (5)	Alta: especialmente después de 20 años (1)	Baja (3)	-
Raíces	Muchas (superficiales) (4)	Muchas (3)	Muchas (2)	-

* Número de agricultores que mencionaron esa característica.

-: No hubo opiniones sobre esa característica.

CONCLUSIONES

Los agricultores tuvieron una clara preferencia por *E. deglupta* y *Terminalia* spp. como árboles maderable para sombra en sus cafetales. Muchas de sus razones obedecen más a la facilidad de manejo del café cuando utilizan esas especies, que al valor económico potencial de la madera. La reforestación con un fuerte enfoque forestal (1111 árboles ha⁻¹), producto de la utilización de los incentivos, es excesivo para el café, el componente más importante del sistema agroforestal. Se recomienda adoptar un enfoque agroforestal con bajas densidades (200 árboles ha⁻¹) e involucrar a los productores en el diseño e implementación del programa.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Beer J, Muschler R, Kass D and Somarriba E (1998) Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164
- Galloway G y Beer J (1997) Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico No 285. CATIE, Turrialba, Costa Rica pp 103-126
- Morales E (1997) Arquitectura y distribución espacial de raíces de *Eucalyptus deglupta* dentro de un sistema agroforestal simultáneo con *Coffea arabica* Tesis Mag Sc CATIE, Turrialba, Costa Rica 123 p
- Sanchez SA (1994) Crecimiento de *Eucalyptus deglupta* y *E. grandis* bajo tres sistemas de plantación a nivel de finca, en la zona de Turrialba, Costa Rica Tesis Mag Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 95 p

Incentivos financieros para establecer y manejar árboles maderables en cafetales¹

Carlos J. Viera², Edgar Köpsell³, John Beer³,
Rossana Lok³, Gustavo Calvo³

Palabras claves: *Coffea arabica*, Costa Rica, crecimiento, *Eucalyptus saligna*, productividad, reforestación, silvicultura, sistemas agroforestales

RESUMEN

El estudio se basó en entrevistas a los productores y mediciones de crecimiento de los árboles sembrados en 29 fincas cafetaleras de Grecia, Costa Rica. La limitación más importante que se encontró fue la densidad de siembra inadecuada de los árboles de los productores que recibieron incentivos; la densidad recomendada a estos finqueros (1111 árboles ha⁻¹) es apropiada para plantaciones forestales puras, pero es excesiva para la producción de café. Como consecuencia de esa recomendación incorrecta de siembra, el crecimiento de los árboles fue mejor en las fincas de agricultores que no recibieron incentivos para reforestación y por lo tanto pudieron escoger densidades de los árboles mucho más bajas.

FINANCIAL INCENTIVES FOR THE ESTABLISHMENT AND MANAGEMENT OF TIMBER TREES IN COFFEE PLANTATIONS

SUMMARY

This study included a survey of farmers and growth measurements of trees planted in 29 coffee farms in Grecia, Costa Rica. The most important limitation found was the inadequate initial tree planting density used by farmers who received incentives; the density recommended to these farmers (1111 trees ha⁻¹) is appropriate for pure forestry plantations, but excessive for coffee production. As a consequence of this incorrect planting recommendation, tree growth was better on the farms where reforestation incentives were not used and hence where the farmer was able to choose much lower tree densities.

INTRODUCCIÓN

La política de reforestación en Costa Rica ha seguido dos objetivos: la recuperación de tierras de vocación forestal que se encuentran en otros usos y la producción de madera a niveles comerciales para abastecer la demanda interna. Para esto se estableció en 1980 el programa de incentivos a la reforestación. Diecinueve años después de empezar este programa, se han establecido 152000 ha (8000 ha año⁻¹), de las cuales 15000 ha se plantaron en la modalidad de sistemas agroforestales (Godoy, 1997; Fundación Neotrópica, 1991; Wyeth, 1994). En este estudio se evaluó la importancia de los incentivos forestales en la adopción del sistema agroforestal café-maderables y en el desempeño silvicultural de las plantaciones agroforestales implementadas con o sin incentivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el cantón de Grecia, Alajuela, Costa Rica (10°05'39" N y 84°12'48" O, altitud 700 - 1600 m, 2500 - 3000 mm año⁻¹). Los suelos son derivados de cenizas y arenas volcánicas, son profundos y fértiles, con excelentes características físicas. La información se recolectó mediante la aplicación de un cuestionario y la medición de parcelas temporales en 29 fincas donde se había introducido árboles maderables en café, ya sea utilizando incentivos (21 finqueros) o con fondos propios (8 finqueros). Ellos representaron el 10% de los productores de café en la región. Todas las fincas seleccionadas contaban con > 0.5 ha en bloque o >38 árboles en línea de árboles maderables de más de un año de edad. Se registró la edad de los árboles, sobrevivencia, altura total y diámetro del tallo a la altura

¹ Basado en Viera, C J (1998). Evaluación de los incentivos forestales en el establecimiento y manejo de árboles maderables en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Grecia, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 91 p. ² MSc Agroforestería Tropical, CATIE, 1998. ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica: ekopsell@catie.ac.cr; jbeer@catie.ac.cr; rlok@catie.ac.cr; gcalvo@catie.ac.cr, tel: (506) 556 6438, 556-1789.

de pecho. Se calcularon promedios por parcelas y se estimó el índice de sitio (IS) para *Eucalyptus saligna* y *E. deglupta* utilizando modelos desarrollados en Turrialba (Hughell, 1991) y en la región Huertar Norte de Costa Rica (Chavarría, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El café representa el 75% del área total de las fincas de productores que han utilizado incentivos forestales y el área con café-maderable corresponde al 78% del área total cultivada con café. En tan solo dos fincas, la asociación café-maderable representó <50% del área con cultivo de café, ya que estos productores solamente solicitaron incentivos para reforestar una hectárea. Productores que no utilizaron incentivos tienen fincas con 81% del área dedicada a café, pero solo el 19% se plantó en asocio con maderables (29% si excluimos una finca grande atípica).

Un 52% de los productores con incentivos plantó *E. saligna*; el 48% restante plantó *E. deglupta*. Un 74% de los productores sin incentivos plantó *E. saligna*, 13% plantó *Cedrela odorata* y 13% plantó *Cupressus lusitana*. Parece que el *E. deglupta* fue promovido por

el programa de incentivos pero no fue escogido por finqueros sin incentivos. La edad de las plantaciones sin incentivos varió entre 19 - 56 meses (promedio 33 meses); en plantaciones con incentivos la edad varió entre 21-82 meses (promedio de 53 meses). Esta diferencia de edades sugiere que los productores sin incentivos plantaron sus árboles después de observar las plantaciones establecidas con incentivos por los finqueros vecinos.

No se detectaron diferencias significativas en la sobrevivencia de los árboles en plantaciones con y sin incentivos (70% versus 64%, respectivamente). La baja sobrevivencia en algunas parcelas fue causada por zompopos (*Atta* sp. y *Agromyrmex* sp.) durante los primeros dos años de edad de la plantación. La sobrevivencia promedio de *E. saligna* fue del 65% y del 74% para *E. deglupta*, semejante a lo encontrado en Turrialba (Montenegro et al., 1997). El crecimiento de *E. saligna* fue mayor en plantaciones establecidas sin incentivos (Cuadro 1). Sin embargo, debido a las mayores densidades en las poblaciones establecidas con incentivos (Cuadro 2), el incremento volumétrico por hectárea (no así el incremento por árbol) fue mayor en

Cuadro 1. Crecimiento de *Eucalyptus saligna* establecido con y sin incentivos en cafetales. Grecia, Costa Rica.

	Sistema agroforestal					
	Con incentivos			Sin incentivos		
	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo
Edad (meses)	21	53	82	19	33	56
IMA diámetro* (cm año ⁻¹)	1,7	4,0	5,7	4,4	5,5	6,7
IMA altura (m año ⁻¹)	1,2	3,1	4,4	3,5	4,0	4,9
IMA volumen (m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹)	2,7	14,1	26,8	1,0	7,6	26,7
Altura media (m)**	9,9	14,4	20,0	13,1	18,5	22,0

*IMA = Incremento medio anual; ** A los 60 meses de edad

Cuadro 2. Densidad inicial y actual de árboles maderables en cafetales. Grecia, Costa Rica.

Tipo de productor	Sistema agroforestal					
	Plantaciones lineales (árboles km ⁻¹)			Plantaciones en bloques (árboles ha ⁻¹)		
	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo
Con incentivo:						
Inicial	496	705	1434	151	1262	2584
Actual	208	388	583	177	917	2540
Sin incentivo:						
Inicial	125	293	502	156	174	192
Actual	108	166	271	101	123	144



Un alto porcentaje de los productores que recibieron incentivos para la reforestación utilizaron *Eucalyptus* sp en sus cafetales (Foto: J.C. Camargo)

plantaciones con incentivos. No se detectaron diferencias en los índices de sitio, indicando similares condiciones de manejo de los cafetales en fincas con y sin incentivos

El principal objetivo de los productores que plantaron árboles sin incentivos fue la producción de madera (75%): los productores con incentivos mencionaron varios objetivos (postes, protección del suelo y del cultivo, valor escénico) y no solo producción de madera. Todos los finqueros que plantaron sin incentivos tienen interés en ampliar sus reforestaciones, mientras que solo el 57% de los que utilizaron incentivos tienen intención de reforestar nuevamente.

CONCLUSIONES

Los productores de café en la zona de estudio tienen una actitud positiva hacia el uso de incentivos para introducir árboles maderables en sus cafetales. Los productores son optimistas sobre los beneficios potenciales (especialmente madera) y porque la diversificación que eso conlleva reduce el riesgo financiero asociado a la variabilidad de los precios del café. La limitación más importante detectada en este estudio es la incorrecta densidad de plantación recomendada (1111 ár-

boles ha⁻¹) a los finqueros que entraron al programa de incentivos. Estas densidades iniciales son apropiadas para plantaciones forestales puras con estas especies, pero son excesivas para la producción de café. Los finqueros dan la prioridad al café y no a la madera. Como consecuencia de esta incorrecta recomendación, el crecimiento de los árboles fue mejor en fincas sin incentivos, donde las densidades utilizadas fueron considerablemente menores que las recomendadas en el programa de incentivos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Chavarría MI (1996) Clasificación preliminar de calidades de sitio y factores asociados con el crecimiento del *Eucalyptus deglupta* Blume para la Región Huertar Norte, Costa Rica. Tesis Mag Sc Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional 88 p.
- Godoy JC (1997) Evaluación económica de los incentivos a la reforestación otorgados por el Gobierno de Costa Rica. Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica. CATIE 94 p.
- Hughell DA (1991) Lineamientos para el desarrollo de modelos para la predicción de crecimiento y rendimientos de árboles de uso múltiple. Turrialba, Costa Rica, CATIE 131 p.
- Montenegro J, Ramírez G y Blanco-Metzler H (1997) Evaluación del establecimiento y crecimiento inicial de seis especies maderables asociadas con café. *Agroforestería en las Américas* 4(13):14-20
- Fundación Neotrópica (1991) Análisis de los incentivos y desincentivos para la reforestación y el manejo del bosque natural en Costa Rica. San José. Costa Rica. Centro de Estudios Ambientales y Políticas. 131 p.
- Wyeth J (1994) Reforestation incentives in Costa Rica. Afforestation of cattle farms project in the Central Pacific region of Costa Rica. San José. Costa Rica. ODA/MAG/MIRENEN 25 p.

Productividad, mano de obra y costos variables en fincas cafetaleras orgánicas y convencionales de Costa Rica

Anja E. Lyngbæk¹, Reinhold G. Muschler², Fergus L. Sinclair³

Palabras claves: precio premio, rendimiento de café, percepciones de finqueros

RESUMEN

La producción de café fue 23% menor en fincas orgánicas que en convencionales (1.17 vs 1.53 kg planta⁻¹ año⁻¹, respectivamente), mientras que los costos fueron ligeramente mayores (412000 vs 393000 colones ha⁻¹ año⁻¹). La fertilización orgánica es el rubro de costos más importante en fincas orgánicas, mientras que el control de malezas lo fue en fincas convencionales. En Costa Rica, el reducido número de plantas certificadas obliga a vender café orgánico a precio de café convencional o resulta en pequeños sobre-precios debido a condiciones monopolísticas de procesamiento. El mercadeo para controlar la inestabilidad de precios del café (convencionales) y mejoras en el manejo de la fertilización y prevención de plagas y malezas (orgánicos) son prioridades de investigación para los productores.

PRODUCTIVITY, LABOR INPUT AND VARIABLE COSTS OF ORGANIC AND CONVENTIONAL COSTA RICAN COFFEE FARMS

SUMMARY

Coffee production was 23% less on organic farms compared to conventional farms (1.17 vs. 1.53 kg plant⁻¹ yr⁻¹, respectively) while costs were slightly higher (412 000 vs 393 000 colones ha⁻¹ yr⁻¹, respectively). Fertilization was the most costly activity on organic farms while on conventional farms it was weed control. In Costa Rica, producers are obliged to sell organic coffee at conventional prices, or with a minimal premium, due to coffee processing monopolies sustained by a limited number of certified mills. The farmer's research priorities are: methods to control unstable coffee market prices (conventional farms); and improvements in fertilization, pest and weed control (organic farms).

INTRODUCCIÓN

La sustitución de sistemas cafetaleros tradicionales diversos por sistemas cafetaleros de monocultivo o con sombra especializada de una o dos especies (Perfecto *et al.*, 1996; Rice y Ward, 1995, Beer *et al.*, 1998), dependientes de agroquímicos y combustibles fósiles, está ligada a la pérdida de la biodiversidad, degradación del suelo, contaminación ambiental, problemas de salud (Rice, 1991; Boyce *et al.*, 1994) y riesgo económico, en particular para pequeños y medianos productores, debido a una combinación de altos costos de producción y precios internacionales de café bajos e inestables.

La producción orgánica, basada en los principios de diversidad, reciclaje, procesos biológicos e imitación de hábitats naturales (IFOAM, 1996; Figueroa-Zevallos *et*

al., 1996) puede eliminar los problemas ambientales y de salud asociados con los sistemas convencionales intensivos. El incremento en la demanda de productos orgánicos a nivel mundial, sugiere que la producción orgánica de café puede ser un éxito económico. Este artículo presenta un análisis comparativo de la productividad cafetalera, el uso de mano de obra y los costos variables de la producción orgánica y convencional de café. Resume, además, las limitaciones, prioridades y necesidades de investigación según la percepción de los productores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se compararon diez fincas cafetaleras orgánicas con diez fincas convencionales vecinas (0.3-7.0 ha) en siete diferentes zonas cafetaleras (600 – 1700 m altitud) de

¹ Estudiante de Maestría, Escuela de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad de Gales, Bangor, GB, anjalyn@catie.ac.cr; ² CATIE-GTZ, CATIE, Turrialba, Costa Rica, muschler@catie.ac.cr; ³ Universidad de Gales, Bangor, GB flsinclair@bangor.ac.uk

Costa Rica (Acosta, Aserri, Buenos Aires, Naranjo, Paraiso, Puriscal y San Ramón). Los datos presentados están basados en visitas a las fincas y entrevistas con los productores. Los criterios para la selección de las fincas orgánicas fueron: a) por lo menos dos años bajo manejo orgánico; b) manejo activo, más que pasivo y c) que la mayoría de las plantas de café estuvieran en producción. Los criterios b y c también se aplicaron a la selección de fincas convencionales. Debido a que la densidad de las plantas en algunos casos fue diferente entre las fincas convencionales y orgánicas, los rendimientos (1995-98) fueron comparados por hectárea y por planta.

RESULTADOS

Productividad. La producción de café (por hectárea y por planta) fue, en promedio, 23% menor en el grupo orgánico que en el grupo convencional (Cuadro 1). Los rendimientos de café variaron ampliamente entre años en ambos tipos de sistemas. Esta variación parece depender del patrón de producción bienal de café (Cuadro 1). La mitad de las fincas orgánicas produjeron más café que las convencionales; la variabilidad de la producción fue mayor en fincas orgánicas que en las convencionales.

Uso de mano de obra. El manejo orgánico demandó 40% más de mano de obra que el manejo convencional (1997-98; sin considerar mano de obra para la cosecha). La fertilización orgánica, incluyendo la recolección, procesamiento y aplicación del abono, es responsable de esta diferencia. El control de malezas fue la labor que más demandó mano de obra en el manejo convencional; ocupó el segundo lugar de importancia en las fincas con manejo orgánico. La poda del café ocupó el segundo lugar en cuanto a demanda de mano de obra en el manejo convencional y tercero en el manejo or-

gánico. Debido a que la mayoría de las fincas dependen casi totalmente de la mano de obra familiar, la mano de obra adicional necesaria para el proceso de fertilización en las fincas orgánicas reduce el tiempo disponible para poda y otras actividades de manejo, factores que posiblemente contribuyeron a la disminución en los rendimientos de café.

Costos variables. La mano de obra fue el rubro de costos predominante en ambos tipos de manejo, pero fue proporcionalmente mayor en el manejo orgánico que en el convencional (Figura 1). Sin embargo, los costos de agroquímicos en fincas convencionales hizo que los costos variables totales fueran, en promedio, ligeramente mayores en el grupo orgánico (412 000 colones ha⁻¹ año⁻¹; 1 US\$ = 280 colones, mayo 1999) que en el grupo convencional (393 000 colones ha⁻¹ año⁻¹).

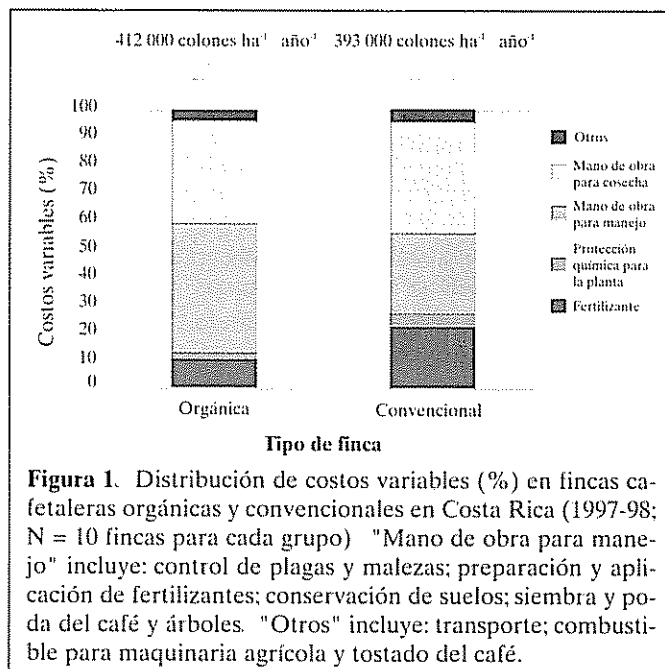


Figura 1. Distribución de costos variables (%) en fincas cafetaleras orgánicas y convencionales en Costa Rica (1997-98; N = 10 fincas para cada grupo). "Mano de obra para manejo" incluye: control de plagas y malezas; preparación y aplicación de fertilizantes; conservación de suelos; siembra y poda del café y árboles. "Otros" incluye: transporte; combustible para maquinaria agrícola y tostado del café.

Cuadro 1. Rendimiento promedio de café (± desviación estándar) en fincas orgánicas (O) y convencionales (C). Costa Rica (N = 10 fincas para cada grupo).

Período	fanega ha ⁻¹ año ⁻¹			kg planta ⁻¹ año ⁻¹		
	O	C	O/C (%)	O	C	O/C (%)
1995-96	26.8	30.4	90	1.37	1.61	95
1996-97	17.9	29.0	62	0.85	1.48	57
1997-98	26.0	32.2	81	1.30	1.50	87
promedio	23.6 ± 4.9	30.5 ± 1.6	77	1.17±0.40	1.53±0.10	77

* 1 fanega = 258 kg de cerezas de café @ 1 quintal = 46 kg de café oro

Limitaciones, objetivos y prioridades de investigación según el productor. Los precios bajos e inestables fueron las principales limitantes para ambos tipos de productores. La falta de plantas certificadas procesadoras de café orgánico tuvo sus consecuencias: 1) forzó a algunos productores a vender su café como convencional, perdiendo así el beneficio de mejores precios del café orgánico y 2) produjo una situación monopolista que provocó una oferta de precios premio bajos para el café orgánico. En fincas orgánicas, la falta de abundantes materiales orgánicos para la fertilización es una limitación importante.

Ambos grupos de productores tuvieron como objetivo incrementar la producción de la finca. Sin embargo, mientras que los convencionales buscaron incrementar la producción intensificando el manejo del café, los orgánicos pretendieron diversificar y aumentar la producción de toda la finca y no solo del café (nuevos productos, ciclaje de nutrientes, conservación de suelos y sombra). Otra prioridad para estos productores fue el procesamiento orgánico en finca y la búsqueda de mercados alternativos para el café, como un medio para incrementar el ingreso neto. Los temas de investigación sugeridos por los productores convencionales se centraron en la búsqueda de mercados alternativos y el control de los precios bajos e inestables. En contraste, el manejo de nutrientes, la prevención y el control de plagas y malezas fueron los temas que, según los productores orgánicos, ameritan mayor investigación.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Más sombra, la presencia de numerosos árboles, menores niveles de insumos orgánicos y poda deficiente (cafetos y árboles) fueron las causas de la menor produc-



La mano de obra ocupada en la recolección de café en fincas orgánicas ocupó el segundo lugar de los costos variables (Foto: R. Muschler)

ción de café en el grupo orgánico. Debido a que los costos variables totales fueron similares para ambos grupos, los productores orgánicos requieren en promedio de por lo menos 23% de precio premio para compensar las disminuciones en los rendimientos, más un premio adicional para cubrir los costos de certificación. Este nivel de premio sólo fue logrado por tres de las diez fincas orgánicas, dos de las cuales procesaron y mercadearon su propio café, mientras que la tercera tuvo rendimientos mayores que su contraparte convencional. Se desconoce el aporte de los árboles de sombra al ingreso de la finca, como compensación de la reducción en rendimientos de café. Las limitaciones, objetivos y necesidades de investigación expresadas por los productores orgánicos sugieren que la productividad de la finca y el

desarrollo del sistema de acuerdo con principios orgánicos están restringidos, primeramente, por falta de mano de obra y recursos financieros y en segundo lugar, por falta de información acerca de la ecología de los sistemas orgánicos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Beer J, Muschler R, Kass D and Somarriba E (1998) Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38: 139-164
- Boyce JK, Fernández A, Fürst E y Bonilla OS (1994) *Café y Desarrollo Sostenible: del Cultivo Agroquímico a la Producción Orgánica en Costa Rica*. Universidad Nacional. San José. Costa Rica, 248 p.
- Figueroa-Zevallos R, Hömberg BF y Roskamp-Ripken R (1996) *Guía para la Caficultura Ecológica - Café Orgánico*. Novella Publigráf S.R.L. Lima. Peru, 167 p.
- IFOAM (1996) *Basic Standards for Organic Agriculture and Processing, and Guidelines for Coffee, Cocoa and Tea: Evaluation of Inputs*. International Federation of Organic Movements. Tholey-Theley, Germany, 44 p.
- Perfecto I, Rice RA, Greenberg R and Van der Voort ME (1996) Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *Bioscience* 46 (48): 598-608
- Rice R (1991) Observaciones sobre la transición en el sector cafetalero en Centroamérica. *Agroecología Neotropical* 2: 1-6
- Rice RA and Ward JR (1996) *Coffee, Conservation and Commerce in the Western Hemisphere*. Smithsonian Migratory Bird Center and Natural Resources Defense Council Washington D C and New York, USA, 37 p

Turnos óptimos de renovación de cafetales con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*) y a pleno sol¹

Dimas Manuel López², Eduardo Somarriba³, Octavio Ramírez⁴

Palabras claves: agroforestería, *Coffea arabica*, modelos econométricos, sistemas de poda de café

OPTIMAL RENEWAL CYCLE OF COFFEE PLANTATIONS WITH AND WITHOUT SHADE FROM PORÓ (*Erythrina poeppigiana*)

RESUMEN

SUMMARY

Con datos de encuestas de 20 fincas se modeló la producción y los retornos financieros de la renovación multiperiódica de café, con y sin sombra (*Erythrina poeppigiana*) y con diferentes sistemas de poda de café en Turrialba, Costa Rica. Los turnos óptimos de renovación no presentaron diferencias entre café al sol y café con *E. poeppigiana*, pero fue afectada por la elección del sistema de poda de café 10 años para poda en bloques vs 11-12 para poda por hilera. Bajo las condiciones de este estudio, la rentabilidad es mayor en cafetales a pleno sol.

The production and financial returns from multi-period renewal of coffee in Turrialba, Costa Rica, managed with different coffee pruning systems with and without shade trees (*Erythrina poeppigiana*), was modelled using data from a survey of 20 farms. The optimal financial renewal cycle did not differ between unshaded coffee and coffee shaded by *E. poeppigiana*, but it was affected by the choice of coffee pruning system (10 years for block pruning vs. 11-12 years for row pruning). Under the conditions of this study, unshaded coffee gave the greatest profit.

INTRODUCCIÓN

Los cafetales con sombra pueden ser más longevos que cafetales a pleno sol (Beer, 1987). Sin embargo, con café a pleno sol se pueden obtener altos rendimientos si se utilizan variedades adecuadas, altas poblaciones de plantas, un sistema intensivo de poda, control químico de plagas y enfermedades y fuertes dosis de fertilizantes (Galloway y Beer, 1997; Hernández, 1995). En este trabajo se estiman turnos financieros óptimos de renovación de plantaciones de café con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*) y café a pleno sol, bajo dos sistemas de poda.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron 20 fincas cafetaleras en Turrialba, Costa Rica. Los costos de producción están basados en Rojas (1998) y los precios en Sosa (1997). Los datos de producción se modelaron con regresión multivariada, ajustando por heteroscedasticidad y autocorrelación. Los cuatro sistemas de cultivo modelados fueron: 1) café

con sombra de poró, poda por surcos en ciclo de 3 años (S1); 2) café a pleno sol, poda por surcos en ciclo de 3 años (S2); 3) café con sombra de poró, poda por lotes en ciclo de 5 años (S3) y 4) café a pleno sol, poda por lotes en ciclo de 5 años (S4). Los sistemas de poda influyen en los rendimientos del café y en los ingresos (Campos *et al.*, 1997; Somarriba, 1997). Se optimizaron los beneficios netos en forma infinita para 20 años continuos de cultivo actualizados a tasas de descuento real del 5, 8 y 10%. Se utilizó la fórmula de Faustmann (Romero, 1994) para estimar turnos óptimos multiperiódicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En sistemas de poda por surco, ciclo de tres años (S1 y S2), la presencia o ausencia del poró y la edad de la plantación determinan la producción de café (Cuadro 1). El poró reduce la producción de café en 12 fanegas ha⁻¹ año⁻¹ (una fanega equivale a 258 kg de cerezas frescas, las cuales producen un saco de 46 kg de café oro). La producción con poda sistemática por lote, ciclo de

¹ Basado en López DM (1998) Turnos óptimos de renovación de cafetales con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*) y a pleno sol. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE 93 p. ² MSc en Economía y Sociología Ambiental ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica, esomarri@catie.ac.cr; ⁴ Texas Tech University, Texas, USA, oramirez@ttacs.ttu.edu



Cafetales con sombra de Madero Negro (*Gliricidia sepium*) antes de la renovación. Carazo, Nicaragua (Foto E. Somarriba)

cinco años, en cafetales con poró (Cuadro 2) y a pleno sol (Cuadro 3) estuvo determinada principalmente por la edad de las plantaciones; la presencia o ausencia de poró no resultó significativa. En cafetales a pleno sol, la presencia de la variedad Caturra incrementó el rendimiento en 14 fanegas ha⁻¹ año⁻¹. Café a pleno sol llega a picos de producción más altos que café bajo sombra de poró. Los turnos financieros óptimos multiperiódicos no fueron afectados por la presencia del poró y oscilaron entre 10 años para los cafetales con poda por lotes y ciclo de cinco años y entre 11-12 años en cafetales con poda en surco y ciclo de tres años. Las relaciones B/C variaron entre 2.04 – 3.13 (Cuadro 4).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los turnos óptimos fueron similares para café con poró y a pleno sol, dentro del mismo esquema de poda. Las diferencias más fuertes ocurren entre sistemas de podas. Financieramente, el café a pleno sol es más viable que el café con sombra de poró en las condiciones de este estudio. Los mayores rendimientos del café se observaron a pleno sol. Sin embargo, estos altos rendimientos pueden estar asociados a que fincas con mejores condiciones de suelos y aptitud ecológica cultivan café a pleno sol, mientras que fincas en condiciones menos aptas lo cultivan con sombra de poró. Se necesita ampliar estas investigaciones a condiciones donde

Cuadro 1. Modelo de producción de café (fanegas ha⁻¹ año⁻¹) para cafetales con poda de café por surco, ciclo de tres años. Turrialba, Costa Rica.

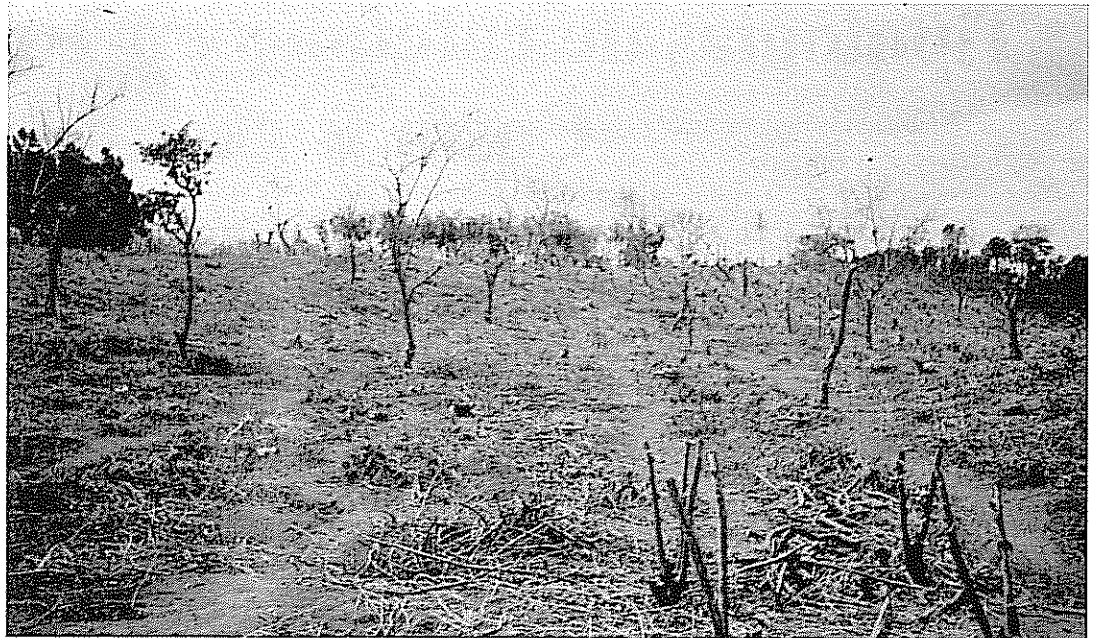
Variable	Parámetro	Error estandard	t	Prob > t
INTERCEPTO	0.256	1.051	0.244	0.8088
EDAD	26.233	1.053	24.896	0.0001
EDAD ²	-2.561	0.146	-17.506	0.0001
EDAD ³	0.068	0.005	13.322	0.0001
PORO	-12.270	2.902	-4.228	0.0001

1 fanega = 258 kg de cereza fresca = 46 kg café oro. Los superíndices en la variable edad son potencias

Cuadro 2. Modelo de producción de café (fanegas ha⁻¹ año⁻¹) para cafetales con sombra de poró y poda de café por lote, ciclo de cinco años. Turrialba, Costa Rica.

Variable	Parámetro	Error estandard	t	Prob > t
INTERCEP	-1.358	1.468	-0.925	0.3599
EDAD	2.846	1.166	2.441	0.0186
EDAD ²	-0.262	0.087	-3.009	0.0042
AÑO 1	15.525	5.001	3.105	0.0033
AÑO 2	75.423	5.566	13.549	0.0001
AÑO 3	46.021	5.781	7.960	0.0001
AÑO 4	54.536	5.899	9.245	0.0001

1 fanega = 258 kg de cereza fresca = 46 kg café oro. Los superíndices en la variable edad son potencias



Cafetales con sombra de Madero Negro (*Glicicidia sepium*) después de la renovación. Carazo, Nicaragua (Foto E. Somarriba)

Cuadro 3. Modelo de producción de café (fanegas ha⁻¹ año⁻¹) para cafetales a pleno sol y poda de café por lote, ciclo de cinco años. Turrialba, Costa Rica.

Variable	Parámetro	Error estandard	t	Prob > t
INTERCEP	1.875	12.529	0.150	0.8818
EDAD	-1.313	0.666	-1.972	0.0562
AÑO1	17.168	11.919	1.440	0.1582
AÑO2	83.475	13.091	6.376	0.0001
AÑO3	62.159	12.297	5.055	0.0001
AÑO4	48.927	11.845	4.130	0.0002
VARIEDAD	14.057	7.701	1.825	0.0350

1 fanega = 258 kg de cereza fresca = 46 kg café oro.

Cuadro 4. Turnos financieros óptimos multiperiódicos para la renovación de cafetales a pleno sol y con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*) en dos sistemas de poda del café. Turrialba, Costa Rica.

Sistema	Descuento (%)	Turno financiero óptimo (Años)	VAN (US\$)	B/C
Poró - poda surco 3 años	5	12	95243	2.80
	8	11	78763	2.66
	10	11	69703	2.58
Sol - poda surco 3 años	5	12	121065	3.13
	8	11	100413	2.97
	10	11	89219	2.88
Poró - poda lote 5 años	5	10	65135	2.17
	8	10	54827	2.09
	10	10	49033	2.04
Sol - poda lote 5 años	5	10	70738	2.17
	8	10	59982	2.10
	10	10	53915	2.06

se pueda separar el efecto de calidad de sitio de la presencia o ausencia de poró.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Beer JW (1987) Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agroforestry Systems* 5:3-13
- Campos CE, Cisneros DB y Ramírez JE (1997) Estudio de sistemas de poda total por lote. Memorias XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, Costa Rica ICAFE IICA/PROMECAFE pp 93-97
- Galloway G y Beer J (1997) Oportunidades para fomentar la silvicultura en los cafetales en América Central. Turrialba Costa Rica CATIE Serie Técnica Informe Técnico No 285 165 p.
- Hernández OR (1995) Rendimiento y análisis financiero del sistema agroforestal café (*Coffea arabica* cv caturra) con poró (*Erythrina poeppigiana*) bajo diferentes densidades de laurel (*Cordia alliodora*) Tesis Mag Sci CATIE Turrialba, Costa Rica 70 p
- Rojas G (1998) Modelo de costos de producción de café Instituto del Café de Costa Rica, ICAFE. Heredia, Costa Rica
- Romero C (1994) Economía de los Recursos Ambientales y Naturales. Alianza Editorial Madrid, España
- Somarriba E (1997) Modelaje de varios sistemas de poda de café: efectos sobre el patrón de producción Memorias XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, Costa Rica ICAFE, IICA/PROMECAFE pp 99-104
- Sosa R (1997) Reconocimiento de sistemas agroforestales café-sombra y sus características de rentabilidad y riesgo en Rivas. Pérez Zeledón Costa Rica. Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica CATIE 87 p

Tipologías de cafetales en Turrialba, Costa Rica¹

Tangaxuhan Llanderal², Eduardo Somarriba³

Palabras claves: agroforestería, análisis multivariado, *Coffea arabica*, sistemas multiestratos

TYPES OF COFFEE PLANTATIONS IN TURRIALBA, COSTA RICA

RESUMEN

SUMMARY

Se analizaron los factores biofísicos y socioeconómicos que pudieron haber incidido sobre el diseño y manejo del dosel de sombra en 29 cafetales de Turrialba, Costa Rica. Se utilizaron varios procedimientos multivariados para identificar tipos de cafetales y para evaluar la importancia relativa de los factores en la diferenciación entre tipos. Se recomienda realizar un análisis de componentes principales para seleccionar factores, seguido de análisis de conglomerados y, finalmente, análisis discriminante canónico. Se identificaron cuatro tipos de cafetales, los que difieren en términos de la composición del dosel de sombra y de la intensidad del manejo del cafetal.

The biophysical and socioeconomic factors that may have influenced the design and management of the shade canopy of 29 coffee plantations in Turrialba, Costa Rica were analyzed. Various multivariate procedures were used to identify the different types of coffee plantations and to evaluate the relative importance of these factors in differentiating between types. It is recommended that principal component analysis be used to select the factors, followed by a cluster analysis, and finally, canonical discriminant analysis. Four types of coffee plantations were identified, based on differences in the composition of the shade canopy and the intensity of management of the coffee plantation.

INTRODUCCIÓN

Existe una gran diversidad en la composición botánica y en la estructura vertical, horizontal y temporal de los doseles de sombra de las plantaciones de café. Se han estudiado los doseles de sombra en cafetales de Costa Rica (Espinoza, 1983, 1986), México (Jiménez, 1979) y Venezuela (Escalante *et al.*, 1987). Un conjunto de condiciones ambientales y socio-económicas parecen determinar la estructura y diversidad de la sombra en los cafetales. En este estudio se desarrolló una metodología para tipificar fincas cafetaleras en términos de la composición y abundancia de los componentes del dosel de sombra, identificando los factores que determinan las tipologías.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó la diversidad y composición del dosel de sombra, en términos de grupos funcionales en 29 fincas en Turrialba, Costa Rica. Así, especies de "sombra" como *Erythrina poeppigiana* e *Inga densiflora* pertenecen a un mismo grupo funcional. Se definieron los si-

guientes grupos funcionales: 1) sombra; 2) madera; 3) leña; 4) musáceas (bananos y plátanos); 5) cítricos (naranjas, mandarinas, etc.); 6) cultivos de plantación (e.g. *Macadamia integrifolia* o *Bactris gasipaes* asociados con café); 7) otros árboles frutales y 8) otros componentes de sombra. En la región de estudio, primero, se identificaron visualmente los principales "tipos de cafetales" (clasificación *a priori*) y se seleccionaron para estudio al menos cuatro fincas por tipo. Se colectó información biofísica y socio-económica mediante numerosos recorridos por las fincas, entrevistas con y sin formularios y medición de parcelas temporales (50x20 m) y se estudiaron factores y tipologías mediante tres procedimientos multivariados (Cuadro 1).

RESULTADOS

Se identificaron (*a priori*) cinco tipos: 1) solo sombra; 2) sombra y madera; 3) sombra y musáceas; 4) cultivos de plantación (*M. integrifolia*) y 5) doseles mixtos. El mejor procedimiento clasificatorio (procedimiento #3) requiere pre-selección de variables mediante análisis

¹ Basado en Llanderal T (1998) Diversidad del dosel de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 59 p. ² MSc. Agroforestería Tropical, CATIE, 1998. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. Tel: (595) 1 15 77; E-mail: tllander@colpos.colpos.mx; ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica. esomarri@catie.ac.cr

Cuadro 1. Procedimientos de análisis multivariado para tipificar fincas cafetaleras. Turrialba, Costa Rica.

Procedimiento	Método de selección de variables	Método de clasificación
1	Ninguno	<i>a priori</i>
2	Ninguno	Análisis de conglomerados
3	Análisis de componentes principales	Análisis de conglomerados

de componentes principales, análisis de conglomerados y análisis discriminante canónico (Cuadro 2). Las variables con mayor poder explicativo sobre las clasificaciones están relacionadas con la diversidad del dosel de sombra (riqueza y abundancias relativas de los grupos funcionales) y con la intensidad del manejo del café (costos totales por hectárea, rendimiento de café, cos-

tos y cantidades de fertilizantes). Los procedimientos multivariados produjeron cuatro tipos de finca: 1) cafetales de baja diversidad y manejo intensivo; 2) cafetales diversificados y con manejo intensivo; 3) cafetales diversificados con manejo intermedio y 4) cafetales de manejo deficiente (Cuadro 3).

DISCUSIÓN

Los factores socioeconómicos parecen ser más influyentes que los biofísicos sobre la clasificación de los tipos de sombra de los cafetales. Baja diversidad en el dosel de sombra se asocia a altas intensidades de manejo de los cafetales, en concordancia con estudios en otras regiones (Espinoza, 1983, 1986; Lagemann y Heuveldop, 1983; Villatoro, 1986; Escalante *et al.*, 1987). La diversificación en pequeñas fincas se da a nivel del cafetal (composición diversa del dosel de sombra) mientras que en fincas grandes se diversifica a nivel de campos (diferentes actividades en plantaciones separadas). A diferencia de las plantaciones de café en México,

Cuadro 2. Análisis discriminante canónico según varios procedimientos de selección de variables e identificación de tipologías de fincas cafetaleras. Turrialba, Costa Rica. [variables canónicas (CAN)].

Procedimiento	EEC (%)	CAN	Correlación canónica	Valor propio	Proporción acumulada
1	79	1	0.997 ^{ns}	186.81	0.70
		2	0.992 ^{ns}	65.14	0.94
		3	0.961 ^{ns}	12.12	0.98
		4	0.899 ^{ns}	4.22	1.00
2	66	1	0.998*	305.89	0.89
		2	0.981 ^{ns}	26.51	0.96
		3	0.962 ^{ns}	12.56	1.00
3	19	1	0.929***	6.33	0.47
		2	0.902**	4.37	0.80
		3	0.856*	2.73	1.00

EEC: error estimado de conteo, n.s. no significativo, * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.0001

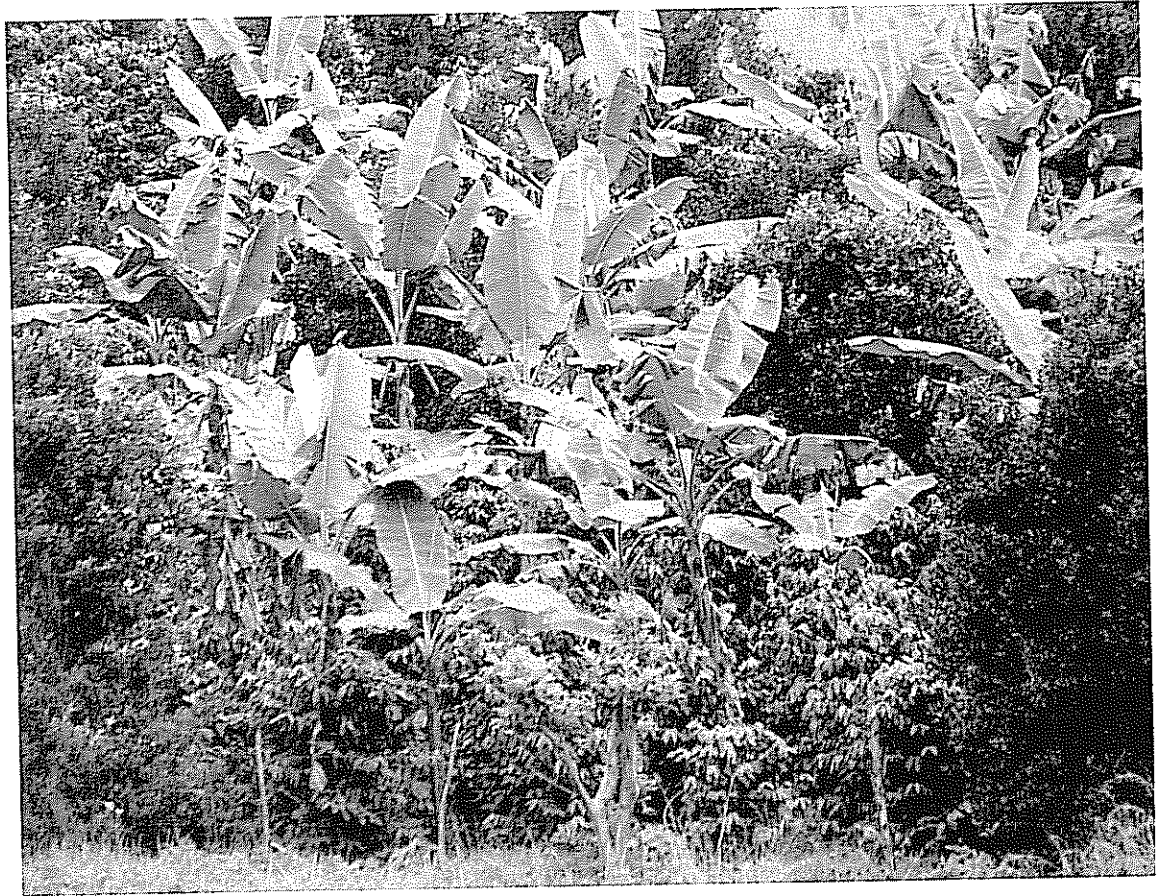
Cuadro 3. Variabilidad de la sombra y de la intensidad del manejo de cafetales. Turrialba, Costa Rica.

Tipo	Abundancia (plantas sombra ha ⁻¹)	Riqueza (número de grupos funcionales)	Costo (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)	Ingreso neto (fanegas ¹ ha ⁻¹ año ⁻¹)	Producción de café (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	Fertilización (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹)
1	350	1.5	1815	2073	41	1099
2	680	3.3	1446	969	25	1423
3	510	5.0	1073	1465	26	318
4	280	2.0	765	588	14	390

¹ 1 US\$ = 260 colones

¹ 1 fanega = 400 l de cerezas de café = 258 kg de cerezas = 46 kg de café oro

Cafetales diversificados con cítricos y musáceas en fincas pequeñas de Turrialba, Costa Rica (Foto: E. Somarriba)



donde se utilizan diferentes especies de Inga como árboles de sombra (Jiménez, 1979; Gallina *et al.*, 1996), en Turrialba se utiliza únicamente *Erythrina poeppigiana*. En Ecuador se utilizan varias especies maderables en los cafetales (Peck y Bishop, 1992), pero en Turrialba se encuentra únicamente *Cordia alliodora*, normalmente como un segundo estrato arbóreo encima de *E. poeppigiana* (Somarriba, 1990; Beer, 1995).

CONCLUSIONES

Las condiciones socioeconómicas de los productores afectan la composición del dosel de sombra en Turrialba. La diversidad del dosel de sombra decreció a medida que se incrementó el tamaño de finca y la intensidad de manejo del cafetal. La diversificación en pequeñas fincas se da a nivel del cafetal mientras que fincas grandes diversifican a nivel de campos. Se identificaron cuatro tipos de cafetales. El mejor procedimiento para diferenciar los tipos de cafetales incluye un análisis de componentes principales para seleccionar variables, seguido del análisis de conglomerados y, finalmente, de análisis discriminante canónico.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Beer J (1995) Efectos de los árboles de sombra sobre la sostenibilidad de un cafetal. Boletín PROMECAFE 68: 13-18
- Escalante EE, Aguilar A y Lugo R (1987) Identificación, evaluación y distribución espacial de especies utilizadas como sombra en sistemas tradicionales de café (*Coffea arabica*) en dos zonas del estado Trujillo, Venezuela. Venezuela Forestal 3(11): 50-62
- Espinoza L (1983) Estructura general de cafetales de pequeños agricultores. In: Heuveldop, J y Espinoza, L. (eds.) El componente arbóreo en Acosta-Puriscal, Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 72-84
- Espinoza L (1986) El componente arbóreo en el sistema agroforestal "cafetal arbolado" en Costa Rica. El Chasqui No. 12: 17-22
- Gallina S, Mandujano S y González-Romero A (1996) Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, México. Agroforestry Systems 33: 13-27
- Jiménez E (1979) Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero. I. Estructura de los cafetales de una finca cafetalera en Coatepec, Ver. México. Biotica 4(1): 1-12
- Lagemann J and Heuveldop J (1983) Characterization and evaluation of agroforestry systems: the case of Acosta-Puriscal, Costa Rica. Agroforestry Systems 1: 101-115
- Peck RB and Bishop JP (1992) Management of secondary tree species in agroforestry systems to improve production sustainability in Amazonian Ecuador. Agroforestry Systems 17: 53-63
- Somarriba E (1990) Sustainable timber production from uneven-aged shade stands of *Cordia alliodora* in small coffee farms. Agroforestry Systems 10: 253-263
- Villatoro RM (1986) Caracterización del sistema agroforestal café-especies arbóreas en la cuenca del Río Achiguate, Guatemala. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 153 p.

Diversidad de homópteros en plantaciones de café con diferentes tipos de sombra, en Turrialba, Costa Rica¹

Liliana Rojas², Carolina Godoy³,
Paul Hanson⁴, Christoph Kleinn⁵, Luko Hilje⁵

Palabras claves: agroforestería, *Coffea arabica*, *Cordia alliodora*, *Erythrina poeppigiana*, índices de diversidad

RESUMEN

Se estudió la diversidad de especies de Homóptera (suborden Auchenorrhyncha) en cafetales sin sombra (C), café con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*) (CP) y con sombra de poró y laurel (*Cordia alliodora*) (CPL), en Turrialba, Costa Rica. Para cada sistema se graficaron las curvas de abundancia de especies y se calcularon los índices de diversidad (Shannon-Wiener), dominancia (Simpson), equidad y similitud (Jaccard). La mayoría de los Homóptera, tanto en números de especies como de individuos, perteneció a la familia Cicadellidae en los tres sistemas. En cada sistema predominó una especie en particular: *Graphocephala* sp. (C), *Fusigonalia lativittata* (CP) y *Hebralebra nicaraguensis* (CPL). La riqueza y la diversidad de especies de Homóptera fueron mayores en el sistema CP. La similitud de especies fue mayor entre los sistemas de CP y CPL, pero varió mucho según el componente vegetal de cada sistema, la ubicación geográfica de cada parcela y la fecha de muestreo (estación seca o lluviosa).

HOMOPIERA DIVERSITY IN COFFEE PLANTATIONS WITH DIFFERENT TYPES OF SHADE IN TURRIALBA, COSTA RICA

SUMMARY

Diversity of Homoptera species (suborder Auchenorrhyncha) was studied in coffee plantations with no shade (C) vs those with shade of either poró (*Erythrina poeppigiana*) (CP) or poró plus laurel (*Cordia alliodora*) (CPL), in Turrialba, Costa Rica. Species-abundance curves were plotted for each system, and diversity (Shannon-Wiener), dominance (Simpson), species evenness and similarity indices (Jaccard) were calculated. The bulk of the Homoptera species and individuals in all three systems belonged to the family Cicadellidae. A particular species dominated in each system: *Graphocephala* sp. (C), *Fusigonalia lativittata* (CP) and *Hebralebra nicaraguensis* (CPL). Homoptera species richness and diversity were higher in the CP system. Species similarity was greatest between the CP and CPL systems, but it varied considerably according to plant component, geographic location of each plot and sampling date (dry or rainy season).

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) con sombra es uno de los sistemas agroforestales predominantes en Mesoamérica y el Caribe. Los árboles de sombra representan un importante refugio para la biodiversidad (Perfecto *et al.*, 1996) y, en plantaciones tradicionales con sombra, varios grupos de Hymenoptera y Coleoptera pueden alcanzar altos niveles de diversidad (Nestel *et al.*, 1992; Perfecto y Snelling 1995; Perfecto *et al.*, 1996, 1997). En este estudio se evaluó la diversidad de homópteros del suborden Auchenorrhyncha en cafetales a pleno sol (C), café con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*, Leguminosae) (CP) y café con sombra de poró y de

laurel (*Cordia alliodora*, Boraginaceae) (CPL); dicho grupo incluye a chicharritas o cigarritas, periquitos y chinches salivazo (Figura 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Turrialba, Costa Rica. Se muestrearon tres fincas comerciales en tres fechas (Entre marzo-octubre, 1998). Las parcelas experimentales difirieron en la variedad sembrada (Caturra, Catimor o Catuai, de varias edades), densidades de siembra (4000-6000 plantas/ha) y tamaño (5000-8000 m²), así como en el tipo de vegetación circundante. Los especímenes se clasificaron por especie y se contabilizó el nú-

¹ Basado en: Rojas L (1998) Diversidad de especies de Auchenorrhyncha (Homoptera) en cafetales con diferentes tipos de sombra, en Turrialba, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Costa Rica. 82 p. ² MSc Manejo y Conservación de la Biodiversidad, CATIE 1998; ³ Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio); ⁴ Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica; ⁵ CATIE, Turrialba, Costa Rica. ckleinn@catie.ac.cr; hilje@catie.ac.cr

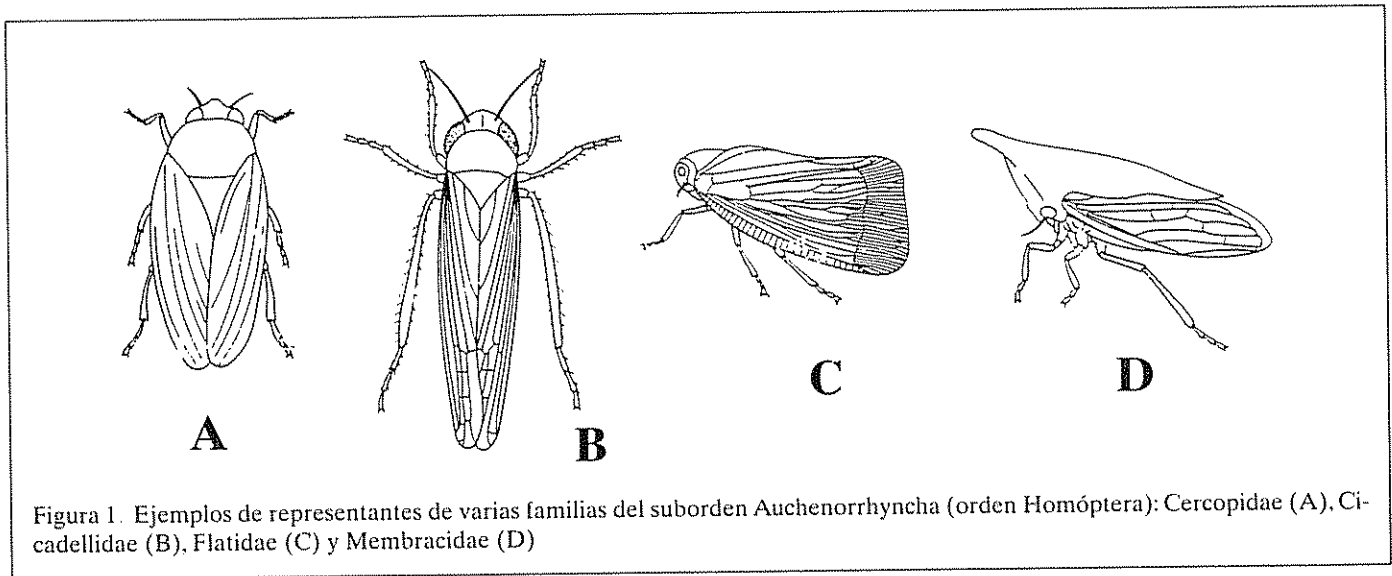


Figura 1. Ejemplos de representantes de varias familias del suborden Auchenorrhyncha (orden Homóptera): Cercopidae (A), Cicadellidae (B), Flatidae (C) y Membracidae (D)

mero de individuos por cada especie. Se graficaron las curvas de abundancia de especies en cada sistema y se calcularon los índices de diversidad (Shannon-Wiener), dominancia (Simpson), equidad y similitud (Jaccard) (Krebs, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se capturaron 10612 especímenes, pertenecientes a 131 especies, dentro de las siguientes 10 familias (el número de especies aparece entre paréntesis): Cicadellidae (82), Membracidae (22), Cercopidae (6), Flatidae (4), Delphacidae (3), Derbidae (3), Dictyopharidae (3), Issidae (3), Tropiduchidae (3) y Cixiidae (2). Predominó la familia Cicadellidae, con el 58% de las especies y el 71% de los individuos.

Las curvas de abundancia de especies mostraron un patrón análogo en los tres sistemas, con la forma de una J invertida, la cual indica que unas pocas especies son muy abundantes, mientras que la mayoría están representadas por pocos individuos. En cada sistema predominó una especie en particular, así: *Graphocephala* sp. 1 (C), *Fusigonalia lativittata* (CP) y *Hebralebra nicaraguensis* (CPL) (Cuadro 1). Con excepción de *F. lativittata*, que estuvo presente en el café independientemente del sistema, las otras dos especies estuvieron poco o nada representadas en los otros sistemas, componentes o parcelas.

Los patrones de abundancia y diversidad probablemente dependieron de la habilidad de cada especie pa-

Cuadro 1. Cinco especies de homópteros más comunes (en orden decreciente de abundancia) en tres sistemas cafetaleros. Turrialba, Costa Rica. 1998.

Café	Café-poró	Café-poró-laurel
<i>Graphocephala</i> sp. 1	<i>Fusigonalia lativittata</i>	<i>Hebralebra nicaraguensis</i>
<i>Fusigonalia lativittata</i>	<i>Neocoelidia</i> sp.	<i>Omegalebra</i> n.sp.
<i>Clastoptera</i> sp.	<i>Clastoptera</i> sp.	<i>Empoasca</i> sp.
<i>Graphocephala permagna</i>	Cicadellidae n.sp.	<i>Neocoelidia</i> sp.
<i>Neocoelidia</i> sp.	<i>Empoasca</i> sp.	<i>Scaphytopius ca. latidens</i>

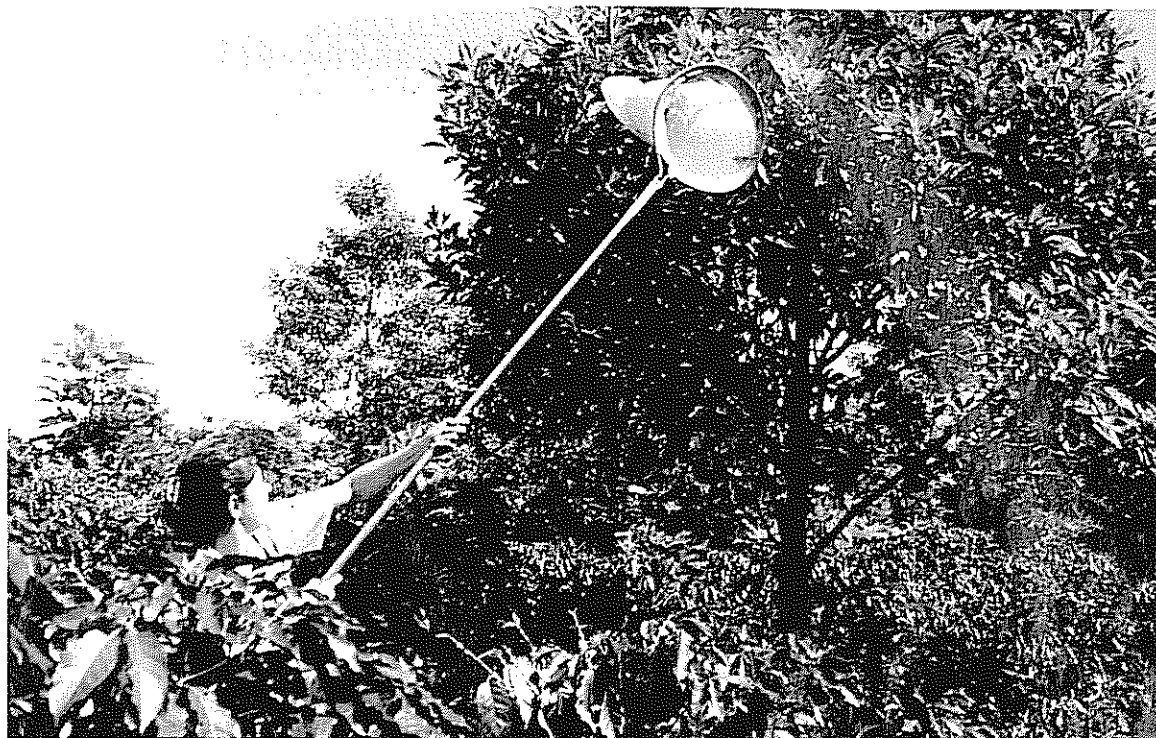
ra explotar de manera particular los recursos alimentarios asociados con el follaje del café, el poró y el laurel. Se conoce que los miembros del suborden Auchenorrhyncha varían en sus preferencias alimentarias y poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas específicas para alimentarse ya sea del floema y el mesófilo de la hoja, o del xilema (Backus, 1985).

La riqueza de especies de homópteros fue mayor en el sistema CP, seguido por CPL y C (Cuadro 2). La dominancia para CPL fue levemente mayor que en los otros

Cuadro 2. Valores de los índices de riqueza, diversidad, dominancia y equidad de especies de homópteros en café sin sombra (C), café con poró (CP) y café con poró y laurel (CPL). Turrialba, Costa Rica.

	C	CP	CPL
Riqueza	60	88	74
Diversidad	2,61	2,84	2,56
Dominancia	0,11	0,11	0,15
Equidad	0,63	0,62	0,59

En cafetales con sombra arbórea unas pocas especies de homópteros son muy abundantes mientras que la mayoría están representadas por pocos individuos (Foto L. Hilje)



dos sistemas, quizás debido a los números tan altos de *H. nicaraquensis* en el laurel. El índice de equidad fue bastante similar entre los tres sistemas. La diversidad de especies siempre fue mayor en el componente de café, dentro de cada sistema. Este hallazgo podría atribuirse a la disponibilidad del recurso alimenticio. En Turrialba, las densidades típicas de siembra por hectárea son de 5000-6000 arbustos de café, 155 árboles de poró y 70-150 árboles de laurel. La diversidad de especies en el café *per se* siempre fue mayor en los cafetales con sombra que en los de pleno sol.

La similitud de especies fue mayor entre los sistemas CP y CPL, mientras que fue muy similar entre sí para las otras dos comparaciones: C-CPL y C-CP (Cuadro 3). Sin embargo, la composición de especies sí varió mucho según el componente vegetal de cada sistema y la ubicación geográfica de cada parcela, así como de la fecha de muestreo (estación seca o lluviosa).

Cuadro 3. Valores del índice de similitud de especies de homópteros, entre los sistemas de café sin sombra (C), café con poró (CP) y café con poró y laurel (CPL). Turrialba, Costa Rica.

	C	CP	CPL
C	---	0,37	0,38
CP	0,37	---	0,51
CPL	0,38	0,51	---

CONCLUSIONES

La mayoría de los homópteros, tanto en números de especies como de individuos, perteneció a la familia Cicadellidae, en los tres sistemas estudiados. Sin embargo, en cada sistema predominó una especie en particular, así: *Graphocephala* sp. 1 (C), *Fusigonalia lativittata* (CP) y *Hebralebra nicaraquensis* (CPL). La riqueza y la diversidad de especies fueron mayores en cafetales con sombra de poró y la similitud fue mayor entre los sistemas CP y CPL, pero varió mucho según el componente vegetal de cada sistema, la ubicación geográfica de cada parcela y la fecha de muestreo (estación seca o lluviosa).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Backus EA (1985) Anatomical and sensory mechanisms of planthopper and leafhopper feeding behavior. In The leafhoppers and planthoppers. Nault, L. R. and Rodríguez, JG (eds.) New York, John Wiley & Sons pp 163-188.
- Krebs CJ (1989). Ecological methodology. New York, Harper & Row 654 p.
- Nestel D, Dickschen F and Altieri M (1992) Diversity patterns of soil macro-Coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: an indication of habitat perturbation. *Biodiversity and Conservation* 2: 70-78
- Perfecto I and Snelling R (1995) Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: Ants in coffee plantations. *Ecological Applications* 5(4): 1084-1097
- Perfecto I, Rice RA, Greenberg R and Van der voort, M (1996) Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46(8): 598-608
- Perfecto I, Vandermeer J, Hanson P and Cartin V (1997) Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6: 935-945

Control del crecimiento lateral de las raíces de especies maderables de rápido crecimiento utilizando gramíneas como barreras biológicas

Michaela Schaller¹, Goetz Schroth², John Beer¹, Francisco Jiménez¹

Palabras claves: agroforestería, competencia radicular, *Cordia alliodora*, Costa Rica, *Eucalyptus deglupta*

CONTROL OF LATERAL ROOT GROWTH OF RAPIDLY GROWING TIMBER SPECIES USING GRAMINEAE AS BIOLOGICAL BARRIERS

RESUMEN

Se investigó el potencial de cinco especies de gramíneas como barreras biológicas para reducir la competencia radicular entre árboles maderables de crecimiento rápido (*Eucalyptus deglupta* y *Cordia alliodora*) y cultivos asociados. Las barreras impidieron el paso de las raíces de *C. alliodora* de ocho meses de edad, pero fueron inefectivas contra las raíces de *E. deglupta* de cuatro meses de edad. El crecimiento de ambas especies de árboles en asociación con las gramíneas fue menor que en el control. Debe ser posible mejorar el efecto de las barreras estableciendo varias hileras en lugar de una o reduciendo la distancia de siembra dentro de la hilera.

SUMMARY

A study was made of the potential of five species of gramineae as biological barriers to reduce root competition between rapidly growing timber trees (*Eucalyptus deglupta* and *Cordia alliodora*) and associated crops. These barriers limited the development of the roots of eight month old *C. alliodora*, but were not effective against the roots of four month old *E. deglupta*. The growth of both tree species was reduced when the barriers were present. It should be possible to increase the barrier effect by establishing several barrier lines instead of only one, or by reducing the inter-plant distance within the barrier.

INTRODUCCIÓN

La competencia radicular limita el desarrollo de sistemas agroforestales. El "manejo de raíces" del componente arbóreo puede reducir la competencia con los cultivos (Schroth, 1995; 1999). Yocum (1937) demostró que la presencia del sistema radicular del maíz, el cual es relativamente competitivo, restringía el desarrollo lateral y aumentaba el desarrollo vertical de las raíces del manzano (*Malus domestica*). El efecto de las gramíneas sobre la distribución de las raíces de los árboles fue también demostrado por Atkinson *et al.*, (1978). En este estudio, realizado en Costa Rica, se evaluó el potencial de cinco especies de gramíneas, de diferente competitividad, para controlar el desarrollo lateral de las raíces de dos especies maderables de rápido crecimiento: *Eucalyptus deglupta* y *Cordia alliodora*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de campo se estableció en diciembre de 1997, en el área experimental "La Montaña" del CATIE en Turrialba, Costa Rica (9°53' N; 83°38' O; altitud 602 m, 2684 mm año⁻¹, 21.7 °C). Debido al efecto "El Niño" (1998), la precipitación durante los primeros tres meses del estudio fue solamente de 254 mm; el promedio del sitio es de 617 mm. Por esta razón, fue necesario regar árboles y gramíneas dos veces por semana. El suelo es un Andic Eutropept (Kass *et al.*, 1995), desarrollado sobre depósitos aluviales, arcilloso y rico en nutrientes, no tiene piedras y drenado mediante una zanja adyacente al campo experimental. Las parcelas consistieron de hileras individuales de tres árboles, plantados a 0.3 m dentro de la hilera y 1.5 m entre hileras. En un lado de la hilera de árboles, a 30 cm de distancia de éstos, se plantó una hilera de gramínea. Se evaluaron cinco especies: *Cymbopogon nardus*, *Vetiveria zizanioides*

¹ CATIE, Turrialba, Costa Rica, schaller@catie.ac.cr; jbeer@catie.ac.cr; fjimenez@catie.ac.cr; ² University of Hamburg, c/o Embrapa Amazonia Ocidental, C.P. 319. 69011-970 Manaus-AM, Brazil, schroth@internext.com.br

(vetiver), dos gramíneas frecuentemente usadas en el control de la erosión; *Saccharum* sp. (caña de azúcar); *Panicum maximum* (pasto guinea) o *Brachiaria brizantha*, dos pastos que producen forraje de alto valor nutritivo. Hileras de árboles sin gramíneas fueron utilizadas como control; todos los tratamientos se repitieron tres veces. Las gramíneas fueron establecidas mediante propagación vegetativa, a 12 cm de espaciamiento dentro de la hilera en el caso de *V. zizanioides*, *C. nardus* y *B. brizantha* y a 30 cm para las especies de mayor porte: *Saccharum* sp. y *P. maximum*. Para el establecimiento de los árboles se utilizaron plántulas de viveros en bolsas plásticas. *E. deglupta* fue evaluado a los cuatro meses y *C. alliodora* a los ocho meses después de la plantación, debido al crecimiento inicial más lento de *C. alliodora*. Las raíces de los árboles y de las gramíneas fueron excavadas manualmente, removiendo con cuidado las capas superficiales de suelo, hasta exponer las raíces laterales del árbol. La posición de las raíces fue registrada con la ayuda de una malla de 10 x 10 cm.

RESULTADOS

Interacciones entre *C. alliodora* y las gramíneas. El sistema radicular de *C. alliodora* exploró el suelo de manera relativamente extensiva y consistió solamente en unas pocas raíces finas. Las raíces laterales primarias irradian desde la raíz pivotante a una profundidad de 10-20 cm, profundizando ligeramente conforme se alejaron del tronco (Figura 1). Los sistemas radiculares de árboles vecinos se evitaron mutuamente. La mayoría de las raíces crecieron en dirección opuesta a

la barrera, evitando así el contacto con las raíces de la gramínea, produciendo un sistema radicular fuertemente asimétrico (Figura 1). El pasto guinea, una especie agresiva y de rápido crecimiento, tuvo el efecto barrera más fuerte, impidiendo el paso de las raíces de *C. alliodora*. Los sistemas radiculares de *V. zizanioides* y de *C. nardus* fueron los menos densos y su efecto barrera fue menos pronunciado.

Interacciones entre *E. deglupta* y las gramíneas. El sistema radicular de *E. deglupta* se caracterizó por raíces laterales que irradian muy superficialmente desde el tallo. Este sistema radicular desarrolló localmente una red muy densa de raíces finas, donde las condiciones fueron favorables (ej. en sitios con acumulación de hojarasca, fertilizante o cal). En general, las raíces de *E. deglupta* pasaron a través de la barrera, pero fueron influenciadas de diferente manera dependiendo de la especie de gramínea: 1) Pasaron a través de la barrera por "puntos débiles", especialmente entre las cepas vecinas de gramínea. Esto fue probablemente favorecido por el rápido crecimiento de las raíces de los árboles, las cuales llegaron a la línea de gramínea antes de que éstas formaran una barrera radicular densa. Para alcanzar estos "puntos débiles", las raíces de los árboles frecuentemente cambiaron su dirección de crecimiento; 2) Doblaron ligeramente hacia abajo y pasaron bajo la barrera de gramínea; 3) Se dividieron en varias raíces de diámetros más pequeños, las cuales pasaron a través de la barrera creciendo alrededor de cepas individuales de gramíneas (particularmente con vetiver).

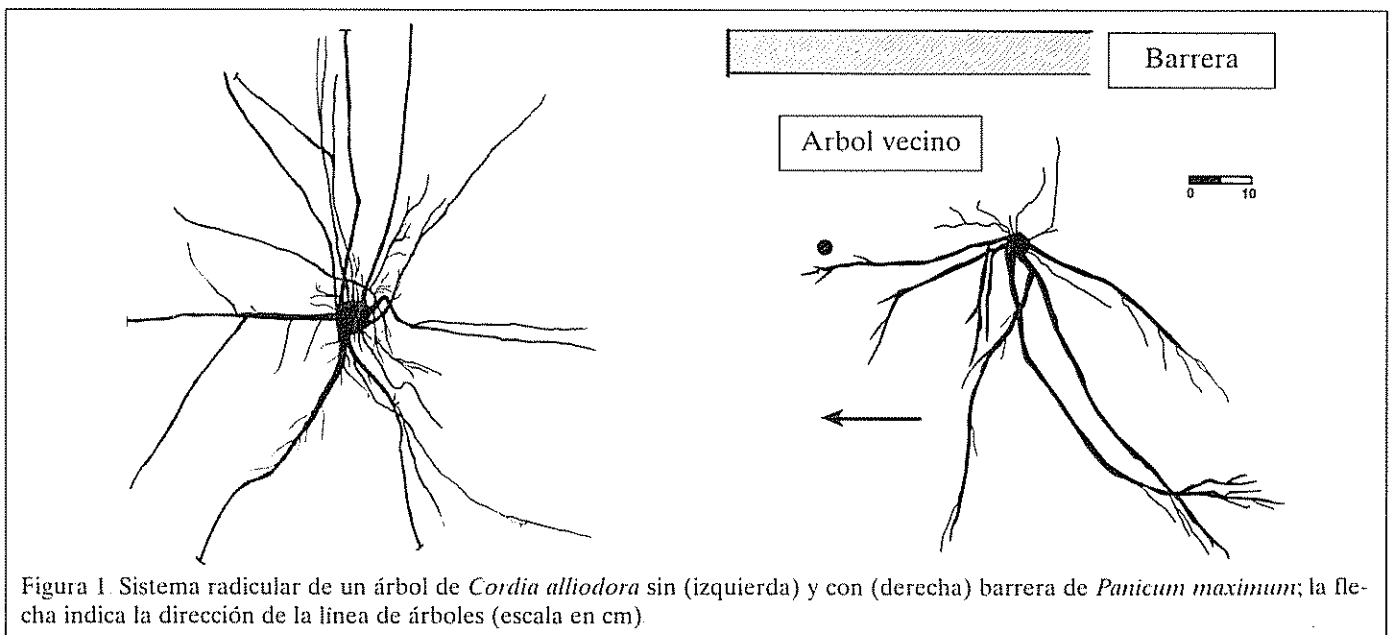
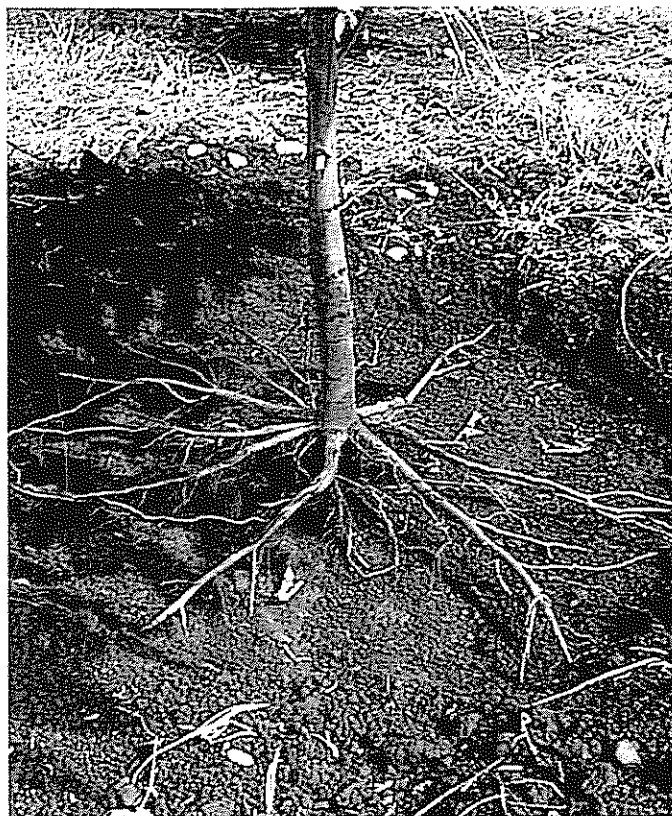


Figura 1 Sistema radicular de un árbol de *Cordia alliodora* sin (izquierda) y con (derecha) barrera de *Panicum maximum*; la flecha indica la dirección de la línea de árboles (escala en cm)



El sistema radicular de *Eucalyptus deglupta* se caracterizó por raíces laterales que crecen muy superficialmente desde el tallo (Foto: L. Meléndez)

Esta reacción, observada especialmente en la asociación con *V. zizanioides*, podría llevar a una reducción de la extensión de las raíces del árbol, y de esa manera, a una reducción de la competencia con el cultivo que crece detrás de las barreras y 4) Cuando las raíces de los árboles alcanzaron la barrera en un ángulo pequeño, cambiaron su dirección y crecieron paralelamente a la franja de gramínea sin atravesarla (observado solamente con *P. maximum*). En los dos casos en que las raíces del árbol se toparon con las de *B. brizantha*, se desviaron aproximadamente 90 grados y crecieron alejándose de la barrera.

DISCUSIÓN

La estrategia del sistema radicular de *C. alliodora* fue evitar el contacto con los sistemas radiculares de árboles vecinos de la misma especie y de las barreras de gramíneas. Este sistema radicular se puede manejar con barreras biológicas, pues aún una única hilera de gramínea forzó a las raíces de *C. alliodora* a crecer en la dirección opuesta y previno, de manera efectiva, que exploraran el suelo más allá de la barrera. Un cultivo que creciera aquí, competiría únicamente con la

gramínea y no con el árbol, al menos en este estado inicial de desarrollo. En contraste, el sistema radicular de *E. deglupta* no respondió a la competencia con las gramíneas, excepto con aquellas fuertemente competitivas (*B. brizantha* y *P. maximum*), cruzó la barrera y se convirtió en un potencial competidor con el cultivo principal.

Se requieren barreras más eficientes para controlar el desarrollo de las raíces de *E. deglupta*. Estas opciones incluyen: 1) escogencia de una especie de gramínea competitiva (bajo el suelo); 2) plantar barreras con hileras múltiples de gramíneas en lugar de barreras de una sola hilera; 3) plantar los árboles después de las gramíneas para que el sistema radicular de éstas últimas esté más denso al momento del contacto con las raíces del árbol y 4) usar fertilización dirigida, ubicando el fertilizante dentro de la línea del árbol para reforzar el efecto barrera. Para que sean eficientes, las barreras deben afectar la distribución de las raíces del árbol y no tanto su crecimiento (en este estudio, las gramíneas redujeron el crecimiento de los árboles hasta un 40% con respecto al testigo, lo cual es excesivo), ser baratas de establecer y manejar y producir otros beneficios como forraje o control de erosión.

CONCLUSIONES

El desarrollo lateral de las raíces de árboles jóvenes de *C. alliodora* puede ser manipulado con franjas simples de gramíneas. El control del desarrollo radicular de especies arbóreas más agresivas, como *E. deglupta*, requiere de barreras más eficientes. Es necesario dedicar mayor esfuerzo a la identificación de especies gramíneas eficientes y al diseño de barreras eficientes, baratas y productivas. Es necesario estudiar la eficiencia de las barreras en el caso de árboles más viejos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Atkinson D, Johnson MG, Mattam D and Mercer ER (1978) The effect of orchard soil management on the uptake of nitrogen by established apple trees. *Journal of Science Food and Agriculture* 30: 129-135
- Kass DCL, Jiménez M, Kaufmann JH and Herrera C (1995) Reference soils of the Turrialba valley and slopes of the Irazú volcano. *Soil Brief Costa Rica* N° 2. Turrialba, Costa Rica. CATIE and International Soil Reference and Information Center. 26 p.
- Schroth G (1995) Tree root characteristics as criteria for species selection and systems design in agroforestry. In: Sinclair FL (ed) *Agroforestry: Science, Policy and Practice*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. pp. 125-143
- Schroth G (1999) A review of belowground interactions in agroforestry, focussing on mechanisms and management options. *Agroforestry Systems* (in press)
- Yocum WW (1937) Root development of young delicious apple trees as affected by soils and by cultural treatments. University of Nebraska Agricultural Experimental Station. *Research Bulletin* 95: 1-55

Microambiente y cantidad de esporas de *Moniliophthora roreri* en el aire bajo tres sistemas de sombra leguminosa en cacao¹

Luis Meléndez², Eduardo Somarriba³

Palabras claves: agroforestería, enfermedades, *Erythrina poeppigiana*, *Gliricidia sepium*, humedad relativa, *Inga edulis*, sistemas multiestratos, temperatura

MICRO-CLIMATE AND *Moniliophthora roreri* SPORE QUANTITY IN THE AIR UNDER THREE LEGUMINOUS SHADE SYSTEMS FOR COCOA

RESUMEN

Se estudiaron los cambios diurnos y a lo largo del año de la temperatura, la humedad relativa y la cantidad de esporas de monilia (*Moniliophthora roreri*) en el aire en plantaciones experimentales de cacao (*Theobroma cacao*) bajo tres especies leguminosas de sombra (*Gliricidia sepium*, *Inga edulis* o *Erythrina poeppigiana*). Las cantidades de esporas en el aire, las cuales variaron fuertemente a lo largo del año (más altos en abril, lo que corresponde con la época de menor precipitación), fueron máximas bajo *E. poeppigiana* y mínimas bajo *I. edulis*. Las cantidades de esporas dispersadas parecen estar asociadas a las diferencias en el microclima bajo las tres especies; las más altas temperaturas y más bajas humedades relativas ocurren bajo sombra de *E. poeppigiana*, la cual se poda con más frecuencia que las otras especies. El mayor número de esporas en el aire se registra entre las 08:00 y 14:00 horas.

SUMMARY

Temperature changes, relative humidity and number of monilia (*Moniliophthora roreri*) spores in the air of experimental cocoa (*Theobroma cacao*) plantations shaded by three leguminous species (*Gliricidia sepium*, *Inga edulis* o *Erythrina poeppigiana*), were studied over the course of a day and during a year. Spore quantity in the air, which varied strongly during the year (highest in April, corresponding to the period of lowest rainfall), was greatest under *E. poeppigiana* and least under *I. edulis*. The quantity of dispersed spores appears to be associated with micro-climatic differences under the three shade species; the highest temperature and lowest humidity occurred under the shade of *E. poeppigiana*, which was pruned more frequently than the other shade species. The highest spore counts were registered between the hours of 08:00 and 14:00.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades fungosas son la fuente más importante de pérdida de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.). El hongo *Moniliophthora roreri* (Cif & Par.) Evans *et al.* (monilia) es responsable de pérdidas de hasta el 90 % de los frutos en algunos países de América tropical (Aranzazu, 1982; Galindo y Enríquez, 1984). La regulación del microambiente ha sido una de las prácticas culturales más recomendada para el combate de la monilia. El crecimiento, el tipo de sombra producida y el manejo de los doseles de los árboles de sombra influye en el microambiente del cacaotal y probablemente en el desarrollo e incidencia de la monilia.

En esta investigación se estudiaron los cambios en la temperatura, humedad relativa y en las cantidades de esporas de monilia en el aire bajo tres sombras leguminosas manejadas: *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (madeiro), *Inga edulis* Mart. (guaba) y *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O. F. Cook (poró).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una plantación experimental de cacao ubicada en una finca privada en Margarita, Talamanca, Costa Rica (altitud 12 m, 26.5°C, 2319 mm año⁻¹, 84 % humedad relativa). El suelo es un Fluvaquentic Eutropept. Se utilizó un diseño de bloques

¹ Basado en Meléndez L (1993) Microambiente, cantidad de esporas en el aire e incidencia del hongo *Moniliophthora roreri* bajo tres sistemas de manejo de sombra leguminosa en cacao (*Theobroma cacao*) Tesis M Sc CATIE, Costa Rica 81 p. ² MSc Agroforestería, CATIE, 1993. Imelende@catie.ac.cr. ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica, esomarri@catie.ac.cr

completos al azar, con tres tratamientos (las especies de sombra) y tres repeticiones. Cada parcela (1296 m²) incluyó 36 árboles de sombra (6 x 6 m = 278 árboles ha⁻¹) y 100 cacaoteros (3 x 3 m = 1111 plantas ha⁻¹).

Se utilizaron trampas de cilindro fijo (Jenkins, 1974), con materiales adaptados a las condiciones locales. Entre diciembre 1992 – noviembre 1993 se realizaron dos tipos de muestreos de esporas: 1) horarios, cada 30 días; y 2) quincenales. En los muestreos horarios las trampas se instalaban y retiraban cada tres horas entre las 5 y 17 horas; se utilizaron 18 trampas (seis por especie de sombra, un solo bloque experimental). En los muestreos quincenales las trampas se instalaron cada 15 días y se retiraban una semana más tarde; se utilizaron 45 trampas (cinco por especie y bloque). En el laboratorio, las bandas adhesivas de las trampas se teñían con lactofenol anilina al 0.1% para facilitar los conteos de conidios bajo el microscopio (Campos, 1988). Se midió la precipitación diaria, la humedad relativa y la temperatura del aire cada dos horas utilizando un higrotermógrafo (WILH LAMBRECHT) colocado a 1.5 m de altura, uno por tratamiento. Los conteos de esporas (transformados a su raíz cuadrada) se analizaron con un diseño en parcelas divididas en bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cantidad de esporas varió significativamente a lo largo del año, con máximos valores durante el mes de abril (Figura 1), lo cual podría estar relacionado con una muy baja precipitación en ese mes. La mayor cantidad de esporas se capturó bajo la sombra de poró; las cantidades de esporas fueron ligeramente menores bajo sombra de guaba que bajo sombra de madero. La copa de guaba forma un dosel continuo en forma de sombrilla que posiblemente dificultó el movimiento del aire y por ende, de las esporas del hongo.

Los mayores extremos de temperatura a lo largo del día, con mínimas de 21°C en la noche y 31°C al mediodía, se registraron bajo sombra de poró (Figura 2). En guaba, las mínimas son del orden de 24°C y las máximas de 30°C. Madero registró temperaturas intermedias entre poró y guaba. La humedad relativa bajo poró fue la más baja de las tres especies de sombra, con máximas de 95% durante la noche y mínimas de 66% al mediodía. En guaba la humedad relativa durante la noche fue del 98% y del 72% a mediodía (Figura 3). La mayor frecuencia e intensidad de podas a que fue

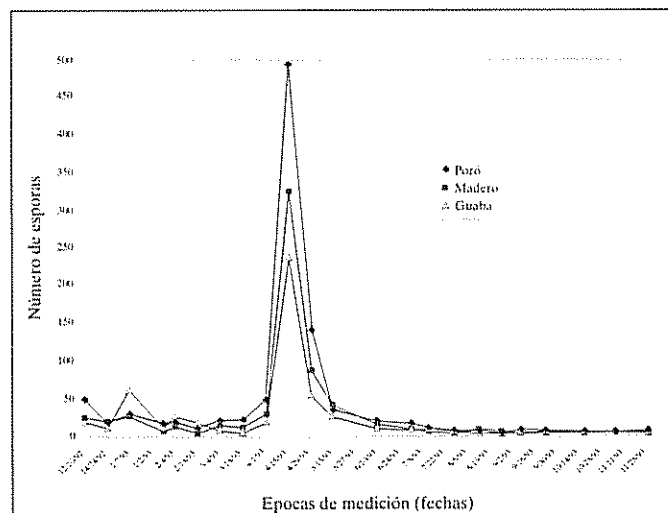


Figura 1. Número de esporas de monilia (*Moniliophthora roreri*) en plantaciones experimentales de cacao (*Theobroma cacao*) con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*), madero (*Gliricidia sepium*) o guaba (*Inga edulis*). Margarita, Talamanca, Costa Rica (diciembre 1992 - noviembre 1993).

sometido el poró durante el período de estudio parece explicar estas diferencias en los patrones de temperatura y humedad del aire: mayor insolación durante el día y mayor enfriamiento durante la noche. El dosel de guaba sufrió las menores variaciones de cobertura a lo largo del estudio.

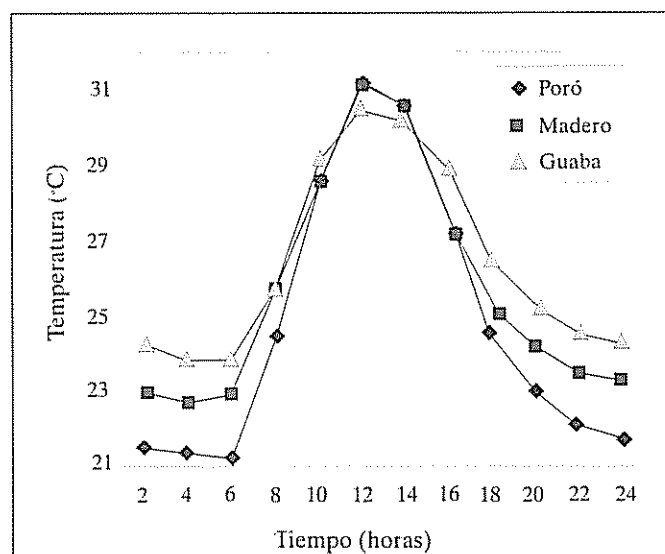


Figura 2. Temperatura del aire a diferentes horas del día en plantaciones experimentales de cacao (*Theobroma cacao*) con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*), madero (*Gliricidia sepium*) o guaba (*Inga edulis*). Margarita, Talamanca, Costa Rica (diciembre 1992 - noviembre 1993).

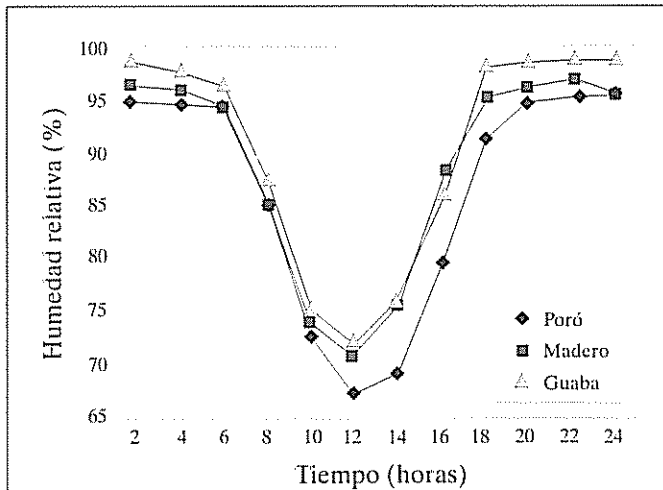


Figura 3. Humedad relativa del aire a diferentes horas del día en plantaciones experimentales de cacao (*Theobroma cacao*) con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*), madero (*Gliricidia sepium*) o guaba (*Inga edulis*) Margarita, Talamanca, Costa Rica (diciembre 1992 - noviembre 1993).

Las cantidades de esporas capturadas entre las 08:00 y 14:00 horas son significativamente mayores que las capturadas entre las 05:00 y 08:00 y entre las 14:00 y 17:00 horas (Figura 4). El poró mantiene mayores cantidades de esporas en el aire que las otras especies únicamente entre las 08:00-14:00. Temprano durante la mañana (05:00-08:00) y al final de la tarde (14:00-17:00), las can-

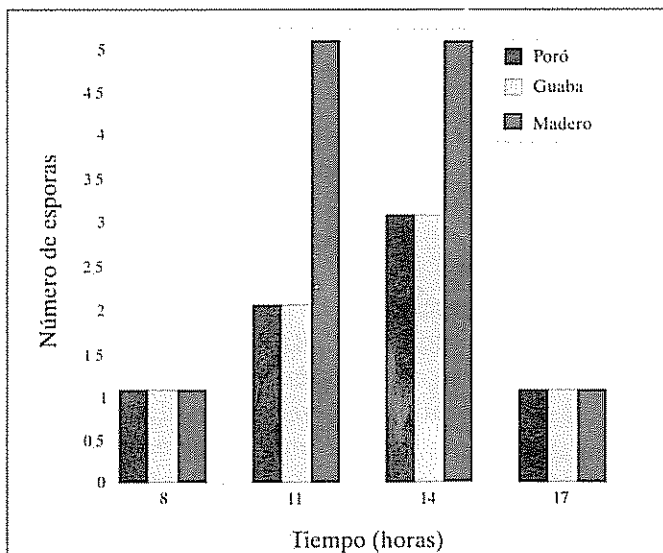


Figura 4. Número de esporas de monilia (*Moniliophthora roreri*) en el aire en plantaciones experimentales de cacao (*Theobroma cacao*) con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*), madero (*Gliricidia sepium*) o guaba (*Inga edulis*). Margarita, Talamanca, Costa Rica (diciembre 1992 - noviembre 1993).



Trampas para capturar esporas de monilia (*Moniliophthora roreri*) provenientes de cualquier dirección (Foto: L. Meléndez)

tidades de esporas en el aire son similares entre todas las especies. Monilia es un hongo que se disemina por viento, por lo que altas temperaturas (> 35°C) y baja humedad relativa (<80 %) favorecen la desecación y la dispersión de las esporas (Porras, 1982; González, 1981).

CONCLUSIONES

Las cantidades de esporas en el aire variaron fuertemente a lo largo del año y bajo las diferentes especies de sombra. Los valores más altos se registraron en abril, lo que correspondió con la época de más baja precipitación durante el periodo de estudio. Las cantidades de esporas en el aire fueron mayores bajo sombra de poró; los valores más bajos se registraron bajo sombra de guaba. Este comportamiento parece estar asociado a cambios en el microclima. Las más altas temperaturas y más bajas humedades relativas ocurren bajo sombra de poró (que se poda con más frecuencia que las otras especies), lo cual favorece la dispersión de las esporas. Entre las 08:00 y 14:00 horas de cada día, las condiciones microambientales favorecen la dispersión de esporas bajo las tres especies de sombra.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Aranzazu F (1982) La moniliasis del cacao. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Programa de cacao Manizales. Colombia 18 p

Campos LF (1988) Estudio sobre la epidemiología de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri*. Tesis Ing Agrónomo, UCR, San José Costa Rica

Galindo JJ y Enríquez GA (1984) Estrategias para el combate de la moniliasis del cacao. CATIE Turrialba, Costa Rica Mimeografiado 30 p.

González L (1981) Efecto de las fuentes de inóculo sobre las posibilidades de combate de la moniliasis del cacao. In: Primeras jornadas de investigación. UCR. San José Costa Rica pp 228-229

Jenkins JF (1974) A comparison of seasonal changes in deposition of spores of *Erysiphe graminis* on different trapping surfaces. *Annals of Applied Biology* 76:257-267

Porras VH (1982) Epifitología de la Moniliasis (*Monilia roreri*) del cacao y la relación con la producción del árbol en la zona de Matina. Tesis Ing Agrónomo. UCR. San José Costa Rica. 44 p

El efecto de los taninos de especies leñosas forrajeras sobre la utilización de nitrógeno por bovinos¹

Oscar Flores², Muhammad Ibrahim³, Donald Kass³, Hernán Andrade⁴

Palabras claves: *Calliandra calothyrsus*, digestibilidad *in vitro*, *Gliricidia sepium*, sistemas silvopastoriles

EFFECTS OF TANNINS IN WOODY FODDER SPECIES ON NITROGEN UTILIZATION BY CATTLE

RESUMEN

SUMMARY

Se utilizó un nivel creciente de reemplazo (0: 100, 33: 67, 67: 33 y 100:0) de *Gliricidia sepium* por *Calliandra calothyrsus*, como suplemento a una dieta básica de King Grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), para simular una concentración creciente de taninos en la dieta de toretes. *C. calothyrsus* tiene menor digestibilidad *in vitro* de la materia seca (30.2 vs 62.1%) y mayores niveles de taninos condensados (18.5 vs 1.8 g kg⁻¹ materia seca) que *G. sepium*. A medida que se incrementó el nivel de *C. calothyrsus*, se redujo la ingesta de N, se incrementó el N fecal y se redujeron el N urinario, el N absorbido y el N retenido. Sin embargo, la eficiencia de utilización del N absorbido se incrementó. En rumiantes, el uso de una mezcla de forrajes con diferentes concentraciones de taninos puede mejorar la eficiencia de utilización del N absorbido e incrementar la excreta fecal del N.

Gradual replacement of *Gliricidia sepium* by *Calliandra calothyrsus* (0: 100, 33: 67, 67: 33 and 100: 0) as a supplement for a base diet of King Grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), was used to simulate an increasing concentration of tannins in the feed of bullocks. *C. calothyrsus* had lower *in vitro* DM digestibility (30.2 vs 62.1%) and more condensed tannins (18.5 vs 1.8 g kg DM⁻¹) than *G. sepium*. As the level of *C. calothyrsus* increased, N intake decreased, faecal N increased, urinary N, N retained and N absorbed decreased, but the efficiency of use of absorbed N increased. The use of a mixture of forages with contrasting tannin concentrations can contribute to increased efficiency of use of absorbed N and N excreted in faeces.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las leguminosas forrajeras como *Calliandra calothyrsus* y *Desmodium ovalifolium* contienen altas concentraciones de taninos condensados que producen efectos depresivos sobre el consumo y la digestibilidad de la materia seca (MS) y el N (Kumar y D'Mello, 1995). Sin embargo, niveles adecuados de taninos en la dieta protegen parte del N de la degradación ruminal y favorecen su utilización más eficiente en el tracto posterior. Por otra parte, la presencia de taninos en la dieta puede modificar las rutas de excreción del N, disminuyéndose la cantidad eliminada en la orina e incrementándose la excretada en las heces (Fassler y Lascano, 1995), lo que puede tener efectos importantes en el suelo. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de diferentes niveles de taninos

sobre la utilización y excreción de N por parte de toretes. Se utilizó *C. calothyrsus* y *Gliricidia sepium*, dos especies forrajeras bien adaptadas en el trópico. La primera tiene alta y la segunda tiene baja concentración de taninos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Finca Experimental del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Se utilizaron cuatro toretes Brahman x Romosinuano (promedio de 230 kg peso vivo) estabulados en corrales. La dieta basal fue de pasto King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) suplementada con diferentes proporciones de *C. calothyrsus* y *G. sepium* (0:100, 33:67, 67:33 y 100:0); la cantidad de *C. calothyrsus* simuló un incremento en la cantidad de taninos ofrecidos. La cantidad de legumino-

¹ Basado en Flores OI (1998) Contribución ecológica de los taninos de especies leñosas sobre la utilización de nitrógeno por bovinos y la fertilidad del suelo. MSc Tesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 91 p. ² MSc. Agroforestería Tropical, CATIE, 1998, Universidad San Carlos, Guatemala, usachiqu@usac.edu.gt; ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica, mibrahim@catie.ac.cr; dkass@catie.ac.cr; ⁴ Asistente de investigación, CATIE



Calliandra calothyrsus contiene muchos fenoles y taninos condensados que reducen la digestibilidad de la materia seca (Foto: L. Meléndez)

sa ofrecida representó 25% de la materia seca (MS) de la dieta. Se utilizó un diseño de cuadrado Latino de sobrecambio sin período extra (Lucas, 1983); cada período duró 15 días (10 de adaptación y 5 para colección de datos).

Se utilizaron arneses (Gorski *et al.*, 1957; Border *et al.*, 1963), para la colección total de heces y orina diaria. Se tomaron muestras de heces y orina cada día para análisis químico. En los forrajes se determinó: N (semi-micro-Kjeldahl); fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), nitrógeno en FDA (N-FDA), digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS), fenoles totales y taninos condensados. La degradabilidad del N se determinó por la técnica de la bolsa de dacrón (Orskov y McDonald, 1979). Los datos sobre degradabilidad de N fueron utilizados para estimar el porcentaje N potencialmente no degradable en el rumen y el porcentaje de proteína sobre-pasante (Alagon, 1990). Se estimó la cantidad de N consumido (NC), retenido (NR) y absorbido (NA). Las eficiencias de uso de N consumido (EUNC) y de N absorbido (EUNA) fueron calculadas con las siguientes formulas:

$$EUNC (\%) = (NR/NC) \cdot 100$$

$$EUNA (\%) = (NA/NR) \cdot 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición de los alimentos. La concentración de proteína cruda de las dos leguminosas fue similar, pero en DIVMS, *G. sepium* superó a *C. calothyrsus* (62.1 vs 30.2%, respectivamente). *C. calothyrsus* presentó mayores valores de fenoles totales y de taninos condensados que *G. sepium* (Cuadro 1) y esto puede explicar las diferencias en DIVMS entre las dos especies (Valerio, 1990).

Balance de N. La cantidad de N consumido disminuye significativamente ($p < 0.05$) a medida que aumenta el nivel de *C. calothyrsus* en la dieta, lo cual puede estar relacionada con una reducción en el consumo total de MS. La inclusión de *C. calothyrsus* en la dieta resultó en una mayor cantidad de N excretada via heces, excepto cuando esta leguminosa representó 100% del suplemento. Por otro lado, la cantidad de N excretada via orina disminuyó linealmente ($p < 0.01$) cuando se aumentó el nivel de *C. calothyrsus*. La misma tendencia se observó con el N asimilado y el N retenido (Cuadro 2). *C. calothyrsus* tiene una baja degradabilidad de proteína y esto puede explicar un incremento en N fecal. No se detectaron efectos significativos de los tratamientos sobre la eficiencia de utilización del N consumido. Por el contrario, la eficiencia de utilización del N asimilado fue mayor ($p < 0.02$) a medida que se incrementó la cantidad de *C. calothyrsus* (Figura 1).

Cuadro 1. Proteína cruda, digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), fenoles totales y taninos condensados de King Grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), *Calliandra calothyrsus* y *Gliciridia sepium* (desviación estándar en paréntesis). Turrialba, Costa Rica.

Parámetro	Especies		
	King Grass	<i>G. sepium</i>	<i>C. calothyrsus</i>
Proteína cruda (g kg MS ⁻¹)	76.4 (16.2)	248.3 (9.5)	204.5 (7.6)
DIVMS (%)	55.4 (1.4)	62.1 (1.0)	30.2 (1.4)
Fenoles totales (g kg MS ⁻¹)	-	75 (12.7)	430 (12.8)
Taninos condensados (abs g MS ⁻¹)	-	1.8 (0.17)	18.5 (5.9)

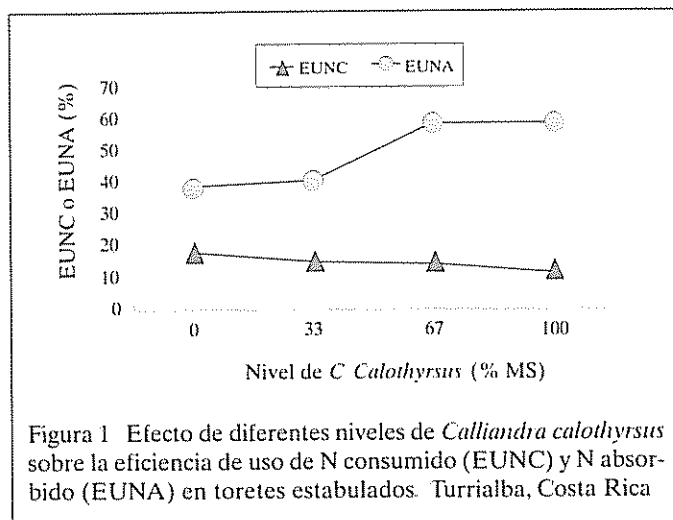


Figura 1 Efecto de diferentes niveles de *Calliandra calothyrsus* sobre la eficiencia de uso de N consumido (EUNC) y N absorbido (EUNA) en toretes estabulados. Turrialba, Costa Rica



Las mezclas con *C. calothyrsus* mejoraron la eficiencia de utilización del N absorbido y la excreción de N en las heces de toretes (Foto: L. Meléndez)

CONCLUSIONES

La mezcla *Pennisetum purpureum* x *P. typhoides* con forrajes de diferentes concentraciones de taninos mejora la utilización del N absorbido y la excreción de N en las heces de toretes. Sin embargo, altos niveles de *C. calothyrsus* en la dieta redujeron el N retenido y puede tener fuertes efectos negativos en la producción de, por ejemplo, vacas lecheras.

Cuadro 2. Balance de nitrógeno (g 100 kg PV^{0.75} día⁻¹) en toretes estabulados consumiendo *Pennisetum purpureum* x *P. typhoides* y diferentes niveles de *Calliandra calothyrsus* y *Gliciridia sepium*. Turrialba, Costa Rica.

	<i>C. calothyrsus</i> en el suplemento ¹ (%)				Desv.	Valor p ²
	0	33	67	100		
N consumido	48.01 a ³	48.04 a	44.59 a	39.03 b	4.25	** Q
N en heces	13.96 c	16.86 b	18.14 a	16.15 b	2.55	** Q
N urinario	11.01 a	9.37 a	6.13 b	5.42 b	2.65	** L
N absorbido	34.05 a	31.51 a	26.45 b	22.88 b	5.01	** L
N retenido	23.04 a	22.14 a	20.32 a	17.45 b	2.47	** L

¹El follaje de leguminosas constituyó el 25-30% de las dietas; ²Valor de probabilidad de los contrastes: L, Lineal; Q, Cuadrático, ** significativo (p<0.01); ³Medias con igual letra en la misma línea no presentan diferencias significativas (p<0.05)

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alagón G (1990) Comparación del poró (*Erythrina poeppigiana*) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento de vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar. Tesis M Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE 145 p
- Border JR, Harris LE, Butcher JE (1963) Apparatus for obtaining sustained quantitative collections of urine from male cattle grazing pasture or range. *Journal Animal Science* 22: 521-525
- Fassler O and Lascano C (1995) The effect of mixtures of sun-dried tropical legumes on intake and nitrogen balance by sheep. *Tropical Grasslands* 29: 92-96
- Gorski J, Blosser FR, Murdock AS, Hodgson AS, Sony BK and Erb RE (1957) A urine and faeces collection apparatus for heifers and cows. *Journal Animal Science* 24: 100-109
- Kumar R and D mello J (1995) Antinutritional factors in forage legumes. In: *Tropical Legumes in Animal Nutrition*. D'Mello J y C Devendra (eds) CAB International, Wellingford (UK) pp. 95-135
- Lucas HL 1983 Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. North Carolina State University Raleigh, North Carolina, USA Chapter 16, pp. 1-51.
- Orskov ER and McDonald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen for incubation measurement weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science* 92: 499-503
- Valerio S (1990) Efectos del secado y método de análisis sobre los estimados de taninos y la relación de éstos con la digestibilidad *in vitro* de algunos forrajes tropicales. Tesis M Sc Turrialba, Costa Rica, CATIE: 152 p

Concentraciones de fósforo en suelos bajo sistema silvopastoril de *Acacia mangium* con *Brachiaria humidicola*¹

Alejandro Velasco², Muhammad Ibrahim³, Donald Kass³,
Francisco Jiménez³, Galileo Rivas Platero³

Palabras claves: fracciones de fósforo, hojarasca, micorrizas, Panamá

PHOSPHOROUS CONCENTRATIONS IN ACID SOILS UNDER A SILVOPASTORAL SYSTEM OF *Acacia mangium* WITH *Brachiaria humidicola*

RESUMEN

Se estudió el efecto de *Acacia mangium*, a baja y a alta densidad (120 y 240 árboles ha⁻¹, respectivamente), en las concentraciones de P total, P orgánico y P disponible en el suelo de pasturas de *Brachiaria humidicola* en Calabacito, Panamá. Las concentraciones de P total y P disponible fueron más bajas ($p < 0.05$) en la época seca que en la húmeda (227 vs 259 y 1.7 vs 3.7 mg l⁻¹, respectivamente); no se detectaron cambios en el P orgánico entre estaciones. Las concentraciones de P en el suelo en todas sus formas, fueron mayores en: 1) las pasturas con árboles que en la pastura en monocultivo y 2) alta que a baja densidad de *A. mangium*. Se concluye que la integración de *A. mangium* en pasturas de *B. humidicola* mejoró significativamente los niveles de P en el suelo.

SUMMARY

The effect of *Acacia mangium*, at low and high (120 and 240 trees ha⁻¹) densities, on total P, organic P and available P concentrations in the soil under *Brachiaria humidicola* pastures in Calabacito, Panama was studied. Total P and available P concentrations were lower ($p < 0.05$) in the dry than in the wet season (227 vs 259 and 1.7 vs 3.7 mg l⁻¹, respectively); no seasonal differences in organic P were detected. Soil P concentrations, in all forms, were greater under the pasture with trees than under the pasture monoculture and were greater with the higher than the lower tree density. It was concluded that the incorporation of *A. mangium* in *B. humidicola* pastures significantly improved P levels in the soil.

INTRODUCCIÓN

Cerca del 55% de los suelos tropicales son Oxisoles y Ultisoles ácidos (Sánchez y Salinas, 1981) y deficientes en P (Bertsch, 1995), lo que es crítico en sistemas agroforestales (Szott y Kass, 1993). *Acacia mangium*, una especie que forma asociaciones con hongos micorrizicos vesículo arbusculares (Cruz y Yantasath, 1993), adaptada a suelos ácidos, es promisoría para mejorar el contenido y disponibilidad de P en el suelo. El objetivo de este estudio fue determinar el aporte de P por *A. mangium* en un sistema silvopastoril con *Brachiaria humidicola*, una gramínea bien adaptada a suelos ácidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la estación experimental de Calabacito, Panamá (2500 mm año⁻¹ y 27°C, altitud 100 m). Los suelos son Ultisoles (pH (H₂O) = 4.9, Al

4.3 meq/100 g suelo). Los tratamientos fueron: (1) *B. humidicola* en monocultivo (BM); (2) *B. humidicola* con *A. mangium* a baja densidad (120 árboles ha⁻¹, BAB); y (3) *B. humidicola* con *A. mangium* a alta densidad (240 árboles ha⁻¹, BAA). El diseño fue completamente al azar con cuatro repeticiones en parcelas de 2000 m². Los árboles de *A. mangium* se plantaron en 1993 a 3 m entre árboles y 8 m entre hileras (416 árboles ha⁻¹) y se ralearon en octubre 1997 a las densidades indicadas anteriormente; *B. humidicola* fue sembrada en agosto 1994. El pastoreo se inició en 1995 con un manejo flexible de dos unidades animales (UA) ha⁻¹ en la época lluviosa y 1 UA ha⁻¹ en la época seca, con ciclos de tres días de pastoreo y 24 días de descanso.

Se utilizó el método de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975) para determinar la cantidad de hojarasca

¹ Basado en Velasco A (1998) Productividad forrajera, aporte de fósforo foliar y dinámica de los hongos endomicorrizicos y lombrices, en una pradera de *Brachiaria humidicola* sola y en asocio con *Acacia mangium*. Tesis Mag Sc CATIE, Turrialba, Costa Rica. 87 p. ² MSc Agroforestería Tropical, CATIE, 1998. ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica. mibrahim@catie.ac.cr; dkass@catie.ac.cr; fjimenez@catie.ac.cr; grivas@catie.ac.cr



Durante la época húmeda, las concentraciones de fósforo total, orgánico y disponible fue significativamente mayor en los sistemas con *A. mangium* que en el monocultivo de *B. Humidicola* (Foto J C. Camargo)

producida mensualmente por *A. mangium*. Se recolectaron muestras de hojarasca para determinar la concentración de P y se muestreó el suelo en la época seca (febrero-abril) y lluviosa (junio-julio) para analizar el P total (digestión con HClO₄), P orgánico (ignición y extracción con H₂SO₄) y P disponible (Olsen modificado). En las parcelas con *A. mangium* se muestreó el suelo bajo y fuera de la influencia de la copa de los árboles y se cuantificó la población de micorrizas bajo el sistema de *A. mangium*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración de P en la hojarasca de *A. mangium* fue de 0.08%, aportando 7 y 4.5 kg ha⁻¹ año⁻¹ a alta y a

baja densidad, respectivamente. El P total y el P disponible fueron significativamente mayores ($p < 0.05$) en la época húmeda que en la época seca (259 vs 227; 3.7 vs 1.7 mg l⁻¹, respectivamente); el P orgánico no varió entre épocas. La mayor concentración de P en la época húmeda pudo estar relacionada con un mayor contenido de humedad y mayor actividad biológica del suelo (Velasco *et al.*, 1998). Durante la época húmeda, la concentración de P total, P orgánico y P disponible fue significativamente mayor en los sistemas con *A. mangium* que en el monocultivo de *B. humidicola*. En los sistemas con *A. mangium* se observaron mayores contenidos de P a alta que a baja densidad (Cuadro 1). En la época húmeda, la concentración de P total, P orgánico y P disponible fue siempre mayor bajo la copa de *A. mangium* que fuera de ella, pero no se encontraron diferencias en la época seca (Cuadro 2). La mayor concentración de P encontrado en los sistemas con *A. mangium* pudo estar relacionado con la mayor población micorrizica (Figura 1) (Velasco *et al.*, 1998). Estudios realizados en suelos volcánicos del trópico húmedo mostraron que la integración de *Erythrina berteroana* en un sistema silvopastoril con *Brachiaria brizantha* no incrementó el P en el suelo (Esquivel *et al.*, 1998). La deficiencia de P limita la producción de la pastura (Sánchez y Salinas, 1981).

Cuadro 1. Concentración de P total, P orgánico y P disponible en el suelo en monocultivos de *Brachiaria humidicola* (BM) y en asociaciones con *Acacia mangium* a 120 árboles ha⁻¹ (BAB) y a 240 árboles ha⁻¹ (BAA) en diferentes épocas. Calabacito, Panamá, 1998.

	Sistema	Época	
		Seca	Húmeda
P total (mg l ⁻¹)	BM	229 a ¹	232 c
	BAB	217 a	253 b
	BAA	236 a	292 a
P orgánico (mg l ⁻¹)	BM	80 a	81 b
	BAB	81 a	92 a
	BAA	85 a	99 a
P disponible (mg l ⁻¹)	BM	1.7 a	2.7 c
	BAB	1.7 a	3.8 b
	BAA	1.6 a	4.5 a

¹ Cifras con la misma letra en una columna no difieren significativamente, prueba Tukey ($p < 0.05$).

La integración de *Acacia mangium* en sistemas silvo-pastoriles con *Brachiaria humidicola* aumentó la concentración de P en el suelo y esto puede mejorar el rendimiento de las pasturas (Foto: J.C. Camargo)



Cuadro 2. Contenido de P total, P orgánico y P disponible en el suelo bajo o fuera de la copa de *Acacia mangium* en diferentes épocas. Calabacito, Panamá.

	Sistema	Época	
		Seca	Húmeda
P total (mg l ⁻¹)	Bajo	225 a ¹	291 a
	Fuera	228 a	254 b
P orgánico (mg l ⁻¹)	Bajo	83 a	100 a
	Fuera	83 a	93 b
P disponible (mg l ⁻¹)	Bajo	1.6 a	4.3 a
	Fuera	1.6 a	3.9 b

¹ Cifras con la misma letra en una columna no difieren significativamente, prueba de Tukey. (p<0.05).

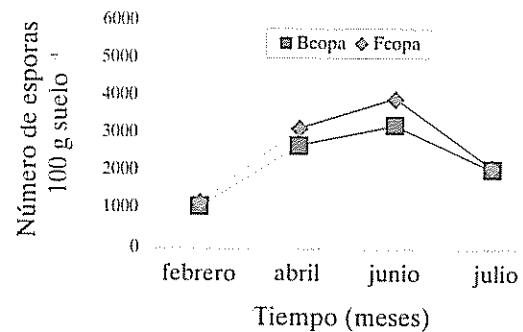


Figura 1 Variación temporal del número de esporas de hongos micorrizicos bajo (Bcopa) y fuera (Fcopa) de copa de *Acacia mangium* en potreros de *Brachiaria humidicola* Calabacito, Panamá, 1998

CONCLUSIÓN

La integración de *A. mangium* en sistemas silvopastoriles con *B. humidicola* aumentó la concentración de P en el suelo y esto puede mejorar el rendimiento de las pasturas.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Bertsch F (1995) La fertilidad de los suelos y su manejo. San José. Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 164 p.
 Cruz De La RE and Yantasath K (1993) Symbiotic associations in *Acacia mangium* Growing and Utilization. Eds. K Awang y D Taylor Bangkok, Tailandia pp 101-111

Esquivel J, Ibrahim M, Jiménez F y Pezo D (1998) Distribución de nutrientes en el suelo en asociaciones de poró (*Erythrina berteroana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) o *Arachis pintoi* con *Brachiaria brizantha*. Agroforestería en las Américas 5(17-18): 39-43
 Haydock KP and Shaw NH (1975) The comparative method for estimation of dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 15:169-171
 Sánchez PA and Salinas JS (1981) Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. Advances in Agronomy 34: 279-398
 Szott LT and Kass D (1993) Fertilizers in agroforestry systems. Agroforestry Systems 23:157-176
 Velasco J, Rivas G y Ibrahim M (1998) Hongos endomicorrizicos asociados a un sistema silvopastoril. In: Memorias de II Simposio Nacional de la Simbiosis Micorriza. 4-6 noviembre. 1998. Colima México 2 p

Productividad y calidad forrajera de *Brachiaria humidicola* en monocultivo y en asocio con *Acacia mangium* en un suelo ácido en el trópico húmedo¹

Diana Bolívar², Muhammad Ibrahim³, Donald Kass³,
Francisco Jimenez³, Juan Carlos Camargo⁴

Palabras claves: Panamá, proteína cruda, sistemas silvopastoriles, solubilidad proteína

RESUMEN

Se evaluó el efecto del árbol maderable *Acacia mangium* sobre la productividad y calidad forrajera de pasturas de *Brachiaria humidicola* en un suelo ácido con alta saturación de Al. *B. humidicola* tuvo menor concentración de proteína cruda (32 vs 46 g kg⁻¹) y solubilidad (52 vs 58%) en monocultivo que en el asocio. El rendimiento total de forraje del zacate en asocio fue 28% mayor que en monocultivo. En la época seca, la biomasa muerta del pasto representó el 60% de la biomasa total en monocultivo, pero solo el 30% del zacate en el asocio. La relación hoja : tallo fue mayor en asocio. Se concluye que la integración de *A. mangium* en sistemas silvopastoriles con *B. humidicola* mejora el rendimiento y el valor nutritivo de las pasturas.

PRODUCTIVITY AND FORAGE QUALITY OF A *Brachiaria humidicola* MONOCULTURE AND IN ASSOCIATION WITH *Acacia mangium* ON AN ACID SOIL IN THE HUMID TROPICS

SUMMARY

A study was made of the effect of the timber tree *Acacia mangium* on the productivity and forage quality of *Brachiaria humidicola* pastures on acid soils with high Al saturation. The *B. humidicola* forage had significantly lower crude protein concentration (32 vs 46 g kg⁻¹) and solubility (52 vs 58%) in the monoculture vs the mixture, respectively. Mean total grass forage yield of the mixture was 28% higher than the monoculture. In the dry season, dead pasture biomass represented 60% of total dry matter measured in the monoculture whereas it was only 30% of the grass biomass in the mixture. The leaf: stem ratio of *B. humidicola* was higher for the mixture. It is concluded that the integration of *A. mangium* in silvopastoral systems with *B. humidicola* contributed to increased pasture yield of higher nutritive value.

INTRODUCCIÓN

En América Latina, existen alrededor de 50 millones de hectáreas bajo pasturas, de las cuales cerca del 50 % se encuentran degradadas. Esta es una de las razones principales de la baja productividad animal en el trópico (Serrao y Toledo, 1990). La integración de árboles maderables, como *Acacia mangium*, en sistemas silvopastoriles puede contribuir al mejoramiento del suelo y de la productividad de la pastura. Esta es una especie

bien adaptada a suelos ácidos y tiene la capacidad de fijar N bajo estas condiciones y puede mejorar la disponibilidad de P a través de asociaciones con micorrizas (Velasco, 1998). El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la incorporación de *A. mangium* en un sistema silvopastoril con *Brachiaria humidicola* sobre la calidad forrajera y productividad de la pastura. *B. humidicola* es una gramínea que se adapta bien a suelos ácidos.

¹ Basado en Bolívar DM (1998) Contribución de *Acacia mangium* al mejoramiento de la calidad forrajera de *Brachiaria humidicola* y la fertilidad de un suelo ácido del trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 97 p. ² MSc. Agroforestería Tropical, CATIE, 1998. ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica. mibrahim@catie.ac.cr; dkass@catie.ac.cr; fjimenez@catie.ac.cr. ⁴ Asistente de Investigación, CATIE

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó durante 1998 (enero –agosto) en la estación experimental de Calabacito, Panamá (2500 mm año⁻¹, 27 °C, altitud 100 m). Los suelos son Ultisoles, ácidos (pH (H₂O) = 4.9) y con concentraciones altas de Al (4.3 meq/100 g suelo). Los tratamientos fueron: (1) *B. humidicola* en monocultivo (BHM); (2) *B. humidicola* en asocio con *A. mangium* (BHA). El diseño fue completamente al azar con cinco repeticiones, cada una en parcelas de 2000 m². Los árboles de *A. mangium* se plantaron en 1993 a 3 m entre árboles y 8 m entre hileras; *B. humidicola* fue establecida en agosto 1994. En octubre de 1997 se raleó *A. mangium* hasta una densidad de 240 arboles ha⁻¹. El pastoreo se inició en 1995 con un manejo flexible de dos unidades animales (UA) ha⁻¹ en la época lluviosa y una UA ha⁻¹ en la seca; en ciclos de tres días de ocupación y 24 días de descanso.

En cada parcela de BHA se delimitó un área de 72 m² (8 x 9 m) al azar, la cual incluyó cuatro árboles, para estudiar la producción de pasto. Se tomaron muestras de pasto en cada ciclo de pastoreo a 1, 2.5 y 4 m del árbol para estimar la producción de materia seca (MS). Para el monocultivo (BHM), las subparcelas fueron también de 72 m² (89 m) seleccionadas al azar. Se tomaron muestras de pasto para estimar la relación hoja: tallo (H:T), la cantidad de biomasa muerta (BM) y la calidad forrajera (digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) y proteína cruda (PC)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de pasto. La productividad de materia seca (MS) del pasto fue mayor en asocio que en monocultivo (2562 vs 1834 kg MS ha⁻¹ ciclo⁻¹). Fue menor en la época seca que en la lluviosa pero en todos los meses fue mayor para BHA (Figura 1). La mayor productividad observada se relacionó con la contribución de *A. mangium* al incremento de la concentración de N y P en el suelo y al mayor contenido de humedad en el suelo (0 –15 cm) bajo asocio (19.5% vs 15.8 % en la época seca; 28.6% vs 26.2 % en la lluviosa). Esto pudo beneficiar la disolución de minerales producidos por la mineralización, aumentando el contenido de nitratos y amonio y favoreciendo la absorción por la gramínea.

El pasto presentó una mayor relación H:T en el BHA y en la época lluviosa (Figura 2a). El porcentaje de BM



La integración de *Acacia mangium* en sistemas silvopastoriles con *Brachiaria humidicola* incrementó la productividad y el valor nutritivo de la pastura (Foto: JC Camargo)

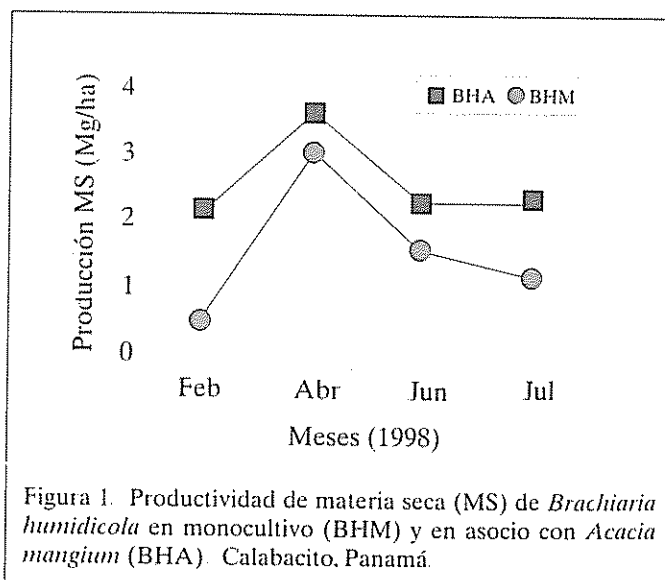


Figura 1. Productividad de materia seca (MS) de *Brachiaria humidicola* en monocultivo (BHM) y en asocio con *Acacia mangium* (BHA). Calabacito, Panamá.

del pasto fue significativamente mayor ($p < 0.05$) para BHM y en la época seca (Figura 2b). En la época seca, la BM representó 59% de la biomasa total medida en el sistema BHM mientras esta fue solo 30% para BHA. Una cantidad superior de BM en la época seca y en el BHM, pudo estar relacionada con una mayor tasa de senescencia debida al estrés hídrico (Wilson, 1996; Zelada, 1996). Una relación H:T mayor bajo BHA pudo ser una adaptación fisiológica de la pastura para tolerar sombra (Wong y Wilson, 1996).

Calidad forrajera. La concentración y solubilidad de PC en el follaje de *B. humidicola* fueron significativamente mayores ($p < 0.05$) en asocio que en monoculti-

vo (Figuras 3a y 3b). No se detectaron diferencias significativas en la DIVMS; sin embargo, esta fue mayor para el BHA (46.2 vs 44%). La mayor concentración de PC pudo estar relacionada con la capacidad de *A. mangium* de fijar N a través de relaciones simbióticas (Galiana *et al.*, 1998). La mayor humedad en el BHA permitió a la gramínea aprovechar mejor el N (Wilson, 1996).

CONCLUSIÓN

La integración de *A. mangium* en sistemas silvopastoriles con *B. humidicola* en Calabacito, Panamá incrementó la productividad y el valor nutritivo de la pastura.

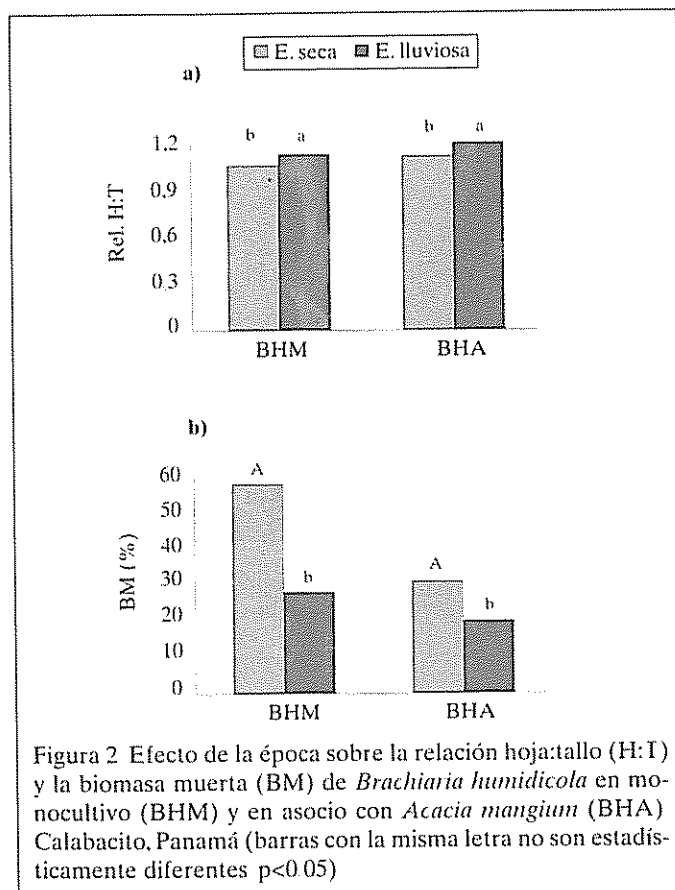


Figura 2 Efecto de la época sobre la relación hoja:tallo (H:T) y la biomasa muerta (BM) de *Brachiaria humidicola* en monocultivo (BHM) y en asocio con *Acacia mangium* (BHA) Calabacito, Panamá (barras con la misma letra no son estadísticamente diferentes $p < 0.05$)

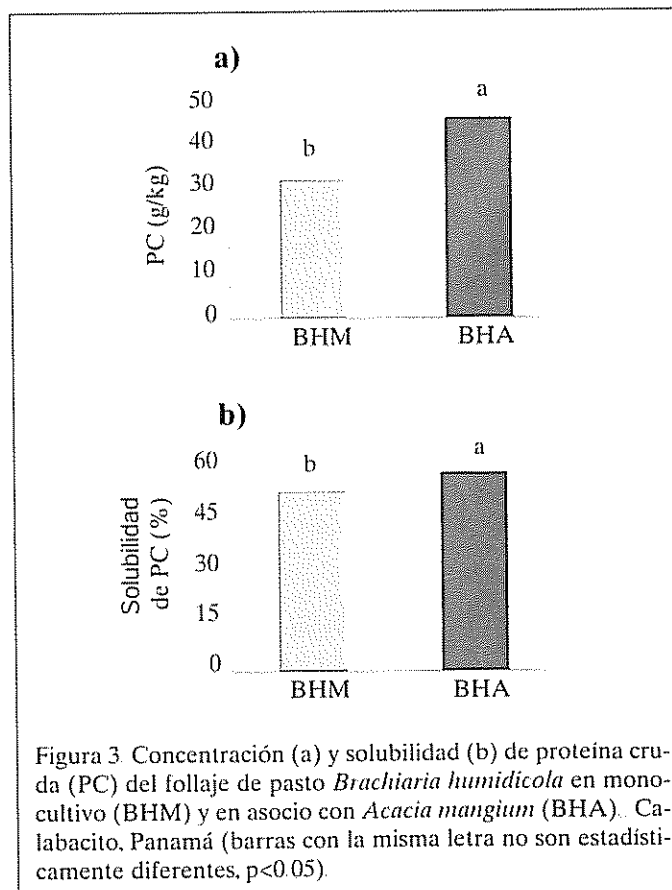


Figura 3 Concentración (a) y solubilidad (b) de proteína cruda (PC) del follaje de pasto *Brachiaria humidicola* en monocultivo (BHM) y en asocio con *Acacia mangium* (BHA). Calabacito, Panamá (barras con la misma letra no son estadísticamente diferentes, $p < 0.05$).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Galiana A, Gnathoua G, Chamont J, Lesueur D, Prin Y and Mallet B (1998) Improvement of nitrogen cycling in two traditional Central American agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 4: 77-87

Serrao EA y Toledo J (1990) The search for sustainability in Amazonian pastures; (Ed) Anderson AB New York. Columbian University Press. pp. 195-214

Velasco J (1998) Productividad forrajera aporte de fósforo foliar y dinámica de los hongos endomicorrízicos y lombrices, en una pradera de *Brachiaria humidicola* sola y en asocio con *Acacia mangium*. Tesis Mag. Sc. CATIE Turrialba Costa Rica. 88 p

Wilson J (1996) Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. *Australian Journal of Agricultural Research* 31: 269-285

Wong C and Wilson J (1980) Effects of shading on the growth and nitrogen content of green Panic and Siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Australian Journal of Agricultural Research* 31: 269-285

Zelada S (1996) Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en la zona Atlántica norte de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE Turrialba Costa Rica 88p

Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica¹

Alejandro López², Andrea Schlönvoigt³, Muhammad Ibrahim³,
Christoph Kleinn³, Markku Kanninen³

Palabras claves: *Cordia alliodora*, *Panicum maximum*, regeneración natural

RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles son potenciales sumideros de carbono (C) que pueden contribuir a mitigar el efecto de las emisiones globales de C. En un estudio de caso en la Zona Atlántica de Costa Rica, un suelo Typic Tropofluent de fertilidad media almacenó 233 Mg C ha⁻¹ en los primeros 50 cm de suelo cuando el uso de la tierra era un pastizal puro de pasto guinea (*Panicum maximum*). En sistemas silvopastoriles de laurel (*Cordia alliodora*) de regeneración natural (<3, 3-7 y >7 años) en pastizales de *P. maximum*, el C acumulado varió entre 180-200 Mg ha⁻¹ dependiendo de la edad de los árboles. Las concentraciones de C en el suelo disminuyeron con la profundidad del suelo y con la distancia a los árboles. La variabilidad de la distribución del C aumentó con la profundidad del suelo y con la edad de los árboles.

QUANTIFICATION OF CARBON STORAGE IN THE SOIL OF A SILVOPASTORAL SYSTEM IN THE ATLANTIC ZONE OF COSTA RICA

SUMMARY

Silvopastoral systems are considered potential carbon (C) sinks which might help to mitigate the effects of increasing global C emissions. In a case study in the Atlantic Zone of Costa Rica, a medium-low fertile Typic Tropofluent soil stored 233 Mg C ha⁻¹ in the upper 50 cm under a Green Panic (*Panicum maximum*) pasture monoculture. In association with three different growth stages of natural regeneration of salmwood (*Cordia alliodora*; <3, 3-7, >7 years) the soil stored 180-200 Mg C ha⁻¹. Soil C concentrations decreased with soil depth and distance from the tree. Variability of C distribution increased with soil depth and age of the stand.

INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono es el gas de invernadero que más contribuye al cambio climático. En el suelo, el carbono (C) está almacenado como parte de la materia orgánica y representa más de 1400 Gt (1Gt = 10¹⁵ g), casi el doble del que hay en la atmósfera (Post *et al.*, 1982). En la zona Atlántica de Costa Rica, en los últimos 25 años, la conversión del bosque a pasturas poco productivas ha resultado en una pérdida neta de 150-2180 g C m⁻², dependiendo del tipo de suelo (Veldkamp, 1994). Sin embargo, aumentos en la reserva de C del suelo fueron reportados especialmente para pasturas mejoradas y bien manejadas (Lugo y Brown,

1993; Fisher *et al.*, 1994). Este estudio de caso presenta resultados sobre el C almacenado en el suelo bajo pastizales puros de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) y en un sistema silvopastoril de pasto guinea y rodales de laurel (*Cordia alliodora* (Ruíz & Pav.) Oken) de diferentes edades, en San Carlos, Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio y manejo de las pasturas. La investigación se realizó en la finca La Guaría, La Fortuna, San Carlos, Costa Rica (10°28'N, 84°35'O; altitud 250 m; 3609 mm año⁻¹; 26,1°C). Los suelos se clasifican como Typic Tropofluent (USDA) de textura gruesa,

¹ Basado en López A (1998) Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 50 p. ² MSc Agroforestería Tropical; ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica, aschlönv@catie.ac.cr; mibrahim@catie.ac.cr; ckleinn@catie.ac.cr; kanninen@catie.ac.cr

pH ligeramente ácido y fertilidad media a baja. Las pasturas fueron establecidas hace 50 años y desde hace 15 años se comenzó a permitir la regeneración natural de *C. alliodora*.



Durante los primeros siete a diez años de crecimiento, el sistema silvopastoril de *Panicum maximum* y *Cordia alliodora* tiene el potencial de acumular C en la biomasa sin disminuir el C en el suelo (Foto: A. López)

Muestreo y mediciones. Se identificaron cuatro sistemas para estudio: 1) pasto solo; 2) pasto con árboles pequeños (<3 años); 3) pasto con árboles medianos (3-7 años) y 4) pasto bajo árboles grandes (>7 años). No se utilizaron repeticiones. Se tomaron muestras de suelo a cuatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30 y 30-50 cm) y se determinó el C orgánico por el método de Walkley-Black. Para la conversión de materia orgánica a C, se usó el factor 1.72 (Díaz-Romeu y Hunter, 1982).

Análisis de datos. Se probó un modelo de regresión lineal multivariado y varios modelos univariados ($p < 0.05$) entre el C del suelo almacenado hasta una profundidad de 50 cm y las distancias a los tres árboles más cercanos y sus dimensiones en dap y altura total. El volumen de madera del tallo de *C. alliodora* se calculó según Somarriva y Beer (1987). La cantidad de C alma-

cenado en la madera se calculó para cada árbol multiplicando el volumen por el factor de 0.25, el cual toma en cuenta la densidad de la madera (g cm^{-3}) y el porcentaje de C en la biomasa, ambos reportados como 0.5. La acumulación de C en la madera por hectarea se calculó con base en la densidad de los árboles en las parcelas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de las especies. Las densidades de los árboles en las parcelas silvopastoriles fueron 30% menor en el rodal de >7 años que en rodales jóvenes (Cuadro 1). El crecimiento de los árboles de tres a siete años fue comparable a lo reportado para una plantación pura de *C. alliodora* de cinco años en Talamanca, Costa Rica (Lucas *et al.*, 1995). La densidad de macollos del pasto guinea fue 20% mayor en pasto puro que en las parcelas con árboles pequeños. Entre más grandes los árboles, la densidad de macollos se redujo hasta un 40%.

Almacenaje de C en el suelo y en la madera. En el sistema silvopastoril, el suelo almacenó por lo menos seis veces más C que la madera del tallo de *C. alliodora* (Figura 1). En un bosque o una plantación, la mitad del C en el ecosistema se encuentra en la biomasa aérea (Dixon *et al.*, 1994). Se encontró más C en el suelo de la pastura sola que en la pastura con árboles, lo cual podría deberse a diferencias en la fertilidad del suelo entre sitios. En la pastura pura el suelo tenía mayor cantidad de N_{total} y se encontraba menos compacto. La reducción de la densidad del pasto debajo de la sombra de los árboles pudo también afectar el almacenaje de C en el suelo. Pastos bien manejados influyen positivamente sobre el C en el suelo (Fisher *et al.*, 1994).

La concentración de C en el suelo se redujo con la profundidad (Figura 2) y con la distancia al árbol más cercano del punto de muestreo:

Cuadro 1. Densidades de *Panicum maximum* y *Cordia alliodora* y promedios de diámetro del tallo a la altura del pecho (d), altura total (h), área basal (G) y volumen total (V) de los árboles. San Carlos, Costa Rica.

Parcelas	<i>P. maximum</i> (macollos ha ⁻¹)	<i>C. alliodora</i> (árboles ha ⁻¹)	d (cm)	h (m)	G (m ² ha ⁻¹)	V (m ³ ha ⁻¹)
1. Pasto puro	9822	0	-	-	-	-
2. Árboles < 3 años	8086	180	7.8	6.0	0.9	9.36
3. Árboles 3-7 años	7827	153	17.8	15.2	3.9	35.19
4. Árboles >7 años	6000	125	30.0	22.7	8.8	107.50

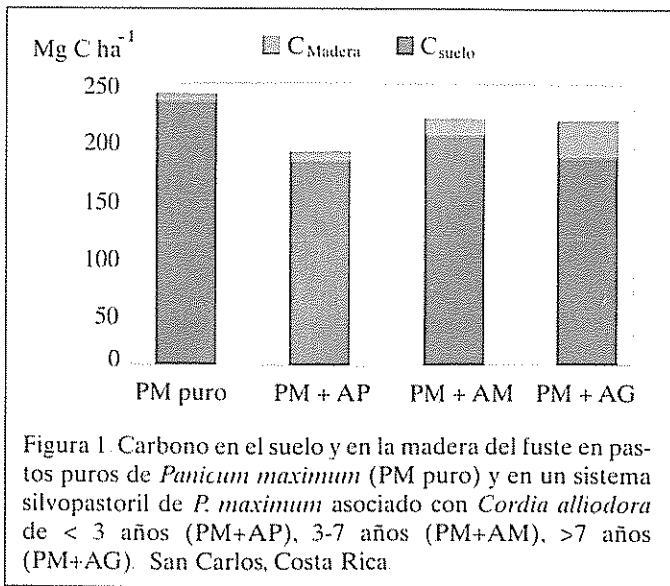


Figura 1. Carbono en el suelo y en la madera del fuste en pastos puros de *Panicum maximum* (PM puro) y en un sistema silvopastoril de *P. maximum* asociado con *Cordia alliodora* de < 3 años (PM+AP), 3-7 años (PM+AM), >7 años (PM+AG). San Carlos, Costa Rica.

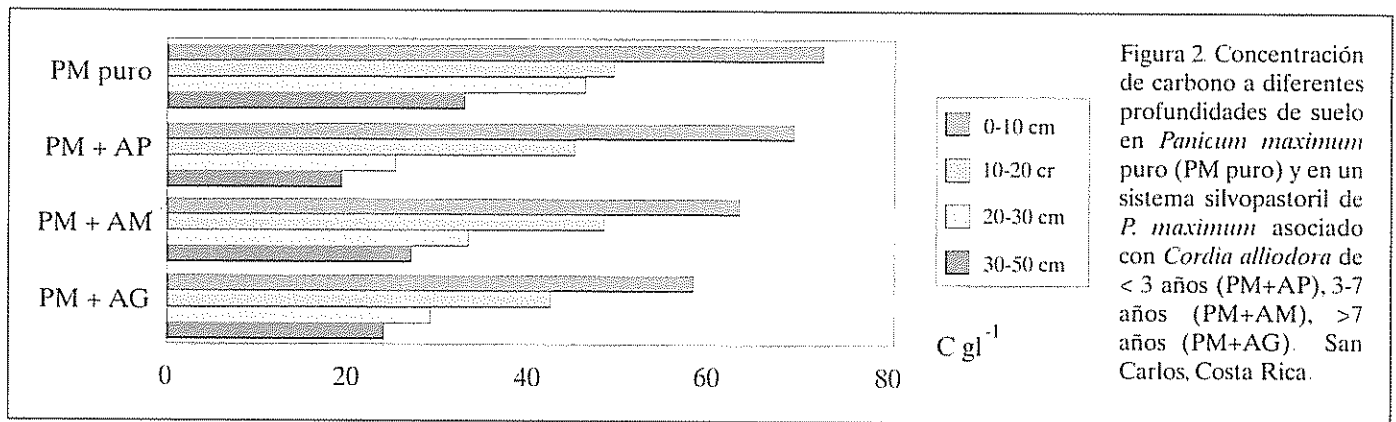


Figura 2. Concentración de carbono a diferentes profundidades de suelo en *Panicum maximum* puro (PM puro) y en un sistema silvopastoril de *P. maximum* asociado con *Cordia alliodora* de < 3 años (PM+AP), 3-7 años (PM+AM), >7 años (PM+AG). San Carlos, Costa Rica.

P. maximum asociado con *C. alliodora*
de 3-7 años de edad:

$$C_{\text{suelo}} \text{ (g l}^{-1}\text{)} = 48.64 - 3.05 * D \quad p = 0.013 \quad R^2 = 0.25;$$

P. maximum asociado con *C. alliodora*
de >7 años de edad:

$$C_{\text{suelo}} \text{ (g l}^{-1}\text{)} = 42.91 - 2.29 * D \quad p = 0.046 \quad R^2 = 0.17;$$

donde D corresponde a la distancia al árbol más cercano del punto de muestreo.

Este patrón se pudo relacionar con la acumulación de materia orgánica proveniente de la hojarasca y de las raíces de los árboles. Sin embargo, los R^2 de ambos modelos son muy bajos, lo que indica que hay otros factores que influyen mucho sobre la distribución del C en el suelo. Estos factores incluyeron, por ejemplo, la distribución de las heces del ganado o la distribución y densidad de los macollos del pasto.

CONCLUSIONES

En suelos de fertilidad media y bien drenados, el sistema silvopastoril de *P. maximum* y *C. alliodora* tiene el potencial de acumular C en la biomasa, sin disminuir el C en el suelo durante los primeros siete a diez años de crecimiento. En el sistema silvopastoril, además, se genera ingresos para el productor, la madera producida almacena el C por muchos años (si se utiliza como madera de construcción) y, a la vez, se reduce la presión sobre el C almacenado en la madera de los bosques naturales. Se necesitan estudios comparativos en diferentes ecozonas y combinaciones de especies de pasto y árboles que permitan elaborar una propuesta para incentivar sistemas silvopastoriles a nivel nacional.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Diaz-Romeu R y Hunter A (1982) Metodología de muestreo de suelos: análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones en inventario Serie Materiales de Enseñanza No. 12 CATIE, Turrialba Costa Rica.
- Dixon RK, Brown S, Houghton RA, Salomon AM, Trexler MC and Wisniewski J (1994) Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science 263: 185-190
- Fisher MJ, Rao IM, Ayarza MA, Lascano CE, Sanz JI, Thomas RJ and Vera RR (1994) Carbon storage by introduced deep rooted grasses in the South American savannas. Nature 371: 236-238
- Lucas C, Beer J y Kapp G (1995) Reforestación con maderables. Sistemas agrosilviculturales vs plantaciones puras en Talamanca, CR. Resultados agrícolas y forestales. Serie Técnica, Informe Técnico 243, CATIE, Turrialba CR 65 p
- Lugo AE and Brown S (1993) Management of tropical soils as sinks or sources of atmospheric carbon Plant and Soil 149: 27-41
- Post WH, Emanuel WR, Zinke PS and Stangenberger AG (1982) Soil carbon pools and world life zones. Nature 298: 156-159
- Somarrriba E and Beer J (1987) Dimensions volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. Forest Ecology and Management 18(2): 113-126
- Veldkamp E (1994) Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation Soil Science Society of America Journal 58: 175-180

Rendimiento de pasturas con y sin sombra en el trópico húmedo de Costa Rica¹

Luis Villafuerte², José Arze³, Muhammad Ibrahim³

Palabras claves: composición botánica, fertilidad del suelo, sistemas silvopastoriles.

SHADED AND UNSHADED PASTURE YIELDS IN THE HUMID TROPICS OF COSTA RICA

RESUMEN

El índice de sombra, las condiciones edafológicas y la composición florística del pastizal determinaron el rendimiento de las pasturas en 22 sitios silvopastoriles distribuidos entre dos localidades en Costa Rica. El rendimiento de pasturas no mejoradas bajo sombra de árboles frutales fue significativamente menor que a pleno sol. Pasturas mejoradas bajo sombra abierta de árboles maderables, como *Cordia alliodora*, produjeron igual que a pleno sol.

SUMMARY

Pasture yield in 22 silvopastoral systems, distributed between two locations in Costa Rica, was determined by the degree of shading, soil conditions and floristic composition. The yield of unimproved pastures under fruit trees was significantly less than when grown with full sunlight. Improved pastures beneath the open shade of timber trees, such as *Cordia alliodora*, gave the same production as unshaded areas.

INTRODUCCIÓN

La sombra reduce significativamente la productividad de las pasturas. Somarriba (1988) encontró que las pasturas con sombra de árboles de guayaba (*Psidium guajava*) no presentaron un cambio drástico en cuanto a su composición florística, pero sí en cuanto a su productividad, la cual puede llegar a ser de 43% a 63% de la productividad a pleno sol. Reynolds (1995) encontró que el rendimiento del pasto guinea (*Panicum maximum*) bajo 60% de sombra fue de apenas 8350 vs 32777 kg ha⁻¹ a pleno sol, es decir, una reducción del 75%. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la sombra sobre el rendimiento de las pasturas, en dos localidades del trópico húmedo bajo de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Río Frío (10° 20' N y 83° 54' O, altitud 100 m, 4120 mm año⁻¹, 20 -30 °C (Urgiles, 1996)) y La Fortuna (10° 28' N y 84° 39' O, altitud 250 m, 3385 mm año⁻¹ y 23 °C (Chinchilla, 1987)), Costa Rica. En cada localidad se seleccionaron 11 sitios silvopastoriles de acuerdo a la densidad y distribución espacial del

componente arbóreo y a la composición florística de las pasturas. Se estimó el índice de sombra (IS) para cada sitio (Hammond *et al.*, 1995; Sepúlveda *et al.*, 1998). Este índice fue calculado tomando como referencias niveles máximos para los indicadores de cobertura y densidad (árboles por unidad de área) y mínimos para el indicador de distancia (promedio entre árboles), para cada tipo de árbol:

$$IS = [1/2(C + P)] / D$$

IS = índice de sombra
C = cobertura

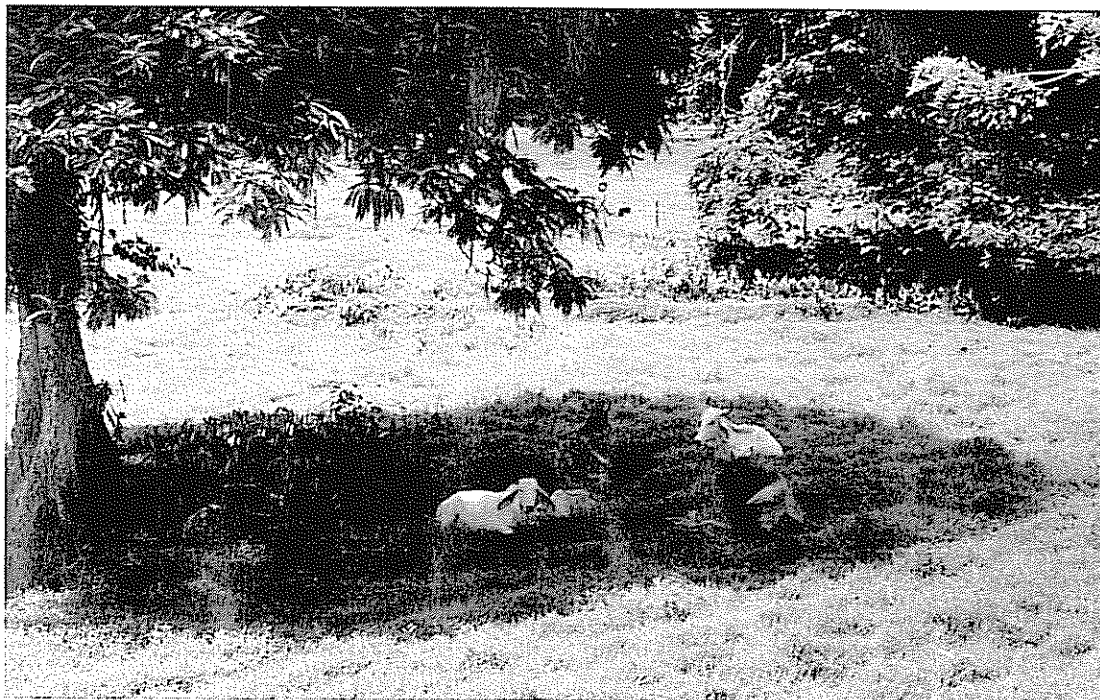
P = densidad
D = distancia

Se determinó la composición florística y el rendimiento de las pasturas en condiciones de sombra y a pleno sol de acuerdo al método comparativo y rango de peso seco (Haydock y Shaw, 1975; Mannelje y Haydock, 1963).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los árboles frutales fueron el componente arbóreo más común en los potreros de Río Frío; los maderables

¹ Basado en Villafuerte LE (1998) Sistemas expertos para toma de decisiones de manejo en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo bajo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 98 p. ² MSc Agroforestería Tropical, CATIE, 1998. ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica, jarze@catie.ac.cr, mibrahim@catie.ac.cr



El tipo de sombra, las condiciones del suelo y la composición florística determinaron el rendimiento de las pasturas (Foto: L. Meléndez)

ocuparon el segundo lugar y los árboles de sombra el tercero. En La Fortuna, los maderables como el laurel (*Cordia alliodora*), fueron el componente arbóreo más abundante (Figura 1). La sombra fue mayor en Río Frío que en La Fortuna debido a la presencia de frutales de copas densas, como la guayaba (*Psidium guajava*) y la naranja (*Citrus sinensis*).

Los suelos de Río Frío presentaron problemas de dre-

naje, acidez y deficiencias de Ca, Mg, P, K y Zn, caracterizándose como suelos de baja fertilidad. Las deficiencias de Zn, Mg y P afectaron el rendimiento y calidad nutritiva de las pasturas, el rendimiento de vacas en ordeño y el desarrollo de terneros lactantes (Skerman y Riveros 1992). Los suelos de La Fortuna son de origen volcánico, de buen drenaje y ligeramente ácidos, alta fertilidad (Cuadro 1), aptos para el establecimiento de pasturas mejoradas.

En Río Frío, las pasturas estuvieron constituidas por gramineas no mejoradas tolerantes a la sombra, especialmente *Ischaemum ciliare* (35%) y *Axonopus compressus*

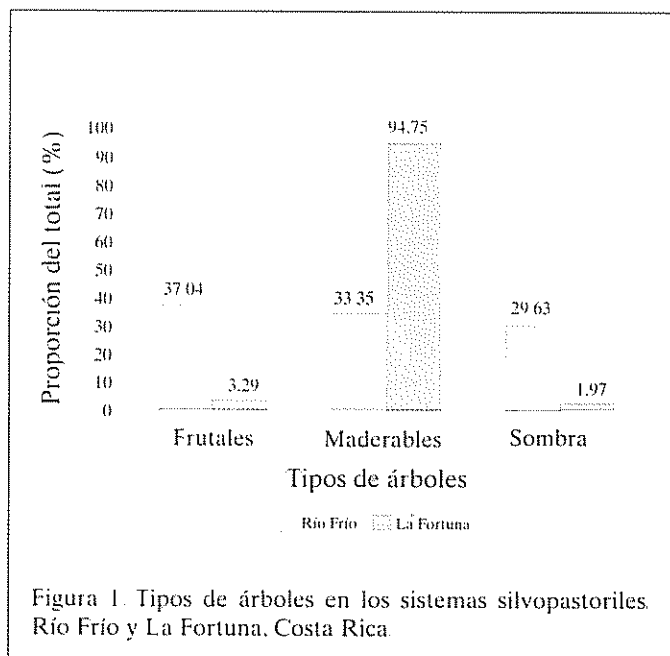


Figura 1. Tipos de árboles en los sistemas silvopastoriles Río Frío y La Fortuna, Costa Rica

Cuadro 1. Características químicas de los suelos. Río Frío y La Fortuna, Costa Rica.

Elemento	Unidades	Contenidos		
		Río Frío	La Fortuna	Niveles óptimos
Ca	meq/100 g	0.99	6.2	4-20
Mg	meq/100 g	0.22	0.98	1-10
K	meq/100 g	0.16	0.25	0.2-1.5
P	ppm	8	12.05	10-40
Cu	ppm	6	11.05	1-20
Fe	ppm	185	88.6	10-50
Mn	ppm	26	10.05	5-50
Zn	ppm	0.74	1.4	3-15
pH	-	4.8	5.51	6-7

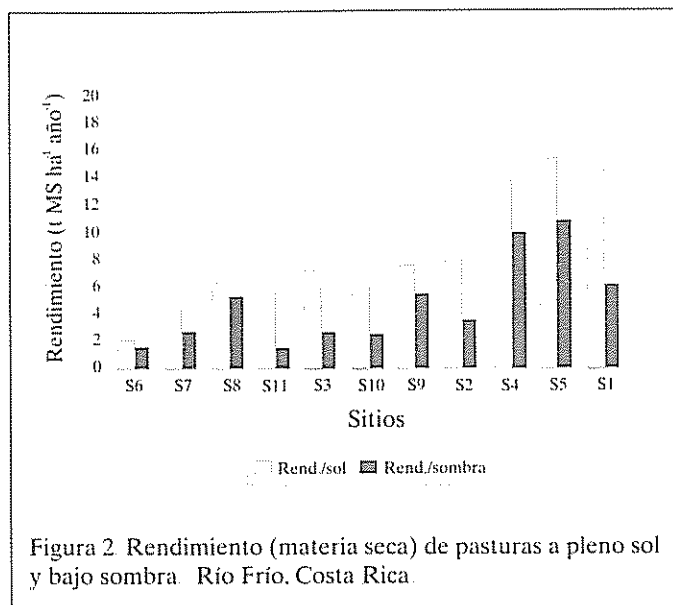


Figura 2 Rendimiento (materia seca) de pasturas a pleno sol y bajo sombra. Río Frío, Costa Rica.

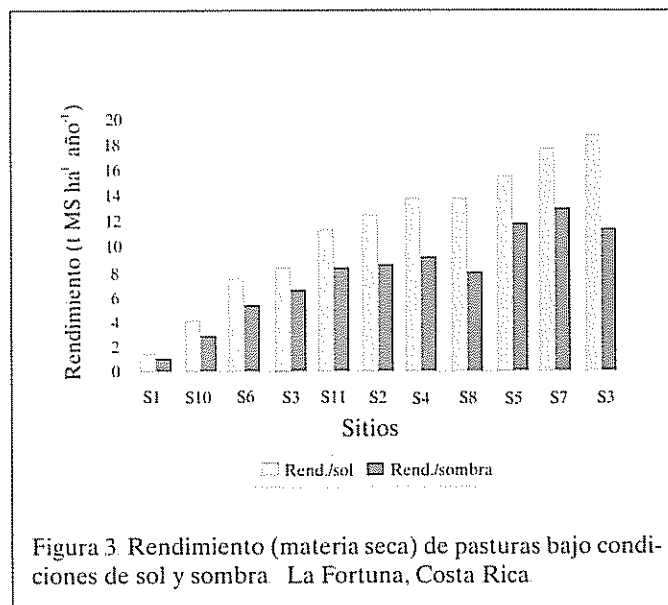


Figura 3 Rendimiento (materia seca) de pasturas bajo condiciones de sol y sombra. La Fortuna, Costa Rica.

(25%). En cambio, en La Fortuna, las especies de mayor cobertura fueron *Cynodon nlemfuensis* (25%) y *A. compressus* (4%). Las malezas cubrieron 22% y 38%, en Río Frío y La Fortuna, respectivamente. *I. ciliare* y *A. compressus* fueron consideradas gramíneas de bajo rendimiento, invasoras, tolerantes a la sombra, al anegamiento y a suelos de baja fertilidad (Villareal, 1992).

En Río Frío, el 72% de los pastizales al sol produjeron menos de 8 t ha⁻¹ año⁻¹ de materia seca (Figura 2), lo que equivale al 39% del rendimiento promedio obtenido con pasturas mejoradas en condiciones de pleno sol en esta localidad. Bajo sombra, el 27% de las pasturas produjeron rendimientos regulares (6 a 10 t ha⁻¹ año⁻¹), el resto produjo bajos rendimientos. La sombra redujo significativamente la producción promedio de materia seca de 8.7 a 4.7 t ha⁻¹ año⁻¹ (46%). En La Fortuna, el 72% de las pasturas a pleno sol produjeron más de 8 t ha⁻¹ año⁻¹ de materia seca. Bajo sombra, los rendimientos fueron menores que a pleno sol (31%), sin llegar a diferencias promedio significativas (11.2 a 7.7 t ha⁻¹ año⁻¹) (Figura 3).

CONCLUSIONES

El tipo de sombra, las condiciones del suelo y la composición florística de los pastizales determinaron el rendimiento de las pasturas en Río Frío y La Fortuna. Árboles de copas densas, como los frutales o algunos árboles de sombra, pueden reducir en un 50% el rendimiento de pasturas no mejoradas. En cambio, árboles maderables de copa rala y abierta, como *C. alliodora*,

pueden reducir el rendimiento de pasturas mejoradas en un 30%. En condiciones de baja fertilidad de suelo, drenaje deficiente, con gramíneas no mejoradas y en presencia de árboles de copas densas, el rendimiento de las pasturas, tanto en sol como en sombra, es bajo (menos de 6 t ha⁻¹ año⁻¹). Por el contrario, en suelos fértiles, con buen drenaje, gramíneas mejoradas y sombra abierta los rendimientos pueden ser altos (más de 8 t ha⁻¹ año⁻¹).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Chinchilla VE (1987) Atlas cantonal de Costa Rica. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM), San José, Costa Rica. 395 p.
- Hammond A, Adriaanse A, Rodenburg E, Bryant D and Woodward R (1995) Environmental Indicators: a systemic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington, DC. World Resources Institute. 43 p.
- Haydock KP and Shaw NH (1975) The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 15: 663-670.
- Mannetje L and Haydock KP (1963) The dry weight-rank method for the botanical analysis of pasture. Journal of the British Grassland Society 18: 268-275.
- Reynolds GS (1995) Pasture-cattle-coconut system. FAO Field Operations Division Technical Cooperation Department Bangkok, Tailandia 668 p.
- Sepúlveda S, Castro A y Rojas P (1998) Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales. San José, Costa Rica. IICA, 76 p.
- Skerman PJ y Riveros F (1992) Gramíneas tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Roma. Italia. 849 p.
- Somarriba E (1988) Pasture and floristic composition under the shade of guava (*Psidium guajava* L.) trees in Costa Rica. Agroforestry Systems 6:153-162.
- Urgiles CJ (1996) Descripción cuantitativa y optimización de sistemas de producción de leche especializada en Río Frío, Costa Rica. Tesis. Mag. Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 129 p.
- Villareal M (1992) Evaluación comparativa de ratana (*Ischaemum ciliare*) como especie forrajera. Agronomía Costarricense 16(1): 37-44.

Productividad de *Panicum maximum* bajo *Pinus caribaea*¹

Luis Gallo², Eduardo Somarriba³, Muhammad Ibrahim³, Glenn Galloway³

Palabras claves: Costa Rica, índices de densidad de rodal, modelos de regresión, sistemas silvopastoriles

PRODUCTIVITY OF *Panicum maximum* BELOW *Pinus caribaea*

RESUMEN

SUMMARY

Se estudió la productividad de *Panicum maximum* bajo rodales de *Pinus caribaea* de diferentes densidades arbórea. Se evaluaron cinco modelos de regresión y cinco índices de densidad de rodal (área basal, factor de cubrimiento de copas, índice de Reineke, espaciamiento relativo, biomasa de follaje). La productividad de *P. maximum* decreció a medida que aumentó la densidad del rodal. Se recomienda utilizar un modelo exponencial negativo ($y = 52.517 e^{-0.104x}$; $y = \text{kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$; $x = \text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$), con área basal (x) como índice de densidad de rodal, para modelar la productividad (y) de *P. maximum* bajo *P. caribaea*.

The productivity of *Panicum maximum* was studied under stands of *Pinus caribaea* with different tree densities. Five regression models and five stand density indexes (basal area, crown cover factor, Reineke's index, relative spacing, foliage biomass) were evaluated. The productivity of *P. maximum* decreased as the tree stand density increased. Stand basal area (x) and a negative exponential function ($y = 52.517 e^{-0.104x}$; $y = \text{kg DM ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$; $x = \text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) are recommended to model the productivity (y) of *P. maximum* under *P. caribaea*.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los árboles y la respuesta de la vegetación del sotobosque constituyen dos aspectos determinantes del manejo silvopastoril para la producción simultánea de madera y forraje. El objetivo de este estudio fue evaluar cinco diferentes formas funcionales y cinco índices de densidad de rodal forestal para modelar los cambios de la productividad de *Panicum maximum* bajo rodales de *Pinus caribaea* de diferentes densidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una finca localizada en Pavones, Turrialba (9°54' N, 83°7' O; altitud 600 m; 3240 mm año⁻¹; humedad relativa 89%). Los suelos se clasifican como Typic Tropohumult y Typic Humitropept. Las plantaciones de *P. caribaea* (un total de 532 ha) fueron establecidas entre 1976-1981 con el objetivo de producir pulpa para papel. El espaciamiento inicial fue de 2.5 x 2.5 m (1600 árboles ha⁻¹). Se establecieron seis parcelas permanentes para medición del crecimiento de las pasturas bajo rodales con 10 - 20 m² ha⁻¹ de área basal. Las parcelas midieron 1000 m² (50 x 20 m) de

área útil y 1400 m² de bordes. Las seis parcelas se ralearon en el año 1986, reduciendo el área basal a 8-14 m² ha⁻¹. Entre 1985-1990 se midió en estas parcelas el crecimiento de los árboles, la composición botánica de la pastura y la productividad de *P. maximum*.

Los modelos evaluados fueron: $y = a + b x$; $y = a + b \log(x)$; $\log y = a + b x$; $y = a e^{bx}$; $y = a b^{-x}$, siendo "y" el crecimiento de *P. maximum* (kg MS ha⁻¹ día⁻¹) y "x" los índices de densidad de *P. caribaea*. Se probaron los siguientes índices de densidad de rodal: área basal, índice de Reineke (Reineke, 1933), factor de cubrimiento de copas (Krajicek *et al.*, 1961), espaciamiento relativo (Wilson, 1946) y biomasa de follaje utilizando la ecuación presentada por Egunjobi (1976).

RESULTADOS

La productividad de *P. maximum* varió entre 3 - 23 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ (Cuadro 1). La productividad de la pastura disminuyó a medida que aumentó la densidad de los rodales (Figura 1). Los modelos de regresión explicaron ($p < 0.01$) entre 39-62% de la variación en productividad de *P. maximum*.

¹ Basado en Gallo L (1998) Crecimiento de *Panicum maximum* bajo *Pinus caribaea*: relaciones dosel - pradera. Tesis Mag Sc CATIE, Turrialba, Costa Rica. 82 p. ² MSc Agroforestería Tropical CATIE. 1998. Forest@micro.edu.uy. ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica. esomarri@catie.ac.cr; mibrahim@catie.ac.cr; galloway@catie.ac.cr

Cuadro 1. Productividad de *Panicum maximum* e indicadores de densidad de *Pinus caribaea* por parcela e intervalos de medición (1986-1990). Pavones, Costa Rica.

Parcela	Intervalo	<i>P. maximum</i>		Indicadores de densidad de <i>P. caribaea</i>			
		MS	g	IDR	CCF	RS	BC
1	1	17	14	311	48	25	6207
1	2	9	19	392	59	22	9742
1	3	4	21	427	64	19	12736
2	1	23	14	295	44	31	6926
2	2	15	17	341	50	25	10337
2	3	8	20	394	57	24	13066
2	4	4	22	417	60	23	15020
3	1	15	14	292	43	27	8302
3	2	9	18	360	52	24	12072
3	3	5	19	371	53	23	14130
4	1	17	9	191	29	35	3950
4	2	18	10	210	32	33	5188
4	3	13	12	247	37	29	7300
4	4	10	13	269	39	27	8603
5	1	17	12	263	40	28	5284
5	2	20	17	349	52	23	9089
5	3	10	19	383	57	21	11749
5	4	6	20	405	59	19	13410
6	1	22	9	194	30	32	3410
6	2	12	12	258	38	29	5764
6	3	7	15	306	45	26	8412
6	4	3	16	329	48	22	10788

g = área basal (m² ha⁻¹); MS= materia seca (kg ha⁻¹ día⁻¹); IDR = índice de densidad de rodal; CCF = factor de cubrimiento de copas (%); RS = índice de espaciamiento relativo(%); BC = biomasa de follaje del rodal (kg ha⁻¹). Los intervalos de medición promedian el crecimiento de *P. maximum* entre 1986 - 1990.

DISCUSIÓN

Los modelos exponencial negativo y lineal fueron los que mejor explicaron la disminución de la productividad de *P. maximum* ante incrementos de la densidad de rodales de *P. caribaea*. Estas observaciones fueron consistentes con resultados de zonas templadas con *Pinus ponderosa* (Mitchell y Bartling, 1991). El modelo $y = a e^{-bx}$ resulta el más indicado de los modelos evaluados en este estudio porque: 1) es linealizable ($\log y = a - bx$) y esto permite estimar un coeficiente de determinación mediante mínimos cuadrados; 2) es sencillo; 3) la variable dependiente e independiente se miden en escalas naturales, fáciles de interpretar y 4) tiende a cero a altas densidades de rodal y no hacia valores negativos como ocurre con los modelos lineales.

El poder predictivo de los índices de densidad sobre la productividad de la pradera fueron todos muy similares y se podría utilizar cualquiera. El área basal y el índice de Reineke son funciones directas del dap y de la población del rodal (N). El factor de cubrimiento de copas se basa en una estimación de los diámetros de copa en función del dap para calcular la proyección de la copa y extrapolar la superficie de copas a una hectárea. Su cálculo, por lo tanto, depende nuevamente del dap y de N. La biomasa de copa es también una estimación alométrica basada en el dap y la altura, ajustada por N. El único índice que no incorpora explícitamente el dap es el espaciamiento relativo (RS), el cual se calcula en función de la altura dominante y del espaciamiento medio de los árboles (el cuál es una medida de N). Sin embargo, si tomamos en cuenta que existe una fuerte correlación entre dap y altura ($r = 0.73$), no es de extrañar que la capacidad explicativa de RS sea muy similar a la de los indicadores basados en el dap.

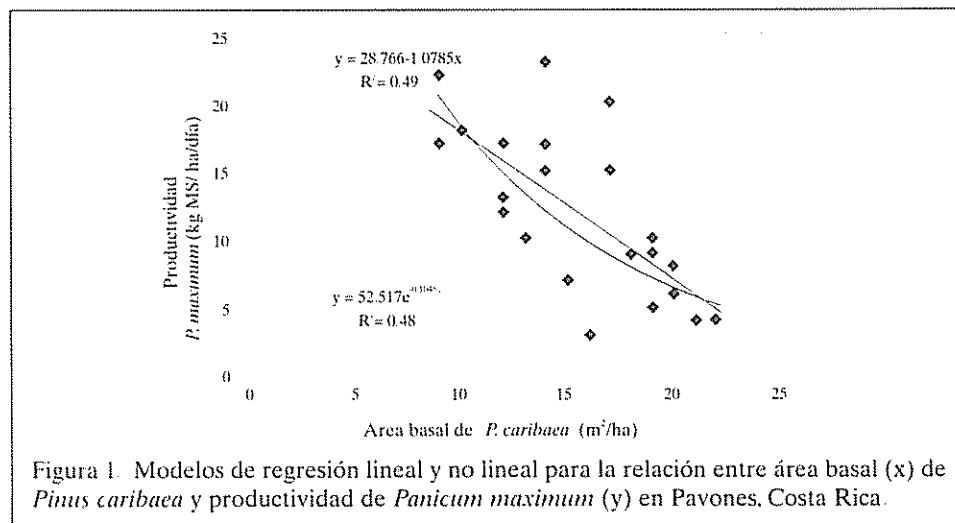


Figura 1. Modelos de regresión lineal y no lineal para la relación entre área basal (x) de *Pinus caribaea* y productividad de *Panicum maximum* (y) en Pavones, Costa Rica.



La productividad de *Panicum maximum* bajo *Pinus caribaea* disminuyó a medida que aumentó la densidad de los rodales (Foto: E. Somarriba)

En este estudio, la población de los rodales después del raleo en 1986 se mantuvo constante durante el período de mediciones, por lo que el comportamiento de los índices de densidad refleja el desarrollo en el dap de los rodales. De los índices evaluados, el área basal es el más fácil de calcular e interpretar y se utiliza normalmente para prescribir raleos, lo que permite planificar el manejo para la producción simultánea de madera y forraje.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El rendimiento de *P. maximum* se redujo a medida que aumenta la densidad de los rodales de *P. caribaea*. Se recomienda utilizar una función exponencial negativa

con el área basal como variable independiente para modelar esta relación. Es necesario investigar más sobre el crecimiento de *P. maximum* a bajas densidades de rodal.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Egunjobi JK (1976) An evaluation of five methods for estimating biomass of an even-aged plantation of *Pinus caribaea* L. *Oecologia Plantarum* 11(2): 109-116
- Krajicek JE, Brinkman KA and Gingrich SF (1961) Crown competition - a measure of density. *Forest Science* 7:36-42
- Mitchell JE and Bartling PN (1991) Comparison of linear and no linear overstory-understory models for ponderosa pine. *Forest Ecology and Management* 42:195-204
- Reineke LH (1933) Perfecting a stand-density index for even aged forest. *Journal of Agricultural Research* 46:627-638
- Wilson FG (1946) Numerical expression of stocking in terms of height. *Journal of Forestry* 77(8):483-486

Modelaje de opciones silvopastoriles sostenibles para el sistema ganadero de doble propósito en el trópico húmedo¹

Javier Botero², Muhammad Ibrahim³, Bastiaan Bouman⁴,
Hernán Andrade⁵, Juan Carlos Camargo⁵

Palabras claves: Análisis financiero, programación lineal, uso de la tierra

RESUMEN

Programación lineal y el programa PASTOR fueron utilizados para modelar una finca ganadera de 70 ha que podría incluir: 1) pasturas naturales con y sin cercas vivas; 2) mezclas de *Brachiaria brizantha*/*Arachis pintoi*; 3) pasturas en callejones (*B. brizantha*/*Erythrina berteroana*) y 4) pastoreo en plantaciones de *Tectona grandis*. En todos estos sistemas modelados se consideró la posibilidad de plantar *T. grandis* en linderos, excepto en suelos infértiles y mal drenados. Si el precio de la leche se incrementa 10 o 25%, el modelo predice que la producción de leche se incrementaría 14 o 41%, respectivamente. El modelo predice máximos ingresos netos cuando se plantan linderos de *T. grandis* en pasturas naturales o mezclas de *B. brizantha*/*A. pintoi*. El pastoreo de plantaciones de *T. grandis* no parece ser una alternativa atractiva en fincas ganaderas, a menos que los precios de la madera se incrementen en un 10%.

MODELLING OF SUSTAINABLE SILVOPASTORAL OPTIONS FOR DUAL PURPOSE CATTLE SYSTEMS IN THE HUMID TROPICS

SUMMARY

Linear programming and the "PASTOR" programme were used to model a cattle farm of 70 ha which could include: 1) natural pasture with and without living fence posts; 2) a *Brachiaria brizantha*/*Arachis pintoi* mixture; 3) an alley pasture (*B. brizantha*/*Erythrina berteroana*); and 4) grazing in *Tectona grandis* plantations. In all land use options modelled, planting *T. grandis* in borderlines was considered, except with infertile poorly drained soils. If current milk prices were increased by 10 or 25%, the model predicts that milk production will increase by 14 or 41%, respectively. Growing *T. grandis* in borderlines of natural and *B. brizantha*/*A. pintoi* pastures were the land use systems selected by the model to maximise net returns. Grazing of *T. grandis* plantations does not appear to be attractive for cattle farms unless timber prices increase by 10%.

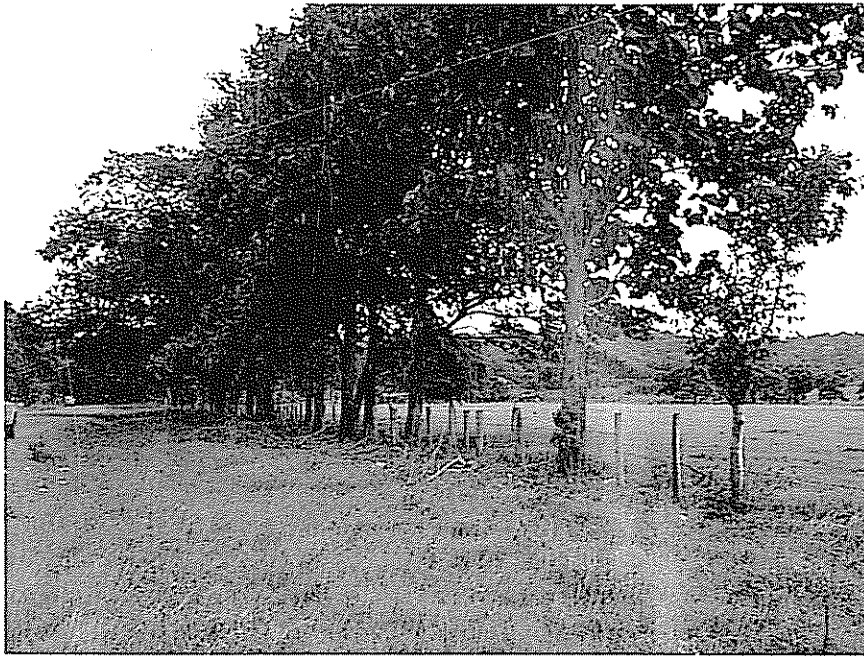
INTRODUCCIÓN

La insostenibilidad de los sistemas de producción animal en los trópicos se debe principalmente a la degradación de las pasturas (Toledo, 1994). En pasturas degradadas, la capacidad de carga se puede reducir en un 65% (Hordward, 1988). Un gran porcentaje del ganado en América Central se está explotando en el sistema de doble propósito; ya que la leche genera utilidades y proporciona un flujo constante de caja para el funcionamiento de la finca (Kaimowitz, 1996). Una opción viable para el manejo sostenible de la ganadería, son los sistemas silvopastoriles. El objetivo de esta investigación fue desarrollar un modelo de maximización, a través de programación lineal (Hillier y Lieberman, 1986), que permitiera evaluar sistemas ganaderos sostenibles en la Zona Atlántica de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó información colectada en la Zona Atlántica de Costa Rica. Se analizaron varias alternativas de producción animal para pasturas degradadas. La función objetivo maximizó el ingreso neto, utilizando coeficientes técnicos generados por PASTOR (Pasture and Livestock Technical Coefficients Generator) (Bouman y Nieuwenhuys, 1998). La información se obtuvo de 50 entrevistas a productores de la región y de fuentes secundarias. El modelo de programación lineal es desarrollado en GAMS 2.25 (Brooke *et al.*, 1992). Los escenarios se desarrollaron para una finca de 70 ha (promedio encontrado en las entrevistas), de las cuales el 43% son SFW (suelos desarrollados de depósitos aluviales jóvenes); el 43% son SIW (suelos viejos, bien drenados, de baja fertilidad, con pendiente entre 10 y

¹ Basado en Botero JA (1998) Exploración de opciones silvopastoriles para la sostenibilidad del sistema doble propósito en el trópico húmedo. Tesis Mag Sc., CATIE, Turrialba Costa Rica 99 p. ² MSc Agroforestería Tropical, CATIE, 1998. ³ CATIE, Turrialba, Costa Rica. mibrahim@catie.ac.cr ⁴ IRRI, Filipinas; ⁵ Asistentes de investigación, CATIE. handra@catie.ac.cr; jcamarg@catie.ac.cr



La plantación de *Tectona grandis* en linderos de pasturas naturales y mejoradas es la opción más viable para maximizar los ingresos de la finca (Foto: L. Meléndez)

20%, principalmente Oxisoles e Inceptisoles) y el 14% son SFP (suelos jóvenes aluviales, bien drenados, de alta fertilidad (Inceptisoles y Andosoles).

Los sistemas de uso de la tierra que se modelaron fueron: 1) pastura natural con y sin *Tectona grandis*; 2) *Brachiaria brizantha* más *Arachis pintoi* con y sin *T. grandis*; 3) pasturas en callejones (*B. brizantha-Erythrina berteroana*) y 4) plantaciones puras de *T. grandis*. Se consideró la siembra de *T. grandis* en linderos, excepto en el caso de suelos infértiles y mal drena-

dos. Se evaluó el efecto de incrementos o decrementos del precio (10 o 25%) de la leche y de la madera sobre los ingresos netos y el uso de la tierra en la finca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aumento del precio de la leche en 10 y 25%, generó un incremento (10 a 42%) en la producción de leche de la finca y de los ingresos netos (Cuadro 1), pero el volumen de madera producido en la finca fue estable (130–140 m³ año⁻¹). En términos del uso de la tierra, incrementos en el precio de la leche estimularon la plantación de pasturas mejoradas o pasto natural (Cuadro 2). La siembra de *B. brizantha*/*A. pintoi* (12–18 ha) enriquecida con *T. grandis* fue importante para maximizar los ingresos de la finca, debido a que estas pasturas pueden soportar carga animal

alta (6 animales ha⁻¹), además de producir madera. El establecimiento de plantaciones puras de *T. grandis* podría ser un uso importante de la tierra (34% de la finca) si el precio de la madera se incrementa en un 10% (Cuadro 3). Con los precios actuales de la madera, el alto costo de establecimiento y manejo y el largo plazo de los ingresos no hacen atractivo el establecimiento de plantaciones puras (Holmann *et al.*, 1992; Holmann y Estrada, 1997). Los sistemas que permiten la producción ganadera junto con la forestal, como linderos con maderables en potreros y árboles dispersos, son mas

Cuadro 1. Efecto de cambios en el precio de la leche sobre el ingreso neto y producción de leche y madera en fincas de la Zona Atlántica de Costa Rica.

Parámetro	Escenario (Cambios en precio de leche)				
	-25%*	-10%	BASE	+10%	+25%
Precio de leche (colones l ⁻¹)	45	54	60	66	75
Ingreso neto (1000 colones ha ⁻¹ año ⁻¹)	32.8	39.6	44.0	48.7	57.5
Leche (kg año ⁻¹)	52274	52274	52274	59801	73773
Madera (m ³ año ⁻¹)	140	140	140	130	140

* tasa de cambio: 1\$US = 250 colones (junio 1998)

Cuadro 2. Efecto de cambios en el precio de la leche sobre el área (ha) dedicada a diferentes usos de la tierra en una finca ganadera de 70 ha de la zona Atlántica de Costa Rica.

Uso de la tierra (ha)	Precio de la leche (colones l ⁻¹)				
	45	54	60*	66	75
<i>Brachiaria erecta</i>	0	0	0	0	10
Pasto natural + cerca muerta	0	0	0	9	0
<i>B. brizantha</i> + <i>A. pintoi</i> + <i>T. grandis</i>	12	12	12	14	18
Pasto natural + <i>T. grandis</i>	46	46	46	46	40
Plantación de <i>T. grandis</i>	2	2	2	0	2
Sin uso	10	10	10	1	0

*Precio de leche en el escenario base (junio 1998).



El establecimiento de plantaciones forestales puras de *Tectona grandis* en fincas ganaderas solo sería atractiva si los precios de la madera aumentan un 10% sobre el precio actual (foto: L Meléndez)

Cuadro 3. Efecto de un incremento del 10% en el precio local de la madera sobre el área (ha) dedicada a diferentes usos de la tierra en una finca ganadera de 70 ha de la zona Atlántica de Costa Rica.

Uso de la tierra	Precio de la madera (colones m ³)	
	17500	19250
Pasto natural + <i>Tectona grandis</i>	46	0
<i>Brachiaria brizantha</i> + <i>Arachis pintoi</i> + <i>T. grandis</i>	13	5
Plantación de <i>T. grandis</i>	1	30
Sin uso	10	35

Tasa de cambio: 1 US\$ = 250 colones (junio 1998).

atractivos debido a que permiten ingresos en el corto plazo. En otros estudios, el enriquecimiento de cercas vivas con árboles maderables contribuyó a un aumento de 15 % en los ingresos de las fincas lecheras (Holmann *et al.*, 1992).

CONCLUSIONES

La plantación de *T. grandis* en linderos de pasturas naturales y mejoradas fue la opción más viable para maximizar los ingresos de la finca. El establecimiento de plantaciones forestales puras de *T. grandis* en fincas ganaderas solo sería atractiva si los precios de la madera aumentan un 10% sobre el precio actual.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Bouman BAM and Nieuwenhuys A (1998) Exploring sustainable beef cattle farming options in the humid tropics: a case study for the Atlantic Zone of Costa Rica. In International Seminar on Agrarian Policies: A Decision Making Opportunity (1998 Heredia, Costa Rica). Proceedings. Heredia Universidad Nacional. 23 p
- Brooke A, Hendrick D and Meeraus A (1992) GAMS Release 2.25 A user's guide. Boyd & Fraser publishing company USA. 289 p
- Hillier PBR and Liebezman G J (1986) Introduction to Operations Research 4th ed. Hoden Day, USA 887 p
- Hordward P (1988) Cattle subsystem expansion in Honduras and Nicaragua: the creation of a relative surplus population as a primordial cause of deforestation. In World Rural Sociology Congress (7 1988, Bologna, Italy) pp. 45-70
- Holmann F, Romero F, Montenegro J, Chana C, Oviedo E y Baños A (1992) Rentabilidad de sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: Primera aproximación. Turrialba 42 (1): 79-89
- Holmann F y Estrada R (1997) Alternativas agropecuarias en la región Pacífico Central de Costa Rica: Un modelo de simulación aplicable a sistemas de doble propósito. In: C. Lascano; F. Holmann (eds.) Conceptos y Metodologías de Investigación en Fincas con Sistemas de Producción Animal de Doble Propósito. Cali Colombia. CIAT/CONSORCIO TROPILECHE pp. 134-152
- Kaimowitz D (1996) Livestock and deforestation in Central America in the 1980s: a policy perspective. Jakarta, Indonesia Center for International Forestry research (CIFOR) 88 p
- Toledo JM (1994) Livestock productions on pasture: parameters for sustainability. In: Holman J (ed) Animal Agriculture and Natural Resources in Central America: Strategies for Sustainability; Proceedings of a Symposium/Workshop. San José Costa Rica. pp 125-136

Pastoreo regulado y bostas del ganado para la protección de plántulas de *Pithecolobium saman* en potreros¹

Carlos Barrios², John Beer³, Muhammad Ibrahim³

Palabras claves: Nicaragua, pisoteo, ramoneo, reforestación, repelentes, silvopastoril

RESUMEN

Durante la estación húmeda se estudió en Rivas, Nicaragua la sobrevivencia y el crecimiento de plántulas del árbol maderable *Pithecolobium saman* (Jacq.) Benth, sembrados en las "bostas" o directamente en el "suelo" en un potrero de *Hypparrhenia rufa* (Nees) Stapf, bajo tres cargas animales (normal, alta, muy alta; 1, 3, 2,6 y 3,9 unidades animales ha⁻¹). Después de cuatro ciclos de pastoreo, el efecto repelente de las bostas vs suelo redujo el ramoneo (<1 vs 6,5%, respectivamente) y el pisoteo (17 vs 56%, respectivamente) de *P. saman*. Además, los arbolitos en bostas crecieron el doble (6 vs 3,4 cm, respectivamente) durante este periodo de 33 días. Con bostas fue necesario utilizar una carga animal alta para evitar un excesivo crecimiento de *H. rufa* adyacente a las bostas, lo cual puede reducir la sobrevivencia y el crecimiento de los arbolitos de *P. saman*.

PROTECTION OF *Pithecolobium saman* SEEDLINGS IN PASTURES USING CONTROLLED GRAZING AND CATTLE MANURE

SUMMARY

A study of the survival and growth of seedlings of the timber species *Pithecolobium saman* (Jacq.) Benth, growing in cow pats or directly in the soil in a pasture of *Hypparrhenia rufa* (Nees) Stapf, comparing three grazing intensities (normal, high and very high; 1, 3, 2,6 and 3,9 animal units ha⁻¹), was carried out in Rivas, Nicaragua. After four grazing cycles, the repellent effect of the cow pats vs soil reduced browsing (<1 vs 6,5%, respectively) and trampling (17 vs 56%, respectively) of *P. saman*. Furthermore, seedling growth in cow pats was double that in soil (6 vs 3,4 cm, respectively) during this 33 day period. When cow pats were used as a growth medium, it was necessary to utilize a high grazing intensity to avoid excessive growth of adjacent *H. rufa*, which can reduce the survival and growth of *P. saman* seedlings.

INTRODUCCIÓN

Desde finales de los 80's, los sistemas ganaderos tradicionales han perdido competitividad económica debido a tendencias estructurales en la baja de precios y a la disminución del rendimiento de las pasturas por degradación biofísica (Guillén *et al.*, 1998; Hirvela *et al.*, 1989). En contraste, la madera se ha revalorizado comercialmente más que la ganadería de carne (Howard, 1995). Un incremento de la producción forestal, a través del manejo de árboles en fincas en sistemas agroforestales, podrían ser una vía para evitar los altos costos financieros que implica el largo plazo del retorno en las plantaciones puras. Sin embargo, la siembra de árboles en potreros está muy limitada por los daños, principalmente el ramoneo y pisoteo, causado por los animales a los árboles de interés maderable, espe-

cialmente durante las fases iniciales del establecimiento de los árboles.

El objetivo de este estudio fue analizar la viabilidad de introducir árboles en potreros pastoreados. Se compararon los efectos de tres cargas animales de pastoreo en la sobrevivencia, daños y crecimiento de arbolitos de genizaro (*Pithecolobium saman* (Jacq.) Benth), establecidos por siembra directa en dos substratos, bostas y suelo sin bostas, en potreros de jaragua (*Hypparrhenia rufa* (Nees) Stapf).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Rivas, Nicaragua (1450 mm año⁻¹; 27 °C; altitud 72 m) entre junio y septiembre de 1998, durante el periodo lluvioso. Los suelos son clasi-

¹ Basado en: Barrios CA (1998) Pastoreo regulado y bostas del ganado como herramientas forestales para protección de arbolitos en potreros. Tesis Mag Sc CATIE Turrialba, Costa Rica 93 p. ² MSc Agroforestería Tropical, CATIE, 1998. NIILAPAN Universidad Centroamericana (UCA), Instituto de Investigación, Managua, Nicaragua, carlosb@ns.uca.edu.ni; ³ CATIE Turrialba, Costa Rica, jbeer@catie.ac.cr; mibrahim@catie.ac.cr

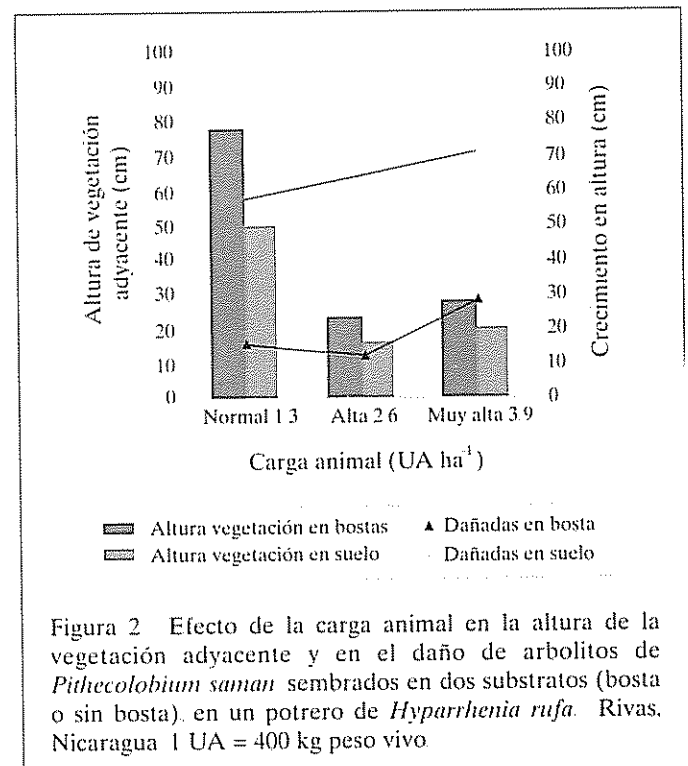
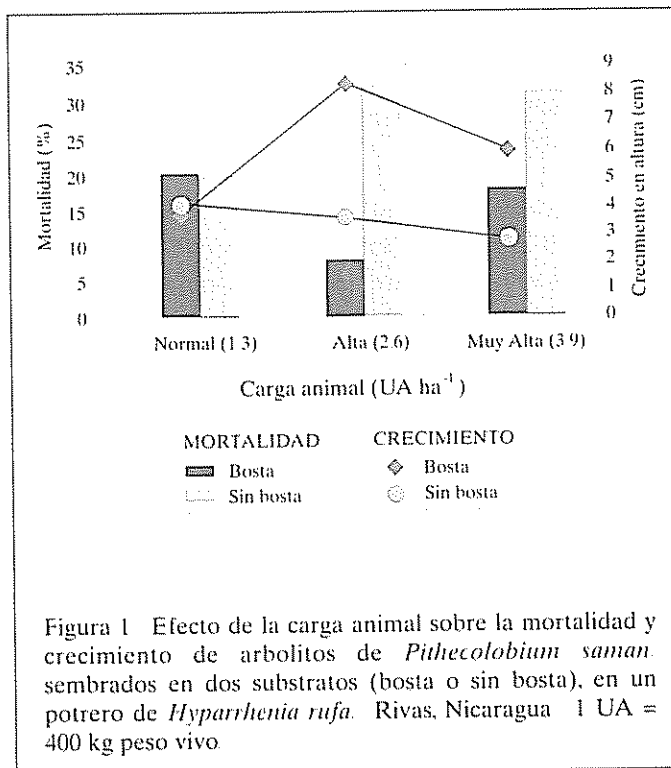
ficados como "Lithic Ustorthent-lithic dystropept complex". El experimento tuvo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y tratamientos en un arreglo factorial 2x3, usando 18 parcelas de 900 m² cada una. Los factores eran dos substratos de crecimiento de los arbolitos (bostas y suelo sin bostas) y tres niveles de carga animal (normal de la zona, alta y muy alta). Los potreros se manejaron en forma rotatoria con un día de pastoreo y un periodo de descanso que varió entre 5 y 17 días. Las cargas animales fueron 1.3, 2.6 y 3.9 unidades animales (UA) ha⁻¹ (1UA = 400 kg peso vivo) para la carga normal, alta y muy alta, respectivamente. Las mediciones realizadas después de 33 días de pastoreo rotativo (cuatro ciclos) fueron: altura de arbolitos, altura de la vegetación adyacente a 20 cm de distancia del tallo de los arbolitos, calificación de las causas de daño del ganado (ramoneo o pisoteo), muerte por desecación y mortalidad total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los efectos del sustrato. Después de cuatro ciclos de pastoreo (33 días), el ramoneo fue menor en bostas que en suelo (0.4 vs 6.5%, respectivamente); el pisoteo fue también menor en bostas que en suelo (17% vs 56%, respectivamente). Este último beneficio de las bostas fue crucial para el establecimiento de los arbolitos de-

bido a la susceptibilidad de su sistema radicular, especialmente cuando el suelo estaba húmedo. La eficacia de las bostas para reducir el pisoteo fue muy alta teniendo en cuenta las altas cargas animales; en este caso seis animales durante un día en 900 m² para el caso de la carga "muy alta". Con la carga alta, los arbolitos crecieron mejor (8.5 vs 3.6 cm en 33 días) y murieron menos (8 vs 32%) en bostas que en suelo (Figura 1). La vegetación adyacente también creció mejor con bostas que sin bostas, especialmente con la carga normal (Figura 2).

Los efectos del pastoreo. Cuando se aumentó la carga animal se aumentó el nivel de daño de los arbolitos, tanto en bostas como en suelo. Sin embargo, las diferencias fueron pequeñas comparadas con las diferencias entre substratos (Figura 2). Sin bostas, la mortalidad aumentó con mayor carga, pero con bostas, la carga no tuvo efecto (Figura 1). El pisoteo promedio fue alto con todas las cargas (> 30%; sin diferencias significativas entre cargas) pero el ramoneo fue muy poco (13 % en el peor de los casos: una parcela sin bostas). El ramoneo se concentró en los ciclos de pastoreo 3 y 4, debido posiblemente a: 1) un cambio en la composición química del pasto (*H. rufa* puede pasar de 18% de proteína cruda en junio a menos de 6% en se-



tiembre [Conklin, 1987]); 2) al disminuir el forraje disponible, el ganado empieza a comerse los arbolitos y 3) una eventual disminución del efecto repelente de las bostas al avanzar su proceso de descomposición. El aumento del nivel de carga por encima de lo normal de la zona reduce la altura del pasto y contribuye a "desmalezar" los arbolitos de *P. saman*, pero a la vez se aumenta la proporción de arbolitos dañados directamente por el ganado (Figura 2).

Interacciones entre carga animal y sustratos. Contrario a lo esperado, en bostas y con carga animal alta, los arbolitos alcanzaron mayor altura (17 vs 14cm), crecimiento más (8.5 vs. 3.7cm en 33 días) y tuvieron menos mortalidad por desecación (8% vs 20%) que con carga normal. Con carga normal, el cociente (altura de vegetación adyacente)/(altura de arbolitos) fue el doble que en carga alta. Parece que con carga alta el pastoreo redujo la competencia del pasto por agua, sin aumentar los daños. El pastoreo con carga alta resultó en un crecimiento negativo del pasto respecto a su altura antes de pastoreo. Se supone que la mayor mortalidad de los árboles por desecación observada en carga normal fue debido a una importante intersección de agua de lluvia por el follaje de la vegetación adyacente y absorción de agua del suelo.

En suelo, la mayor defoliación de la vegetación adyacente en carga alta no se tradujo en más crecimiento de arbolitos (4 cm en los dos casos) que bajo carga normal. Por el contrario, se redujo la sobrevivencia de los arbolitos (20 y 32% para cargas normales y altas, respectivamente). Se supuso que esta diferencia del efecto de la carga animal con los dos sustratos se debió a que en el suelo sin bostas el pastoreo con carga alta no solo ejerció más defoliación, sino que además hubo más daños a los arbolitos. No sucedió así en carga alta en bostas, debido a su efecto repelente. Estos resultados muestran que en el sustrato bostas se puede aumentar el nivel de carga hasta por encima de lo normal de la zona y obtener los mejores resultados en altura, crecimiento y sobrevivencia de arbolitos de *P. saman*. Cuando los arbolitos se plantan directamente en el suelo, los mejores resultados se obtienen con la carga más baja (lo normal de la zona).

CONCLUSIONES

El pastoreo regulado contribuye a reducir la competencia del *H. rufa* con arbolitos de *P. saman*. Durante el período lluvioso, el ganado tiene una marcada selec-



Un ejemplo de crecimiento de árboles leguminosos sobre bostas de vacunos es *Pisonia aculeata* en Nicaragua. La fotografía no corresponde al ensayo (Foto J Beer)

tividad positiva por el pasto y rechaza la vegetación contaminada y los arbolitos de *P. saman*. Las bostas disminuyen los principales efectos negativos del pastoreo (ramoneo y pisoteo) y al proveer un micrositio favorable, mejora la sobrevivencia y el crecimiento de los arbolitos. Con el sustrato bostas, se obtuvo los mejores resultados cuando se utilizó una carga animal más alta de lo normal en la zona. Si se planta los arbolitos directamente al suelo, es necesario no exceder la carga normal. Estos resultados muestran un importante potencial de compatibilidad entre la producción ganadera y el establecimiento de árboles maderables durante el período lluvioso. La clave del sistema parece ser el uso de una carga óptima para manipular las preferencias del ganado por el pasto y mantener la altura del pasto a un nivel adecuado para los arbolitos (sombreo, disminuir evaporación, proteger suelo). En trabajos futuros sería necesario estudiar la compatibilidad de la reforestación y pastoreo en verano.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Conklin N L (1987) The potential nutritional value to cattle of some tropical browse species from Guanacaste, Costa Rica. Ph D. thesis. Cornell University Ithaca, New York. USA 329 p
- Hirvela I, Kanninen M, Ryokas A, Ryokas M and Sumelius J (1989) Nicaragua: Cattle husbandry in Region V, a basic study. Ministry of Foreign Affairs Finnish International Development Agency. Helsinki Finland. 118 p.
- Howard A (1995) Price trends for stumpage and selected agricultural products in Costa Rica. Forest Ecology and Management 26: 101-110
- Guillén R, Pomareda C, Pérez E y Umaña V (1998) La ganadería e industrias afines en Centro América: Desafíos y oportunidades. Unidad Regional de Asistencia Técnica (RUTA), San José Costa Rica. 227 p

Efecto de leguminosas herbáceas y leñosas en el crecimiento y contenido de nutrientes de dos gramíneas tropicales¹

Ana María Domínguez², Donald Kass³,
Muhammad Ibrahim³, Francisco Jiménez³

Palabras claves: *Acacia mangium*, *Brachiaria humidicola*, *Centrosema macrocarpum*, *Erythrina poeppigiana*, eficiencia del uso nutrientes, N, *Panicum maximum*, pasturas tropicales

EFFECT OF HERBACEOUS AND WOODY LEGUMES ON THE GROWTH AND NUTRIENT CONCENTRATION OF TWO TROPICAL GRASSES

RESUMEN

Se realizó un experimento factorial (2 x 2 x 5) en invernadero con dos especies de gramíneas [*Panicum maximum* Jacq. (Var. CIAT 16061) y *Brachiaria humidicola* Rendle (Var. CIAT 679)] en monocultivo o en asocio con *Centrosema macrocarpum* (Benth) y cinco niveles de adición de mantillo: control sin mantillo, 275 o 550 kg N ha⁻¹ de *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook o 153 o 306 kg N ha⁻¹ de *Acacia mangium* Will. El mayor crecimiento de gramíneas y concentración de nutrientes se obtuvo con el nivel más alto de *E. poeppigiana* cuando estuvo asociado con *C. macrocarpum*. El mantillo de *A. mangium* también tuvo un efecto significativo respecto al control. El efecto de *C. macrocarpum* fue siempre positivo sobre el crecimiento y concentración de nutrientes de las gramíneas.

SUMMARY

A 2 x 2 x 5 factorial greenhouse experiment was carried out with two grasses [*Panicum maximum* Jacq. (Var. CIAT 16061) and *Brachiaria humidicola* Rendle (Var. CIAT 679)] grown as monocultures or in association with *Centrosema macrocarpum* (Benth), together with five levels of mulch application: control (no mulch), 275 or 550 kg N ha⁻¹ as *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook or 153 or 306 kg N ha⁻¹ as *Acacia mangium* Will. The greatest grass growth and nutrient concentration was obtained with the highest application rate of *E. poeppigiana* when associated with *C. macrocarpum*. The *A. mangium* mulch also had a significant effect compared to the control. The effect of *C. macrocarpum* on the grass growth and nutrient concentration was always positive.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento, la cantidad de nitrógeno (N) y el valor nutritivo de las pasturas tropicales puede ser aumentado con el uso de leguminosas, tanto herbáceas como leñosas. Existe un amplio rango de posibles estrategias de asociaciones a utilizar. Se ha usado la eficiencia de absorción de nutrientes para estimar cuánto de un nutriente aplicado en formas diferentes es utilizado por el cultivo al que se aplica y cuánto se capta a través de otras fuentes dentro y fuera del sistema (Moll *et al.*, 1982; Novoa y Loomis, 1981). El objetivo de esta investigación fue determinar hasta qué punto el crecimiento y los contenidos de nutrientes de dos especies de pastos, ampliamente usados en el trópico húmedo, pueden ser mejorados por la adición de biomasa de podas de

árboles fijadores de N y/o por la asociación con leguminosas herbáceas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el CATIE, Turrialba, Costa Rica (9°53' N, 83°38' O, altitud 603 m), en un invernadero con rangos de temperaturas de 20.3 a 32 °C. Se utilizó un factorial (2 x 2 x 5) con diseño completamente al azar. En el primer nivel se utilizaron dos especies de gramíneas: *Panicum maximum* Jacq. (Var. CIAT 16061) y *Brachiaria humidicola* Rendle (Var. CIAT 679); el segundo nivel lo constituyeron el monocultivo y la asociación con *Centrosema macrocarpum* Benth.; el tercer nivel fueron cinco niveles de adición de N en forma de mantillo (materia fresca): 1) control sin mantillo;

¹ Basado en: Domínguez AM (1998) Efecto del mulch de *Acacia mangium* (Will.) y *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook sobre el crecimiento y el contenido de nutrientes en *Panicum maximum* (Jacq.) y *Brachiaria humidicola* (Rendle.) con y sin asocio de *Centrosema macrocarpum* (Benth.) Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba Costa Rica. ² MSc Agroforestería Tropical, CATIE, 1998; ³ CATIE, Turrialba Costa Rica. dkass@catie.ac.cr; mibrahim@catie.ac.cr; fjimenez@catie.ac.cr

2) 275 kg N ha⁻¹ de *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook (138 g maceta⁻¹); 3) 550 kg N ha⁻¹ de *E. poeppigiana* (276 g maceta⁻¹); 4) 153 kg N ha⁻¹ de *Acacia mangium* Will. (86 g maceta⁻¹); y 5) 306 kg N ha⁻¹ de *A. mangium* (173 g maceta⁻¹). *E. poeppigiana* tenía 260 mg g⁻¹ de materia seca (MS) con un contenido de 42.1 mg g⁻¹ de N. *A. mangium* tenía 449 mg g⁻¹ de MS con un contenido de 21.0 mg g⁻¹ de N. El ensayo se llevó a cabo en macetas con un diámetro superior de 26 cm y una altura de 21.2 cm y un volumen de 9.8 dm³. Las macetas se llenaron con suelo (Ultisol, pH 5.2 y 55% saturación Al) de la finca experimental de CIAT en San Isidro del General, Costa Rica. Las cantidades de semilla utilizadas por unidad de área fueron: 4.5 kg ha⁻¹ para *P. maximum*, 3.5 kg ha⁻¹ para *B. humidicola* y 2 kg ha⁻¹ para *C. macrocarpum*.

La altura de las gramíneas fue medida semanalmente. La producción de la biomasa se evaluó 10 y 15 semanas después de siembra, cortando el pasto a 10 cm del suelo y secando su biomasa en una estufa a 60 °C durante 24 horas. Los pastos fueron separados manualmente de las leguminosas. El contenido de N fue determinado por el método de Kjeldahl; Ca, Mg, K y P fueron determinados por digestión en ácido perclórico seguida por absorción atómica para Ca, Mg, K; el P se estimó por colorimetría de molibdato de amonio. La eficien-

cia de absorción de nutrientes se calculó como (Bertsch, 1995; Van Sanford y McKown, 1986):

$$\frac{[(\text{g de nutrientes por tratamiento}) - (\text{g de nutrientes en control})]}{(\text{g de nutrientes aplicados})}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza indicó diferencias significativas e interacciones entre todos los factores. En todos los casos *B. humidicola* mostró mayores alturas de planta y la mayor producción de biomasa que *P. maximum*. Los valores más altos para la altura de la planta y biomasa para ambas gramíneas se obtuvieron con la aplicación de 550 kg N ha⁻¹ en forma de mulch de *E. poeppigiana*. El mulch de *A. mangium* pareció ser igualmente efectivo que el de *E. poeppigiana* para suplir nutrientes a las gramíneas, ya que la concentración de nutrientes obtenidos fue similar cuando se aplicaron iguales cantidades de mulch de ambas especies. La eficiencia de absorción de nutrientes de N, Ca, Mg y K mostró efectos significativos para el mulch y para las interacciones pastos-leguminosas asociadas y pastos-mulch. La concentración de nutrientes en los pastos aumentó con el nivel de mulch, siendo mayor en *P. maximum* que en *B. humidicola* (Cuadro 1). Se observaron diferencias significativas en la concentración de N, Ca, Mg, P y Mn en las raíces de las gramíneas asocia-



El tipo y cantidad de mulch aplicado afectaron la altura y la producción de biomasa de *Brachiaria humidicola* (atrás) y *Panicum maximum* (adelante) (Foto A. Domínguez)

Cuadro 1. Concentraciones (%) de nutrientes por especies de pasto, aplicaciones de mulch y presencia de *Centrosema macrocarpum* (efectos simples).

	Factor							
	Especies de pasto		Niveles y tipos de mulch				Presencia de <i>C. macrocarpum</i>	
	<i>Panicum maximum</i>	<i>Brachiaria humidicola</i>	<i>Erythrina poeppigiana</i> (276 g maceta ⁻¹)	<i>Erythrina poeppigiana</i> (138 g maceta ⁻¹)	<i>Acacia mangium</i> (173 g maceta ⁻¹)	<i>Acacia mangium</i> (86 g maceta ⁻¹)	con	sin
Ca	0.054 a	0.020 b	0.053 a	0.039 b	0.034 bc	0.031 bc	0.047 a	0.027 b
Mg	0.020 a	0.015 b	0.025 a	0.018 b	0.016 bc	0.015 cd	0.021 a	0.013 b
K	0.246 a	0.188 b	0.32 a	0.21 bc	0.24 bc	0.195 c	0.258 a	0.177 b
P	0.006 b	0.008 a	0.010 a	0.007 b	0.007 b	0.006 c	0.009 a	0.005 b
N	0.024 a	0.018 b	0.285 a	0.21 b	0.204 bc	0.180 cd	0.246 a	0.171 b
Cu	0.009 a	0.007 b	0.011 a	0.008 b	0.008 b	0.007 bc	0.010 a	0.006 b
Zn	0.017 b	0.027 a	0.042 a	0.018 b	0.015 b	0.021 b	0.028 a	0.016 b
Mn	0.104 a	0.083 b	0.126 a	0.095 b	0.093 b	0.081 bc	0.114 a	0.073 b

Valores seguidos por misma letra en la misma fila para cada factor (especies de pasto, niveles y tipo de mulch y presencia de *Centrosema macrocarpum*) no difieren significativamente (Tukey $p < 0.05$)

das con *C. macrocarpum*. Se observaron altas concentraciones de N en ambas especies de pastos cuando estuvieron asociadas con esta leguminosa. En todos los tratamientos asociados con *B. humidicola* se encontraron altas concentraciones de nutrientes. La interacción mulch-*C. macrocarpum* resultó significativa para los niveles de Ca, K, P, Zn y N; las concentraciones de Ca y P fueron mayores en los tratamientos con *C. macrocarpum*. Los niveles de N fueron más altos con las aplicaciones de mulch y fueron proporcionales a la cantidad de N en cada mulch. Sólo las concentraciones de K mostraron un efecto significativo en la interacción pasto-mulch, siendo mayor con *B. humidicola* que con *P. maximum*; el control tenía una concentración más baja de K que cualquier mulch en cualquier nivel.

CONCLUSIONES

La altura y la producción de biomasa de *B. humidicola* y *P. maximum* fueron aumentados por las aplicaciones de mulch; la magnitud del efecto dependió de la cantidad y del tipo de mulch aplicado. La concentración y la eficiencia de absorción de nutrientes depende de la especie de mulch, de las cantidades aplicadas, de si hay una leguminosa asociada, así como de las diferencias genéticas en la capacidad de las especies de pasto para absorber nutrientes del suelo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Bertsch F (1995) La fertilidad de suelos y su manejo. Asociación Costarricense de Ciencia de Suelo. San José, Costa Rica. 157 p.
- Moll RH, Kamprath EJ and Jackson AW (1982) Analysis and interpretation of factors which contribute to the efficiency of N utilization. *Agronomy Journal* 74:562-564
- Novoa R and Loomis RS (1981) Nitrogen and plant production. *Plant and Soil* 58: 177-2204
- Van Sanford DA and Mc Kown CT (1986) Variation in nitrogen use efficiency among soft red winter wheat genotypes. *Theoretical and Applied Genetics* 72:158-163

El componente arbóreo en sistemas agroforestales tradicionales de los indígenas Ngöbe, La Gloria, Changuinola, Panamá¹

Angel Pastrana², Rossana Lok³, Muhammad Ibrahim³, Edgar Viquez³

Palabras claves: Conocimiento local, inventario

RESUMEN

Las fincas de los Ngöbe contienen al menos siete sistemas agroforestales, incluyendo cacao, café, cultivos anuales, musáceas, potreros, huertos caseros y rastrojos. Se identificaron 115 especies arbóreas y 8 especies de palmas; 46 % son maderables, 19 % de uso doméstico, 14 % alimenticias y el 21 % de varios usos. Entre las maderables, hay especies de alto valor comercial como *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata* y *Aspidosperma megalocarpum*, pero los Ngöbe desconocen el valor potencial de 32 especies maderables que no tienen mercado local. Los terrenos con cultivos anuales, cacaotales, potreros y reservas de *Welfia georgii* contienen la mayor cantidad de madera.

THE TREE COMPONENT IN TRADITIONAL AGROFORESTRY SYSTEMS OF THE INDIGENOUS NGÖBE, LA GLORIA, CHANGUINOLA, PANAMÁ

SUMMARY

The Ngöbe farms contain at least seven agroforestry systems, including plantations of cacao, coffee, annual crops, Musaceae, pastures, homegardens, and slash and burn systems. 115 tree and eight palm species were identified, of which 46% produce timber, 19% have domestic uses, 14% provide food and 21% have various uses. Amongst the timber producing trees, some have a high value, such as *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata* and *Aspidosperma megalocarpum*, but the Ngöbe are not aware of the commercial potential of 32 other timber species, which have no local market. The areas used for annual crops, cocoa, pastures and *Welfia georgii* reserves contain the largest amounts of timber.

INTRODUCCIÓN

Los indígenas de la etnia Ngöbe totalizan 124000 habitantes, equivalentes al 63 % de la población indígena total de Panamá (Heckadon, 1993). Su economía se basa en la agricultura tradicional de subsistencia y el aprovechamiento de los bosques primarios y secundarios (Hernández y Taylor de Ponce, 1993; Jaén, 1993). Los árboles forman parte importante de sus sistemas de producción y se utilizan tanto para cubrir las propias necesidades (material de construcción, leña) como también para la venta (Krebs, 1997). En este trabajo se analiza el uso y manejo de las especies arbóreas en los sistemas agroforestales tradicionales de la comunidad Ngöbe en La Gloria, Changuinola-Panamá.

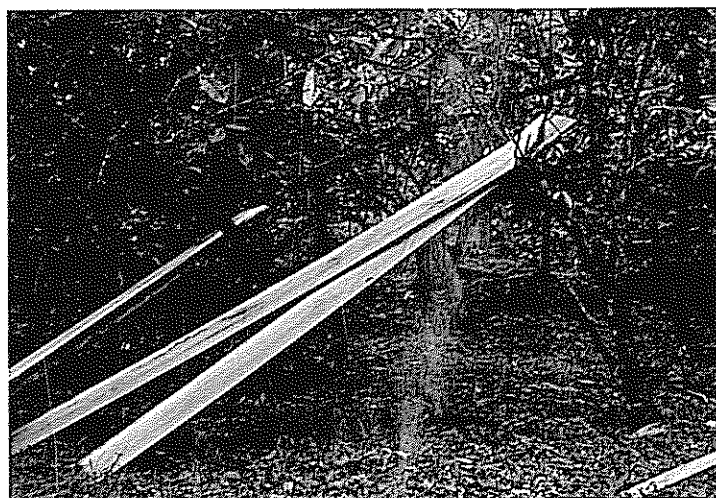
MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron 30 fincas ubicadas entre 0 -600 m de altitud, 2500 - 3300 mm año⁻¹, 14 - 27 °C, suelos ácidos (con valores de pH a veces menores de 4.0), baja o moderada concentración de materia orgánica y baja disponibilidad de K y P (Miranda, 1993; Rodríguez *et al.*, 1993). Se utilizaron diferentes métodos de diagnóstico rural, se analizaron los suelos en los sistemas agroforestales más importantes en seis fincas; se inventariaron las especies arbóreas y se midieron los árboles maderables con diámetros superiores a 25 cm para estimar el volumen comercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las fincas midieron 24 ha en promedio y están compuestas por bosques, rastrojos y áreas con cultivos de

¹ Basado en Pastrana A. (1998) El componente arbóreo en los sistemas agroforestales tradicionales de los indígenas Ngöbe en "La Gloria", Changuinola, Panamá. Tesis Mag Sc CATIE. Turrialba, Costa Rica. ² MSc Agroforestería Tropical CATIE, 1998 Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), telefax: 591-3-342317 Tel 591-3-521884. Bolivia ³ CATIE, rlok@catie.ac.cr; mibrahim@catie.ac.cr; eviquez@catie.ac.cr



Los Ngöbe aprovechan los árboles maderables que crecen en los campos con cultivos anuales cacaotales y potreros (Foto: A. Pastrana)

subsistencia. Se usa una amplia gama de especies arbóreas de uso medicinal, artesanal y de construcción para la vivienda. En las áreas de bosque se valora mucho la penca (*Welfia georgii*), palma cuyas hojas se utilizan en la construcción de las viviendas. Los Ngöbe observan el color de suelo y la humedad para ubicar sus sistemas de producción. Así, los potreros y el huerto casero se ubicaron por lo general en suelos rojizos, mientras que el cacao, el café y los cultivos anuales se establecieron en suelos café-negrusco.

Se identificaron nueve sistemas de producción (Cuadro 1), de los cuales siete son sistemas agroforestales con

Cuadro 1. Uso de la tierra, volumen comercial potencial de madera (VC) y población de árboles maderables en fincas indígenas Ngöbe. Changuinola, Panamá (n = 30 fincas).

Uso de la tierra	Superficie (ha)	No. fincas	VC (m ³ ha ⁻¹)	Población (maderables ha ⁻¹)
Cacao	5.47	29	137.1	33
Café	0.33	3	-	-
Cultivos anuales	1.19	16	194.2	23
Musáceas	1.08	10	122.5	20
Potrero	8.50	18	27.4	35
Huerto casero	0.28	16	0	5
Rastrojos	6.89	27	-	-
Bosques familiares	8.10	21	-	-
Reservas <i>Welfia georgii</i>	1.65	5	193.3	40

- = no hay datos

cacao (*Theobroma cacao*), café (*Coffea arabica*), cultivos anuales, musáceas (*Musa spp*), potreros, huertos caseros y rastrojos. El número de sistemas de producción por finca aumentó a medida que aumentó el tamaño de la finca ($r = 0.75$; $p < 0.0001$), pasando de cuatro sistemas de producción en fincas de 5 ha hasta siete sistemas en fincas de 48 ha. Los sistemas con cacao y con potreros fueron los que tuvieron más diversidad de especies arbóreas, con 25 y 17 especies, respectivamente. Sobresalen las especies frutales y maderables, especialmente *Cordia alliodora* de regeneración natural. El sistema con cacao fue la fuente de ingresos más importante. El manejo del componente arbóreo en todos los sistemas fue muy bajo; los árboles sólo se beneficiaron de las limpiezas (Sippel y Sanjur, 1995) y, en el caso de los cacaotales, de las podas y de la regulación de

sombra. No existió una distribución sistemática de los árboles, existiendo áreas de cacao con mucha sombra y otras prácticamente a pleno sol. La mujer participa activamente en las actividades de cosecha y siembra (Lok y Samaniego, 1998).

Se identificaron 115 especies arbóreas y 8 especies de palmas. De las especies arbóreas, 46% son maderables, 19% de uso doméstico, 14% alimenticias y el 21% son de varios usos (medicinales, artesanales, etc.). Los indígenas ignoraban el valor comercial de la mitad de las 62 especies maderables que existían en sus fincas. Especies reconocidas de alto valor comercial incluyeron *C. alliodora*, *Cedrela odorata* y *Aspidosperma megalocarpum*. Especies valiosas no reconocidas incluyeron, por ejemplo, al Guayabón (*Terminalia lucida*), el cual es altamente cotizado en Costa Rica. Los Ngöbe desconocen el uso maderable de *Acacia mangium*, una especie exótica introducida en su región. Los maderables representan entre 122 – 194 m³ ha⁻¹ de madera comercial en las plantaciones de cacao, musáceas, cultivos anuales y potreros (Cuadro 1). El Almendro (*Dipteryx alata*) y el Sangrío blanco (*Pterocarpus spp*) son las especies que proporcionan los mayores volúmenes de madera comercial (Cuadro 2). Sin embargo, los indígenas no se benefician económicamente por la venta de madera por falta de mercado local y porque desconocen el potencial de algunas especies maderables.

CONCLUSIONES

Se identificaron siete sistemas agroforestales de producción: cacao, café, cultivos anuales, musáceas, potreros, huertos caseros y rastrojos. Bosques familiares y

Cuadro 2. Volumen (m³ ha⁻¹) de árboles potencialmente comercializables y no comercializables de los principales sistemas de producción de fincas Ngöbe. Changuinola, Panamá.

Especies	Cacao	Musáceas	Cultivos anuales	Potreros	Reserva
<i>Pterocarpus</i> spp. (Sangrío blanco)	1.9	103.9			
<i>Vochysia ferruginea</i> (Mayo)	30.2				
(Criollo)			26.9		
<i>Carapa guianensis</i> (Bateo)			21.7		16.6
<i>Hieronyma</i> spp. (Zapatero)	7.7		32.2		
<i>Cordia alliodora</i> (Laurel)	15.9	15.6		27.4	
<i>Pterocarpus</i> spp. (Sangrío)	7.1				
<i>Pithecelobium austrinum</i> (Algarrobo)	2.5				
<i>Pterocarpus</i> spp. (Sangrío rojo)	0.4				
<i>Hura crepitans</i> (Ceibo)	0.2				
* <i>Dipteryx alata</i> (Almendro)	42.2		97.7		110.3
* <i>Pentaclethra</i> spp. (Gavilán)	7.7		15.7		63.2
* <i>Virola</i> spp. (Miguelario)	11.8				
* <i>Terminalia lucida</i> (Guayabón)	6.1				3.2
* <i>Spondias mombin</i> (Jobo)	1.4	3.0			
* <i>Miconia guianensis</i> (Cuaja rojo)	0.9				
* <i>Ochroma pyramidale</i> (Balsa)	0.9				
*(Yaya)	0.2				

* Especies que no se comercializan en la zona de estudio

reservas de *Welfia georgii* son también importantes en las fincas. Los Ngöbe utilizan el color de suelo y la humedad como criterios para el establecimiento de los componentes en los sistemas productivos. Entre las 115 especies arbóreas y 8 especies de palmas identificadas, 46 % son maderables, 19 % de uso doméstico, 14 % alimenticias y el 21 % son de varios usos. Se encontraron 62 especies maderables, algunas de alto valor como *C. alliodora*, *Cedrela odorata* y *Aspidosperma megalocarpum*. Sin embargo, los indígenas desconocen el valor comercial de 32 de estas especies, para las cuales no existe mercado local (ejemplo, *Terminalia lucida*). El mayor potencial maderable proviene de campos con cultivos anuales, reservas de *W. georgii*, cacaotales y potreros. El Almendro (*Dipteryx alata*) y el Sangrío blanco (*Pterocarpus* spp.) son las especies con mayores volúmenes comerciales.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Heckadon S (1993) Agenda Ecológica y Social para Bocas del Toro. Actas de los Seminarios Talleres Ciudad de Panamá del 14 al 16 de diciembre de 1992 Bocas del Toro del 26 al 27 de enero 1993 Panamá pp 5-26.

Hernández D y Taylor de Ponce C (1993) Diagnóstico: Situación actual del área Remedios San Félix, San Lorenzo. Proyecto Agroforestal Ngöbe-PAN Documento Ngöbe Tomo II. INRENARE/GTZ San Félix, Panamá 124 p

Jaén B (1993) Los pueblos indígenas y el uso de los recursos naturales en Bocas del Toro. Agenda Ecológica y social para Bocas del Toro. In: Actas de los Seminarios Talleres Ciudad de Panamá del 14 al 16 de diciembre de 1992 Bocas del Toro, del 26 al 27 de enero 1993 Panamá pp. 119-135.

Krebs K (1997) Informe final de consultoría en el Proyecto de Changuinola, Panamá; para la transferencia de tecnología Agroforestal INRENARE-CATIE/GTZ. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, Turrialba-Costa Rica 30 p

Lok R y Samaniego G (1998) La valoración sociocultural del huerto y del café con árboles entre la población Ngöbe de Chiriquí, Panamá. In: Lok R, ed. Huertos caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. CATIE, Turrialba-Costa Rica 234 p.

Miranda A (1992) Caracterización de la producción de cacao en Panamá Santiago Veraguas, Panamá. MIDA, PROCACAO 53 p.

Rodríguez E, Almanza R y Alvarado R (1993) Situación biofísica y ambiental de la Provincia de Bocas del Toro. In: Agenda Ecológica y Social para Bocas del Toro Actas de los Seminarios Talleres Ciudad de Panamá del 14 al 16 de diciembre de 1992. Bocas del Toro, del 26 al 27 de enero 1993 Panamá pp 55-68.

Sippel A y Sanjur M (1995) Árboles de los Ngöbe: Una alternativa para el futuro Estudio de caso: San Lorenzo, San Félix Remedios. Proyecto Agroforestal Ngöbe GTZ/INRENARE Documento Ngöbe Tomo X. San Félix Panamá 122 p.

DIVERSIDAD SHANNON

Eduardo Somarriba¹

INTRODUCCIÓN

El estudio de la diversidad es un tema central en ecología de comunidades y de ecosistemas (Magurran, 1988); sus conceptos y herramientas se utilizan en el estudio de policultivos y en sistemas agroforestales (un tipo de policultivo), tales como los huertos caseños, cultivos perennes con sombra, agro-bosques y barbechos enriquecidos con frutales y maderables.

El índice de Shannon es uno de los más comúnmente usados en ecología (Greig-Smith, 1983) y en agroforestería (ver artículo de Rojas *et al.* en este volumen). En este artículo se muestra cómo se genera y cómo se calcula este índice y se discute su utilización como herramienta del análisis agroforestal.

EL ÍNDICE SHANNON (H)

Este índice fue desarrollado para medir la cantidad de información que se puede transmitir en un código, por ejemplo, en las señales telefónicas (Shannon y Weaver, 1949). La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$H = - \sum p_i \log p_i$$

Donde p_i representa la proporción (o abundancia relativa) de cada especie en la población y "log" es la abreviatura del logaritmo (la base del logaritmo no importa, puede ser base 10 (decimal), base 2 (binaria) o base "e" = 2.7182..., la base de los logaritmos naturales, la más utilizada actualmente). La sumatoria (Σ) es sobre las "S" especies ($i = 1, 2, \dots, S$) de la población. Si llamamos n_i al número de individuos de la especie "i" y N a la población total de la colección, entonces $p_i = n_i/N$. El tamaño de la población (N) se calcula sumando los individuos de todas las especies, es decir, $N = \Sigma n_i$. Del signo negativo vamos a hablar luego.

¿QUÉ MIDE EL ÍNDICE SHANNON?

Veamos un ejemplo agroforestal. El inventario botánico de 1000 m² de un cafetal indica que existe un

total de 10 árboles de sombra, pertenecientes a tres diferentes especies. Así, tenemos dos individuos de especie 1 ($n_1 = 2$), dos individuos de especie 2 ($n_2 = 2$) y seis de especie 3 ($n_3 = 6$).

¿Cuál es la probabilidad de que un individuo seleccionado al azar pertenezca a la especie 1? Una estimación de esta probabilidad es simplemente la proporción de individuos de especie 1 en el cafetal: $p_1 = n_1/N = 2/10 = 1/5 = 0.20$. Es decir, 1 de cada 5. ¿Y la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la especie 1? Aquí necesitamos un poco de teoría estadística. La probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie es igual al producto de las probabilidades individuales de pertenecer a dicha especie. Entonces, la probabilidad $p_1 * p_1 = (p_1)^2 = 0.2 * 0.2 = 0.04$. En el caso del cafetal, podemos preguntar ¿cuál es la probabilidad de obtener una muestra de diez árboles tal que dos individuos pertenezcan a la especie 1, dos a la especie 2 y seis a la especie 3? Aplicando el razonamiento anterior esta probabilidad se calcula como:

$$(p_1)^2 * (p_2)^2 * (p_3)^6 = (n_1/N)^2 * (n_2/N)^2 * (n_3/N)^6$$

Notemos que el exponente de cada término es igual al número de individuos de cada especie (n_i) en la población. Entonces, en general, la probabilidad de seleccionar una muestra del cafetal que contenga las tres especies en las proporciones exactas en que existen en la población es:

$$(p_1)^{n_1} * (p_2)^{n_2} * (p_3)^{n_3}$$

Este razonamiento se puede extender a cafetales con más o con menos especies de sombra. El valor de esta expresión depende de N, el tamaño de la población, lo que impide comparar directamente las probabilidades calculadas para dos cafetales con diferentes poblaciones. Para hacer esto, calculamos

¹ CATIE, Turrialba, Costa Rica. esomarri@catie.ac.cr

el promedio geométrico² de esta probabilidad y se obtiene:

$$[(p_1)^{n_1}]^{1/N} * [(p_2)^{n_2}]^{1/N} * [(p_3)^{n_3}]^{1/N}$$

Las reglas de operación de potencias indican que si un número (z), elevado a la potencia (a) es nuevamente elevado a la potencia (b), el resultado es el número (z) elevado a la multiplicación de a*b. Entonces, podemos re-escribir la ecuación anterior como:

$$(p_1)^{n_1/N} * (p_2)^{n_2/N} * (p_3)^{n_3/N}$$

pero hemos visto anteriormente que $(n_1/N) = p_1$; $(n_2/N) = p_2$ y $(n_3/N) = p_3$, por lo que re-escribimos:

$$(p_1)^{p_1} * (p_2)^{p_2} * (p_3)^{p_3}$$

Para evitar los exponentes y productos, tomamos el logaritmo (natural) y obtenemos:

$$p_1 * \log p_1 + p_2 * \log p_2 + p_3 * \log p_3$$

Si llamamos Q al resultado de esta suma y utilizamos el signo de sumatoria, obtenemos:

$$Q = \sum p_i \log p_i, \text{ con } i = 1,2,3$$

Esta fórmula, que es el índice de Shannon presentado anteriormente solo que con signo positivo, mide la probabilidad de obtener una muestra de cafetal de 10 árboles de sombra, de los cuales dos pertenecen a especie 1, dos a especie 2 y seis a especie 3. ¿De donde sale el signo negativo? El signo deriva de una transformación adicional de esta probabilidad: el recíproco³. Si llamamos H a esta transformación, tendremos:

$$H = 1/Q = Q^{-1}$$

En términos informales, si Q mide la probabilidad de obtener algo conocido (la composición de especies y

sus abundancias relativas en una muestra), H mide el "complemento", la incertidumbre (lo desconocido) o diversidad de la muestra.

Ahora podemos dar una interpretación a la fórmula $H = -\sum p_i \log p_i$. El índice de diversidad Shannon mide (el recíproco de) la probabilidad de seleccionar todas las especies en la proporción con que existen en la población, es decir, mide la probabilidad de que una muestra seleccionada al azar de una población infinitamente grande contenga exactamente n_1 individuos de especie 1, n_2 de especie 2, ... y n_s individuos de la especie S (Greig-Smith, 1983; Hill, 1973).

¿CÓMO ES EL COMPORTAMIENTO NUMÉRICO DE ESTE ÍNDICE?

El índice H aumenta a medida que: 1) aumenta la riqueza (el número de especies en el cafetal) y 2) los individuos se distribuyen más homogéneamente entre todas las especies (Cuadro 1). En ese cuadro, el cafetal 1 tiene solo una especie, los cafetales 2, 3 y 4 tienen dos especies, los cafetales 5, 6 y 7 tienen tres especies y los cafetales 8, 9 y 10 tienen cuatro especies. La diversidad es cero cuando sólo se tiene una especie y, cuando hay

Cuadro 1. Diversidad de Shannon (H) del dosel de sombra de cafetales con diferente número de especies (S) y diferentes números de individuos por especie. El tamaño de población es N = 10 árboles de sombra en todos los cafetales.

Cafetal	S 1	S 2	S 3	S 4	H
1	10	-	-	-	0
2	9	1	-	-	0.3251
3	5	5	-	-	0.6931
4	1	9	-	-	0.3251
5	8	1	1	-	0.6390
6	3	3	4	-	1.0889
7	1	1	8	-	0.6390
8	7	1	1	1	0.9404
9	2.5	2.5	2.5	2.5	1.3863
10	1	1	1	7	0.9404

² El promedio aritmético se calcula SUMANDO los valores que toma una variable (por ejemplo, la altura de los diez árboles del cafetal). El promedio geométrico se calcula cuando el lugar de una suma lo que tenemos son MULTIPLICACIONES o productos. Si en un promedio aritmético dividimos la suma entre el número de términos sumados (10 árboles en caso del cafetal) en el promedio geométrico calculamos la raíz enésima ($\sqrt[n]{x}$) del producto. En la probabilidad del cafetal estamos multiplicando tres términos, por lo que la media geométrica se obtiene calculando la raíz cúbica del producto. Calcular la raíz cuadrada de un número (x) es equivalente a elevar ese número (x) a la potencia (1/2), ($\sqrt[n]{x} = x^{1/n}$) si calculamos raíz cúbica es lo mismo que elevarlo a la potencia (1/3) y así para cualquier potencia.

³ Si lanzamos una moneda al aire y llamamos "c" a la probabilidad de que al lanzarla caiga "cara", entonces, el complemento, la probabilidad de que caiga "escudo" (a lo que llamamos "d") es 1-d. Este concepto es válido cuando las probabilidades son ADITIVAS, es decir, SUMAS. Si las probabilidades se obtienen de PRODUCTOS, la resta como complemento no es apropiada y en su lugar tomamos el recíproco, una DIVISIÓN. El recíproco de un número (x) se calcula como 1/x, el cual puede escribirse como x^{-1} , según las reglas de operaciones con potencias.

2 o más especies, es máxima si todas las especies tienen el mismo número de individuos (es decir, cuando las proporciones de todas las especies son iguales, $p_1 = p_2 = \dots = p_s$). Es evidente que dos huertos pueden tener el mismo H con diferentes combinaciones de riquezas y abundancias relativas, lo cual tiene que ser tomado en cuenta cuando se quiere comparar estadísticamente dos cafetales. Existen estadísticos que permiten probar hipótesis sobre las diferencias de diversidad de dos o más colecciones (Kulvac, 1968). El valor de H se ha calculado en muchos estudios ecológicos, los cuales muestran que H generalmente varía entre 1.5 y 3.5 y que raramente pasa de 4.5 (Magurran, 1988).

La diversidad máxima (H') se puede calcular fácilmente como $H' = \log S$, donde S representa el número de especies de la población. Es evidente que H' no aumenta linealmente con la riqueza (Figura 1), sino que lo hace rápidamente cuando la riqueza aumenta entre 1 y 13 especies, pero luego se "satura" y crece lentamente. Así, $H' = 2.5$ cuando la riqueza es de 12 especies, pero se requieren 148 especies para obtener $H' = 5.0$. El índice H es sensible a bajas riquezas.

La "saturación" del índice Shannon cuando la riqueza es muy elevada reduce su utilidad cuando se quieren comparar bosques tropicales mixtos, huertos caseros, cafetales o cacaotales muy diversificados y agro-bosques o barbechos enriquecidos. Afortunadamente existen soluciones. Se puede aumentar la "sensibilidad" del índice reduciendo la riqueza con que se mide la colección. Por ejemplo, en bosques se puede definir la riqueza no en términos de listas botánicas de especies, sino de "grupos ecológicos" (ejemplo, agrupando las especies en heliófitas pioneras de vida corta, heliófitas pioneras de vida larga, esciófitas de vida larga, etc.). En cafetales, se pueden definir "grupos funcionales" (leña, maderables, cítricos, sombra, musáceas, otros frutales, etc.) en el dosel de sombra y en huertos caseros se puede definir riqueza en términos de las "zonas o áreas del huerto".

APLICACIONES EN AGROFORESTERÍA

Todas las especies (o grupos funcionales) tienen igual peso en el índice de Shannon. Sin embargo, la agroforestería tiene que ver con sistemas manejados para satisfacer las necesidades del administrador de la tierra (producir más, dar sombra, diversificar la producción,

fijar carbono, reducir erosión, etc.) y las especies se seleccionan con este fin. No es lo mismo una especie que otra, ya que los "nombres" importan para el manejo. Por ejemplo, dos cafetales con igual riqueza (digamos, 2 especies) y abundancias relativas pueden diferir grandemente en términos de manejo y valoración por parte del finquero. Por ejemplo, no se maneja igual un cafetal con sombra de *Erythrina poeppigiana* - *Cordia alliodora* que otro con *Citrus sinensis* - *Musa* AAB. Sin embargo, a pesar de que no es posible relacionar el ín-

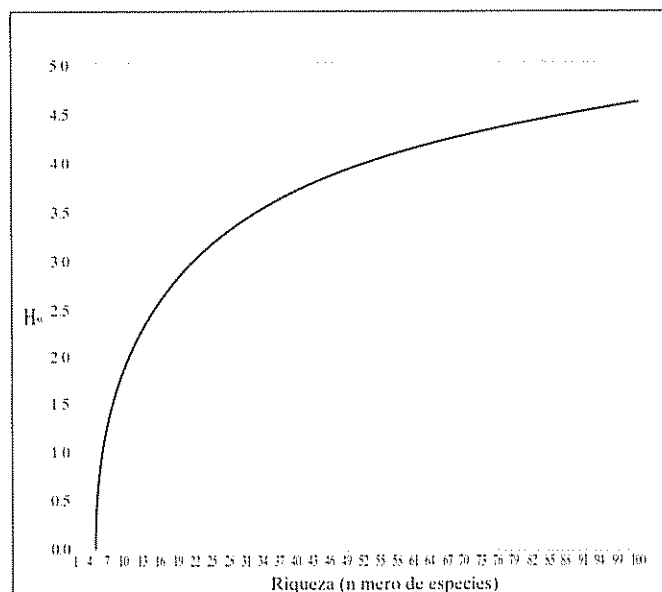


Figura 1 Diversidad máxima [$H' = \log(S)$] del índice de Shannon

dice de diversidad de Shannon con el manejo de los sistemas agroforestales, ecólogos y agroforestales continuarán utilizándolo en sus estudios porque permiten sintetizar mucha información en una sola cifra.

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen los valiosos comentarios de Pedro Ferreira, Luis Meléndez y Daniel Marmillod.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Greig-Smith P (1983) Quantitative plant ecology 3 ed. University of California Press, Berkeley, California, USA pp 163-164
 Hill MO (1973) Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences Ecology 54(2):427-432
 Kulvac S (1968) Information theory and statistics. Dover, New York, USA
 Magurran AE (1988) Ecological diversity and its measurement Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA
 Shannon CE and Weaver W (1949) The mathematical theory of communication University of Illinois Press, Urbana, Illinois USA

Plantaciones agroforestales para la rehabilitación de pastos degradados

El área bajo pasturas se incrementó notablemente en América Central en las últimas décadas. La deforestación y el manejo inadecuado de estas pasturas han resultado en severos problemas de degradación. Para revertir este proceso, la reforestación y el manejo de la regeneración natural arbórea reciben ahora incentivos en algunos países. Sin embargo, la recuperación de los suelos con el establecimiento de plantaciones forestales no siempre tuvo el éxito esperado. Un ejemplo notorio lo constituye la reforestación artificial o la regeneración natural de laurel, *Cordia alliodora*, en pastos abandonados en la zona Atlántica de Costa Rica. El laurel es una especie pionera, nativa de la región, pero requiere suelos fértiles y con buena estructura pues de lo contrario muestra crecimiento retardado después de la fase juvenil y tasas altas de mortalidad tardía.



Desde 1998 se está evaluando la respuesta del crecimiento de plantaciones de *C. alliodora* de siete años de edad asociadas con *Bactris gasipaes* en el trópico húmedo de la zona norte de Costa Rica (Foto: A. Schlönvoigt)

La recuperación de praderas degradadas se puede lograr de varias maneras, por ejemplo, combinando plantaciones forestales (nuevas o existentes) con cultivos perennes como el palmito (*Bactris gasipaes*) o con coberturas vivas de especies leguminosas como el maní forrajero (*Arachis pintoi*). Estos cultivos permiten mejorar las condiciones del sitio y el flujo de caja (por la venta de productor agrícolas o pecuarios), respectivamente, mientras se cosecha la madera. Otra posibilidad es mediante la mezcla de árboles forrajeros con especies maderables.

La investigación agroforestal del CATIE en este campo se centra en la evaluación de la eficiencia de diferentes especies para recuperar el suelo, enfatizando el estudio de la interacción entre cultivo - especie forestal - suelo. Algunas actividades ya están en marcha; otras se encuentran en diferentes estados de desarrollo. Por ejemplo, desde 1998 se está evaluando la respuesta del crecimiento de plantaciones de *C. alliodora* de siete años de edad, al asocio con *B. gasipaes* en el trópico húmedo de la zona norte de Costa Rica. En 1999, en la misma región, se pretende establecer un ensayo para estudiar los aspectos biofísicos y económicos de diferentes formas de establecimiento de *A. pintoi* como cobertura viva y para pastoreo, en plantaciones de *Tectona grandis*, *Acacia mangium* y *Gmelina arborea* de dos años de edad. Todavía en fase de planificación se encuentra un proyecto para la reforestación de pastos degradados mediante el establecimiento de mezclas de especies nativas valiosas (*Hieronyma alchorneoides*, *Tabebuia neochrysantha*, *T. rosea*, *Cedrela odorata* y *Dalbergia retusa*) con árboles y arbustos forrajeros en el trópico seco de Costa Rica. Tenemos especial interés en zonas de amortiguamiento y en recuperación de suelos.

Andrea Schlönvoigt
Apdo. 88, CATIE 7170,
Turrialba, Costa Rica
Tel. (+506) 556 6418,
Fax. (+506) 556 1576
aschlönv@catie.ac.cr

El mejoramiento de los sistemas agroforestales con café en Centroamérica

Convenio CATIE – CIRAD

Durante las últimas décadas, la productividad de los cafetales de América Central se incrementó transformando cafetales diversificados tradicionales en monocultivos con manejo intensivo (altas densidades de plantación, variedades de porte bajo, poca o ninguna sombra y altos niveles de aplicación de agroquímicos). Aunque esta estrategia de producción puede ser económicamente rentable en el corto plazo y en condiciones ecológicas favorables, a largo plazo, el riesgo financiero es elevado debido a la inestabilidad de los precios internacionales del café y a los precios crecientes de los agroquímicos. La producción intensiva normalmente resulta en una reducción de la longevidad de la plantación (lo que obliga a incurrir en costos elevados de renovación), en la pérdida de fertilidad de los suelos y en contaminación ambiental. A nivel regional, el cultivo intensivo del café tiene efectos ambientales negativos de largo plazo, tales como la pérdida de diversidad botánica y animal.

El XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura (Costa Rica, octubre 1997) destacó la necesidad de estudiar, proponer y ejecutar estrategias de manejo que permitan desarrollar una caficultura sostenible y productiva. El reciente simposio IUFRO sobre sistemas multiestratificados con cultivos perennes (CATIE, Costa Rica, febrero 1999. Véase reseña en este volumen) destacó el potencial de los árboles para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la producción cafetalera.

Con estos antecedentes CIRAD (Francia) y CATIE han convenido colaborar en la promoción del uso de árboles para mejorar la viabilidad económica, la sostenibilidad y la biodiversidad en la producción cafetalera de la región Centroamericana. Se postula que la asociación permanente de árboles de sombra con café proporciona un ambiente productivo ambientalmente amigable, permite a los finqueros diversificar la producción de la finca (madera, leña y frutas para autoconsumo y venta), reduce la dependencia de los agroquímicos y mejora la calidad del café, lo que consolida

su participación en el rentable mercado de "café especiales". Se requiere del diseño de alternativas de manejo con sólidas bases científicas y sistemas de apoyo a la toma de decisión que permitan a los agentes de investigación y extensión de los países centroamericanos modernizar en forma sostenible la caficultura regional.

El convenio CIRAD – CATIE, conjuntamente con colaboradores nacionales, desarrollará investigación que permita entender mejor los procesos biofísicos y ecofisiológicos de un conjunto selecto de sistemas de producción de café con especies maderables (*Cordia alliodora*, *Eucalyptus* spp.) o de servicio (*Erythrina* spp.). Se desarrollarán modelos (fisiológicos y de dinámica de nutrientes) que permitirán extrapolar los resultados a otros sistemas de café con árboles y en diferentes condiciones ambientales. La experimentación de campo evaluará los efectos de los árboles sobre: 1) la distribución de luz, disponibilidad de nutrientes y efectos sobre plagas y enfermedades; y 2) la fenología (floración, desarrollo y maduración de frutos), fisiología (fijación y distribución del carbono en tejidos vegetativos y reproductivos), producción y longevidad del cafetal y calidad del grano de café.

El convenio, el cual se firmó en enero 1999, tendrá una duración inicial de tres años e incluirá la asignación, por parte del CIRAD, de un agro-fisiólogo (Departamento de Cultivos Perennes) y un agroforestal (Departamento Forestal y Plantaciones) al equipo del Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica. Se ha iniciado investigación de campo en colaboración con CICAFFE y productores de Costa Rica y se espera extender este tipo de colaboración a otros países centroamericanos para lograr un impacto regional en el bienestar de los productores y en la calidad ambiental.

Phillipe Vaast
Departamento de Cultivos Perennes (CIRAD)
CATIE, Turrialba, Costa Rica
pvaast@catie.ac.cr

Efecto de la poda apical de *Erythrina poeppigiana* y *Gliricidia sepium* sobre la longitud de raíces finas, nódulos y uso de carbohidratos radiculares en el rebrote

En los cultivos en callejones del trópico húmedo, la competencia interespecífica por luz puede neutralizar los beneficios de la mejor fertilidad del suelo que producen las leguminosas leñosas de rápido crecimiento que se utilizan en estos sistemas. La poda frecuente de la copa de los árboles es necesaria para evitar el sombreado del cultivo. Además, provoca la mortalidad de las raíces finas de los árboles, lo que reduce su absorción de nutrientes, detiene la fijación de N atmosférico y propicia la liberación de N a la solución del suelo, haciéndolo disponible para el cultivo.



Callejones de poró (*Erythrina poeppigiana*) cultivados con tomate (*Lycopersicon esculentum*) y cobertura de *Arachis pintoi*, en La Montaña, Turrialba, Costa Rica (Foto P.Chesney)

Los árboles podados re-establecen el equilibrio ápice – raíces dirigiendo el flujo de carbohidratos de reserva (principalmente almidones) hacia los ápices para satisfacer las necesidades de los nuevos rebrotes apicales. Después de cierto tiempo, este proceso se revierte, provocando mayor desarrollo radicular y por ende, re-estableciendo la competencia por nutrientes en el suelo. La manipulación de este proceso mediante la poda oportuna de la copa del árbol, permite cultivar con poca competencia. Este manejo, sin embargo, debe realizarse sin reducir los otros atributos de servicio de los árboles.

Esta investigación pretende cuantificar los efectos de podas frecuentes (parciales o completas), de la copa de *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (cultivados con tomate [*Ly-*

copersicon esculentum Mill.] en rotación con maíz [*Zea mays* L.]) sobre la longitud de raíces finas, la población de nódulos y el uso de carbohidratos de reserva de las raíces del árbol, en el desarrollo inicial del rebrote. Estos efectos se evaluarán mediante modelos de compartimento y flujo y balance de carbono. La investigación se desarrollará en el campo experimental del CATIE, Turrialba, Costa Rica entre septiembre 1998 y julio 2000.

Patrick Chesney
Estudiante Ph.D.

CATIE, Turrialba, Costa Rica
pchesney@computo.catie.ac.cr

Efecto de la poda apical de *Erythrina poeppigiana* y *Gliricidia sepium* sobre la longitud de raíces finas, nódulos y uso de carbohidratos radiculares en el rebrote

En los cultivos en callejones del trópico húmedo, la competencia interespecífica por luz puede neutralizar los beneficios de la mejor fertilidad del suelo que producen las leguminosas leñosas de rápido crecimiento que se utilizan en estos sistemas. La poda frecuente de la copa de los árboles es necesaria para evitar el sombreado del cultivo. Además, provoca la mortalidad de las raíces finas de los árboles, lo que reduce su absorción de nutrientes, detiene la fijación de N atmosférico y propicia la liberación de N a la solución del suelo, haciéndolo disponible para el cultivo.



Callejones de poró (*Erythrina poeppigiana*) cultivados con tomate (*Lycopersicon esculentum*) y cobertura de *Arachis pintoi*, en La Montaña, Turrialba, Costa Rica (Foto P.Chesney)

Los árboles podados re-establecen el equilibrio ápice – raíces dirigiendo el flujo de carbohidratos de reserva (principalmente almidones) hacia los ápices para satisfacer las necesidades de los nuevos rebrotes apicales. Después de cierto tiempo, este proceso se revierte, provocando mayor desarrollo radicular y por ende, re-estableciendo la competencia por nutrientes en el suelo. La manipulación de este proceso mediante la poda oportuna de la copa del árbol, permite cultivar con poca competencia. Este manejo, sin embargo, debe realizarse sin reducir los otros atributos de servicio de los árboles.

Esta investigación pretende cuantificar los efectos de podas frecuentes (parciales o completas), de la copa de *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (cultivados con tomate [*Ly-*

copersicon esculentum Mill.] en rotación con maíz [*Zea mays* L.]) sobre la longitud de raíces finas, la población de nódulos y el uso de carbohidratos de reserva de las raíces del árbol, en el desarrollo inicial del rebrote. Estos efectos se evaluarán mediante modelos de compartimento y flujo y balance de carbono. La investigación se desarrollará en el campo experimental del CATIE, Turrialba, Costa Rica entre septiembre 1998 y julio 2000.

Patrick Chesney
Estudiante Ph.D.

CATIE, Turrialba, Costa Rica
pchesney@computo.catie.ac.cr

PROYECTO *Tithonia diversifolia*

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray, conocida como titonia, "mirasol o girasol de monte" (Costa Rica), "tacote amarillo" (Mexico) y Margarita haitiana (República Dominicana) es un arbusto de la familia Compositae que tiene mucho potencial como abono verde debido a su rápido crecimiento y descomposición. Actualmente es la especie más utilizada en Asia y Africa como barbecho mejorado (Van Noordwijk *et al.*, 1997) y en Mesoamérica se utiliza para tupir cercas vivas (lo que puede ayudar a controlar erosión). Su rápido crecimiento le permite absorber rápidamente apreciables cantidades de nutrientes del suelo que de otro modo podrían lavarse y perderse causando degradación y/o contaminación. Su rápida velocidad de descomposición le permite abastecer, en forma oportuna y suficiente, a los cultivos asociados de los nutrientes necesarios para producir adecuadamente. La investigación ya realizada por ICRAF y CIAT indica que titonia tiene una gran capacidad para movilizar P del suelo gracias a sus asociaciones con micorrizas y porque los compuestos orgánicos que se producen durante su descomposición bloquean los sitios de adsorción de P del suelo (Nziguheba *et al.*, 1998). Titonia puede ayudar a controlar malezas y producir compuestos insecticidas. Es una planta perenne, nativa de Mesoamérica, que nunca llega a ser completamente leñosa y que se la encuentra frecuentemente en las veredas de los caminos.



Tithonia diversifolia es un arbusto con mucho potencial como abono verde debido a su rápido crecimiento y descomposición (Foto: J.P. Mustonen).

de crecimiento y absorción de nutrientes (especialmente P) y de las tasas de liberación de nutrientes durante la descomposición. En la ejecución de este Proyecto, CATIE trabajará con los programas nacionales y con especialistas locales en Costa Rica, Mexico y Honduras y, posiblemente, en Nicaragua y Guatemala. También se pretende recopilar el conocimiento tradicional sobre el manejo y utilización de esta especie.

Con el apoyo del Proyecto, un estudiante de Ph.D. del CATIE hará un estudio comparativo de titonia y materiales actualmente utilizados como abonos verdes en la región, tales como *Mucuna deeringiana*, *Canavalia ensiformis*, *Gliricidia sepium* y *Cajanus cajan*.

Otros estudios (ver artículo de Arco-Verde *et al.* en este número) han mostrado que estos abonos verdes, al descomponerse, no son capaces de suplir suficiente P y Ca al cultivo asociado.

Se puede obtener más información sobre este Proyecto con el Dr. Fergus Sinclair (University of Wales, School of Agricultural and Forest Sciences, Bangor, Gwynedd LL57 2UW, UK, f.l.sinclair@bangor.ac.uk), Pedro Jorge Mustonen (pjorge@catie.ac.cr) en CATIE, Turrialba Costa Rica o con el Dr. Edmundo Barrios (e.barrios@cgnat.com) en CIAT, Apartado Aéreo 67-13, Cali, Colombia.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Nziguheba F, Palm CA, Buresh RJ and Smithson PC (1997) Soil phosphorus fractions and adsorption as affected by organic and inorganic sources. *Plant and Soil* 198:159-168
- Van Noordwijk M, Hairah K, Partoharjono S, Labios RV and Garrity D (1997) Food-based production systems as sustainable alternatives for Imperata grasslands. *Agroforestry Systems* 36: 55-82

El Proyecto Titonia pretende recolectar germoplasma superior en América de Sur, Mesoamérica, Africa y Asia. Es financiado por el Gobierno del Reino Unido, por medio del Natural Resources Institute (NRI) de Inglaterra. En este Proyecto participan, además del NRI, la Universidad de Wales (UW) en Bangor (Coordinador), ICRAF, CATIE y CIAT. Estos tres últimos se encargarán de las colecciones y la UW estudiará las relaciones micorrizicas de esta especie. La superioridad del germoplasma se evaluará en términos de las ta-

Donald Kass
 Profesor Investigador Principal
 CATIE, Turrialba, Costa Rica
 dkass@catie.ac.cr

Fase final del Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ

La Agencia Alemana de Cooperación Técnica para el desarrollo (GTZ) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) han trabajado desde 1980 en la investigación y en el desarrollo de sistemas agroforestales. Muchos de los avances de investigación y transferencia de tecnología desarrollados por este Proyecto han sido publicadas en Agroforestería en las Américas, en las Series Técnicas del CATIE, tesis de maestría y doctorado y numerosos artículos en revistas científicas internacionales. Ahora el Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ entra en su fase final, con actividades programadas hasta el año 2002.

La planificación del Proyecto Agroforestal ha estado organizada en fases, generalmente de tres años de duración. En cada fase se definen estrategias según las necesidades de la Región. En sus inicios, los mayores esfuerzos del Proyecto estuvieron orientados hacia la investigación y el desarrollo de sistemas de producción agroforestal para pequeños y medianos productores en áreas ecológicamente amenazadas. Las dos últimas fases se dedicaron a la disseminación de los resultados del Proyecto y de otros grupos que trabajan en agroforestería.

La disseminación se realiza a través de varios canales. Se coopera con instituciones nacionales y organizaciones no gubernamentales que trabajan en el campo agroforestal, se apoya a expertos para capacitar personal en los países centroamericanos (p.e. cursos cortos, talleres, entrenamiento en servicio), se apoyan seminarios e intercambios, se publican conocimientos agroforestales en español para diferentes clientes, se contribuye al mejoramiento de programas universitarios (incluyendo los del CATIE) y a otras actividades de difusión agroforestal.

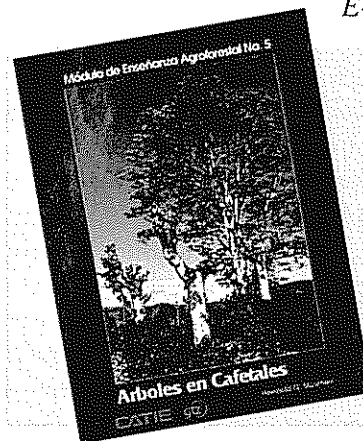
Uno de los mecanismos de difusión agroforestal más recientes son los Módulos de Enseñanza Agroforestal (ver reseña en el volumen 5(21) de la revista Agroforestería en las Américas), los que incluyen: 1) Plantación de Árboles en Líneas, 2) Sistemas Silvopastoriles, 3) Introducción a los Huertos Caseros Tropicales y 4)

Sistemas Taungya. En breve se publicarán los módulos: 5) Árboles en Cafetales, 6) Introducción a los Sistemas Agroforestales (trata también sobre aspectos de la biodiversidad de los sistemas agroforestales y sus ventajas en zonas de amortiguamiento) y 7) Economía de Sistemas Agroforestales. Actualmente se está preparando una segunda edición del Módulo sobre Sistemas Silvopastoriles, cuyas existencias ya se agotaron, y del que se contará con una versión interactiva en disco compacto que tendrá mayor información, fotografías y descripciones de especies.

Durante esta fase final del Proyecto se tiene previsto publicar un libro sobre el aporte de los sistemas agroforestales a la rehabilitación de tierras degradadas y continuar con el apoyo al curso regional de "Evaluación del Componente Arbóreo en Cafetales", el cual se ha impartido anualmente desde 1997. A partir de 1999 se ofrecerá el Curso Estratégico "Formación de Capacitadores Agroforestales", el cual se apoya en el material de los Módulos de Enseñanza Agroforestal.

Las publicaciones del proyecto pueden adquirirse en la Biblioteca Conmemorativa Orton del CATIE en la dirección electrónica: bibliot@catie.ac.cr (Fax: 00506 556 0858, Tel:00506 556 0501) o a través de la página web del CATIE: www.catie.ac.cr en la sección de publicaciones.

Edgar Kopsell
Investigador Asociado
Líder del Proyecto Agroforestal CATIE-GTZ.
E-mail: ekopsell@catie.ac.cr



El Módulo de café con sombra es una de las más recientes publicaciones para el apoyo a los técnicos y a la docencia en América Latina.

Simposio Internacional

“Observaciones e Investigación Forestal a Largo Plazo”

Grupo IUFRO S4.11 (Estadísticas, matemáticas y computadoras)
Turrialba, Costa Rica. Febrero 23-27, 1999

Cuando en 1891 se fundó la Unión Internacional de Organizaciones en Investigación Forestal (IUFRO - siglas en inglés-), una de sus tareas primordiales fue la del intercambio de conocimientos y experiencias en la planificación de experimentos a largo plazo. Dicha idea se ha mantenido y se ha ido modificando a través del tiempo y hoy en día se ha convertido en el elemento principal de la investigación silvicultural. En febrero de 1999 se organizó y llevó a cabo, en Turrialba, Costa Rica, el Simposio titulado "International Symposium on Long-Term Observations and Research in Forestry". En dicha actividad participaron 40 investigadores de 15 diferentes países de América Latina, Norte América, Europa y Asia.

El programa del simposio incluyó tres días de presentaciones técnicas, organizadas en cuatro sesiones: 1) Modelaje; 2) Análisis y Manejo de Datos; 3) Estudios de Crecimientos y 4) Experiencias Locales y Estudios de Caso. El simposio se abrió con una presentación magistral ("From Trials and Errors to Process Modelling") a cargo del Dr. Boris Zeide. Al finalizar el simposio, el Dr. Michael Köhl, líder del S4.11 de IUFRO clausuró oficialmente el evento, resumiendo los alcances de la reunión y las perspectivas a futuro.

Las presentaciones técnicas cubrieron la gran mayoría de los aspectos incorporados en investigaciones a largo plazo en el campo silvicultural y permitió ver que la planificación y administración de las parcelas de medición a largo plazo y sus datos son afectados por grandes cambios, particularmente en países tropicales. Desafortunadamente, muchas instituciones no están en una posición financiera para mantener y manejar adecuadamente sus parcelas y datos durante largos periodos. La cooperación entre instituciones del campo forestal y de los recursos naturales se vislum-

bra como una opción para solventar dichos problemas. Se demostró que el manejo y análisis de datos requiere de un acercamiento entre expertos en forestería, computación, analistas de datos y estadísticos.

Se presentaron varias experiencias de modelaje de bosques tropicales. El modelaje se ha convertido en una herramienta muy importante para el manejo e investigación en el campo de la silvicultura, ya que minimiza la necesidad de establecer costosos experimentos a largo plazo y reduce décadas de mediciones de campo a minutos del tiempo del computador. El modelaje es ampliamente aceptado por el gremio, pero es importante mencionar, que dichos modelos no podrán ser desarrollados ni validados sin algunos experimentos a largo plazo. Las memorias del simposio serán publicadas en una fecha próxima y estarán a la venta en el CATIE.

Simultáneamente al Simposio S4.11, se llevó a cabo en el Campus del CATIE, el simposio del grupo IUFRO S1.15 (Agroforestería), titulado "International Symposium on Multistrata Agroforestry Systems with Perennial Crops" (véase otra reseña en este volumen). La combinación de actividades técnicas y sociales entre los dos eventos produjo un rico intercambio de ideas interdisciplinarias entre los participantes. El concepto de tener dos reuniones IUFRO al mismo tiempo fue una experiencia muy positiva, desde un punto de vista técnico y organizacional y, ciertamente, recomendable para futuros eventos, particularmente en una institución multidisciplinaria como CATIE.

Christoph Kleinn
CATIE, Turrialba, Costa Rica. Jefe Unidad de
Bioestadística. Coordinador del Simposio
ckleinn@catie.ac.cr

Simposio Internacional**“Sistemas Agroforestales
Multi-estratos con Cultivos Perennes”**

Grupo IUFRO S1.15 (Agroforestería)
Turrialba, Costa Rica. Febrero 23-27, 1999

Nueve presentaciones magistrales y más de 50 afiches fueron presentados en este simposio, organizado por CATIE-ICRAF-IUFRO, en el cual participaron 77 investigadores y estudiantes de 18 países de América Latina, Norte América, Europa, Asia y África. El programa incluyó un taller de modelaje agroforestal organizado por CATIE y el “Proyecto de Modelaje Agroforestal”, DFID (ODA), Inglaterra, seguido por tres días de presentaciones técnicas organizadas en cuatro sesiones: 1) ejemplos de sistemas agroforestales multi-estratos; 2) interacciones biofísicas; 3) metodologías de investigación; 4) interacciones socio-económicas

Las sesiones técnicas fueron seguidas de un viaje al campo de dos días para visitar ensayos agroforestales de largo plazo y un parque nacional en el trópico húmedo bajo de Talamanca, Costa Rica y Bocas del Toro, Panamá. El énfasis de simposio fue puesto en la discusión de las presentaciones magistrales y de los afiches lo cual resultó en un rico y animado intercambio de información. También, el hecho de llevar a cabo otro simposio de IUFRO en CATIE al mismo tiempo (“Observaciones e Investigación Forestal a Largo Plazo” del Grupo S4.11; véase otra reseña en este volumen) contribuyó sustancialmente a la organización y al intercambio de ideas. Un compendio de resúmenes extendidos fue distribuido durante el simposio y se va a publicar en el año 2000 una selección de los artículos completos en un número especial de la Revista “Agroforestry Systems”.

Entre las conclusiones principales del simposio estuvieron las siguientes:

- 1) La importancia de investigar y manejar la heterogeneidad (p.e. suelos) dentro de estos sistemas agroforestales y no tratar de eliminar (simplificar) esta variabilidad;
- 2) Más que determinar si estos sistemas agroforestales (SAF) son sostenibles, hay que determinar en qué

circunstancias son sostenibles y cuando no, identificando las variables bio-físicas y socio-económicas más influyentes;

- 3) La necesidad de enfocar la investigación formal en procesos claves, comunes en muchos sistemas, que podrían producir resultados de interés para los finqueros, quienes al final son los que tienen que integrar las nuevas tecnologías en sus sistemas de producción. Los sistemas de la finca son tan complejos, que difícilmente podrán ser estudiados en su totalidad por los investigadores;
- 4) Aprovechar la biodiversidad de estos SAF para la conservación, el control de plagas y para aumentar los ingresos de los finqueros mediante la diversificación (p.e. madera de aserrío), la promoción de productos especializados (p.e. café producido en forma amigable con las aves) y otros servicios (p.e. agua, ecoturismo);
- 5) Las múltiples posibilidades de seleccionar y manejar los componentes arbóreos de estos sistemas, no solamente para diversificar su producción, sino también para lograr un manejo integrado de los recursos, plagas, enfermedades y malezas;
- 6) La urgencia de evaluar los beneficios reales en cuanto a secuestro de C por SAF, tomando en cuenta las alternativas, la situación anterior y aspectos temporales, para no crear falsas expectativas respecto a este posible beneficio;
- 7) La necesidad, y la complejidad, de estudiar los beneficios y costos de un SAF a diferentes escalas, incluyendo el uso de modelaje (estudiar escalas más amplias que una plantación o una finca como una cuenca, paisaje, país y hasta global).

John Beer, Fergus Sinclair, Celia Harvey
CATIE, Turrialba, Costa Rica
jbeer@catie.ac.cr; f.l.sinclair@bangor.ac.uk;
charvey@catie.ac.cr

Evento: Los servicios que producen las tierras forestales: su evaluación, cuantificación e inclusión en políticas nacionales

Tipo: Curso corto

Fecha: 13-25 de setiembre de 1999

Lugar: Universidad para la Paz, Costa Rica

Contacto: Felipe Matos, UPAZ, Costa Rica. Apdo. 138-6100 Ciudad Colón, Costa Rica Tel: 00506 249 15 12, fax: (506) 249 19 29; E-mail: upazcult@sol-racsa.co.cr

Evento: Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible

Tipo: Curso Corto

Fecha: noviembre de 1999

Lugar: Universidad para la Paz, Costa Rica

Contacto: Felipe Matos, UPAZ, Costa Rica. Apdo. 138-6100 Ciudad Colón, Costa Rica Tel: 00506 249 15 12, fax: (506) 249 19 29; E-mail: upazcult@sol-racsa.co.

Evento: Nuevas Perspectivas para integrar el manejo del Bosque primario y secundario para el siglo 21 (IUFRO)

Tipo: Conferencia

Fecha: setiembre de 1999

Lugar: Belem, Pará, Brasil

Contacto: Dr. N Silva, Amazonía Oriental, PO Box 48, 66095-100, Belem, Pará, Brasil. Tel: +55 91 226 9845. E-mail: natalino@cpatu.embrapa.br

Evento: Sostenibilidad en plantaciones forestales (IUFRO) Brasil

Tipo: Conferencia

Fecha: setiembre 1999

Lugar: Brasil

Contacto: Ministerio de Agricultura y Abastecimiento, Embrapa, Estrada da Rebeira, Km 111 Caixa Postal 319, CEP 83411, Colombo PR, Brazil. Tel: +55 041 766 1313, fax: +55 041 766 1276. E-mail: bellote@cnpf.embrapa.br

Evento: Aprovechamiento de plantaciones forestales

Tipo: Curso

Fecha: 2-6 noviembre de 1999

Lugar: Centro de Capacitación Agroforestal Andino, Cajamarca, Perú

Contacto: Carretera al Aeropuerto Km 3-Fundo Tartar, Cajamarca Perú P.O. 208 Tel: 51 44 823097- 51 44 821369. E-mail: adeforc@mail.cosapidata.com.pe

Evento: Manejo de cuencas

Tipo: Curso

Fecha: 18-29 octubre de 1999

Lugar: Centro de Capacitación Agroforestal Andino, Cajamarca, Perú

Contacto: Carretera al Aeropuerto Km 3-Fundo Tartar, Cajamarca Perú P.O. 208 Tel: 51 44 823097- 51 44 821369. E-mail: adeforc@mail.cosapidata.com.pe

Guía para la presentación de artículos para la sección de Avances de Investigación

1. Descripción del sitio.

- Lugar donde se estableció el experimento (finca, estación experimental, varias fincas, etc.),
- latitud y longitud,
- clima (precipitación promedio, meses secos y lluviosos temperaturas, humedad relativa con la fuente de datos).
- suelos (pendiente, drenaje, profundidad, textura, fertilidad, características físicas)
- Uso anterior.

2. Descripción del ensayo.

- Especies involucradas (tanto vegetales como animales, con sus nombres científicos)
- Tratamientos evaluados (arreglo experimental, diseño, número de repeticiones, espaciamientos, tamaño de parcelas, número de árboles y/o animales, densidades, etc.)
- Procedencias de animales y plantas o variedades.
- Manejo ensayo (Manejo inicial, control de malezas, fertilización etc.).

3. Metodología de toma de datos.

- Definición y enumeración de variables
- Para cada una de las variables describir: como se definieron los métodos; forma de análisis de los datos.

4. Resultados, conclusiones y recomendaciones.

- Lo mejor es realizarlas siguiendo el mismo orden en que fueron definidas en la metodología; eso ayuda a ordenar la información, aunque puede variar según el autor, y el tipo de datos.

5. Bibliografía

La citada en el texto se utiliza el apellido y año de publicación por ejemplo (Ibrahim, 1993). La literatura citada deberá aparecer al final del artículo en orden alfabético, según las normas establecidas para este fin por el Instituto de Cooperación para la Agricultura (IICA). Ejemplos:

Libros:

HOLDRIDGE, L. 1978. Ecología basada en Zonas de vida. San José, C.R., IICA 106p.

Tesis:

PINEDA, M.O. 1980. Utilización de follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana*) en la alimentación de terneros en lechería. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 65p.

Artículo de revista:

JIMÉNEZ, J.M.; VÍQUEZ, E.; KASS, D.L.; CHAVARRIA, R. 1992. Uso de *Erythrina berteroa* y *Gliricidia sepium* como soporte vivo de ñame alado (*Dioscorea alata* L.c.v. 6322) El Chasqui (C.R.) no. 29, 6-11.

Publicaciones Agroforestales 1998

Presentamos las publicaciones agroforestales de CATIE e ICRAF en 1998, para que nuestros lectores tengan una visión de las tendencias agroforestales de investigación y desarrollo y tengan material actualizado de consulta. Esperamos que sean de utilidad.

CATIE

- Abarca, S.; Ibrahim, M.; Mannetje, T. 1998. Consumo y parámetros de fermentación ruminal de animales en pasturas mezcladas gramínea-leguminosa para el Trópico Húmedo de Costa Rica. *Revista Nutrición de Ruminantes* 15(3).
- Beer, J. 1998. Ventajas, desventajas y características deseables en los árboles de sombra para café, cacao y té. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 169-186.
- Beer, J.; Luján, R.; Vargas, A. 1998. Establecimiento y manejo de linderos con árboles maderables. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 187-202.
- Beer, J.; Kapp, G.; Lucas, C.; Vargas, A. 1998. Taungya y sistemas agrosilviculturales permanentes. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. Pp. 223-238.
- Benavides, J. 1998. Árboles y arbustos forrajeros: Una opción agroforestal para la ganadería. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 315-338.
- Bustamente, J.; Ibrahim, M.; Beer, J. 1998. Evaluación agronómica de ocho gramíneas mejoradas en un sistema silvopastoril con poró (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de Turrialba. *Agroforestería en las Américas* 5 (19):11-16.
- Calvo, G.; Somarriba, E. 1998. Sombras leguminosas para cacao: costos y beneficios financieros. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 301. 30 p.
- Esquivel, J.; Ibrahim, M.; Jiménez, F.; Pezo D. 1998. Distribución de nutrientes en el suelo en asociaciones de poró (*Erythrina beteroana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) o *Arachis pintoii* con *Brachiaria brizantha*. *Agroforestería en las Américas* 5(17-18):39-43.
- Estivariz, J.; Muschler, R. 1998. Efecto de la sombra sobre el vigor y producción de *Coffea arabica* var Caturra, después de una poda total del café en Turrialba, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 5(17-18):49-53.
- Estrada, X.; Ibrahim, M.; Camero, A.; Abarca, S.; Hidalgo, C. 1998. Degradación ruminal de forrajes tropicales cuando se sustituye King Grass (*Pennisetum purpureum* Pennisetum typhoides) por Morera (*Morus alba*). *Agroforestería en las Américas* 5(17-18):34-38.
- Faustino, J. 1998. Cortinas rompevientos. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 203-222.
- Faustino, J. (ed.). 1998. Enfoque agroforestal del Manejo de cuencas. *Agroforestería en las Américas* 5(20): 4.
- Flores, O.I.; Bolívar, D.M.; Botero, J.A.; Ibrahim, M. A. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de ruminantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development* 10(1):1-5.
- Franco, M.; Ibrahim, M.; Pezo D.; Camero, A.; Araya, J.L. 1998. Degradabilidad ruminal *in situ* y solubilidad de la proteína de rebrotes de *Cratylia argentea* de diferentes edades. *Agroforestería en las Américas* 5(17-18):29-33.
- González, F.; Kass, D. 1998. Efecto de barbechos mejorados de *Acacia mangium* sobre la disponibilidad de fósforo en *Vigna unguiculata* en un Ultisol ácido. *Agroforestería en las Américas* 5(17-18):59-63.
- Ibrahim, M.; Beer, J. (Eds.). 1998. Agroforestry Prototypes for Belize. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico. No. 28. 55 p.
- Ibrahim, M.; Camero, A.; Pezo, D.; Esquivel, J. 1998. Sistemas silvopastoriles. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 289-314.
- Ibrahim, M.; Canto, G.; Camero, A. 1998. Establishment and management of fodder banks for livestock feeding in Cayo. In Ibrahim, M.; Beer, J. (Eds.). *Agroforestry Prototypes for Belize*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 28. p. 15-43.
- Jiménez, J. 1998. Soportes vivos para la producción de cultivos. In Jiménez, F.; Vargas, A. (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 279-288.
- Jiménez, F. 1998. Clima y agroforestería. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 109-126.
- Jiménez, F.; Collinet, J.; Mazariego, M. 1998. Recuperación de suelos degradados con *Gliricidia sepium* o gallinaza en la Microcuenca Río Las Cañas, El Salvador. *Agroforestería en las Américas* 5 (20):10-16.
- Jiménez, F.; Vargas, A. (eds.). 1998. Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. 360 p.

- Jiménez, J.; Kass, D.; Jiménez, F. 1998. El cultivo en callejones. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 257-278.
- Jiménez, M.; Aguirre, J.; Ibrahim, M.; Olivo, R.; Pezo, D. 1998. Efecto de la suplementación con morera (*Morus alba*) en la ganancia de peso de terneras de lechería (posdestete). *Agroforestería en las Américas* 5(17-18):23-28.
- Kass, D. 1998. Barbechos mejorados. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 239-256.
- Kass, D.; Thurston, H.D.; Schlather, K. 1998. Sustainable mulch-based cropping systems with trees. In Buck, L.E., Lassoie, J.P., Fernandez, C.M. (Eds.). *Agroforestry in Sustainable Agriculture Systems*. Boca Raton, Florida, EE.UU., CRC Press. pp. 361-379.
- Kass, D.; Vargas, A. 1998. Conocimientos básicos sobre suelos y agua para el manejo de sistemas agroforestales. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 85-108.
- Kass, D.; Vasconcelos, J.; Tavares, F. 1998. Long-term effects of application of organic residues to a soil derived from volcanic ash, World Congress of Soil Science (16, Montellier, Francia). Proceedings. Scientific registration No. 634, Symposium No. 40.
- Lok, R. 1998. Huertos caseros tradicionales. Módulo de Enseñanza Agroforestal no. 3. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Materiales de Enseñanza No. 41. 157 p.
- Lok, R. 1998. El huerto casero tropical tradicional en América Central. (Capítulo 1). In Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. CATIE-AGUILA-IDRC-ETC Andes, Turrialba, Costa Rica pp. 7-28.
- Lok, R. 1998. Comentario Final. In Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. CATIE-AGUILA-IDRC-ETC Andes, Turrialba, Costa Rica pp. 223-232.
- Lok, R. 1998. Introducción. In Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. CATIE-AGUILA-IDRC-ETC Andes, Turrialba, Costa Rica pp. 1-6.
- Lok, R. 1998. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 169-186.
- Lok, R. (Ed.). 1998. Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. CATIE-AGUILA-IDRC-ETC Andes, Turrialba, Costa Rica. 232 p.
- Lok, R.; Méndez, V.E. 1998. El uso del ordenamiento local del espacio para una clasificación de huertos en Nicaragua. In R. Lok (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. CATIE-AGUILA-IDRC-ETC Andes, Turrialba, Costa Rica pp. 129-150.
- Lok, R.; Samaniego, G. 1998. La valorización sociocultural del huerto y del café con árboles entre la población Ngöbe de Chiriquí, Panamá. In Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. CATIE-AGUILA-IDRC-ETC Andes, Turrialba, Costa Rica pp. 185-222.
- Lok, R.; Wieman, A.; Kass, D. 1998. Influencia de las características de sitio y el acceso al agua en huertos de la Península de Nicoya, Costa Rica. In Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. CATIE-AGUILA-IDRC-ETC Andes, Turrialba, Costa Rica. pp. 29-60.
- Ludewigs, T.; Somarriba, E.; Ramírez, O. 1998. Estabilidad y riesgo en sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao*), plátano (*Musa AAB*) y laurel (*Cordia alliodora*). *Agroforestería en las Américas* 5(17-18):17-22.
- Medina, J.M.; Schultz, S.; Velázquez, S. 1998. Uso de un sistema de Información Geográfica en la toma de decisiones para la reforestación de una cuenca. *Agroforestería en las Américas* 5 (20):26-31.
- Meléndez, L. 1998. Nuevos Agroforestales en América. *Agroforestería en las Américas* 5 (17-18):5-6.
- Meléndez, L.; Faustino, J. 1998. Carlos José Rivas: veinte años de experiencia en gestión y manejo de cuencas hidrográficas. *Agroforestería en las Américas* 5(20): 6-9.
- Méndez, E.; Beer, J.; Faustino, J. 1998. Plantación de Árboles en línea. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 1. CATIE. Serie Materiales de Enseñanza No. 39. 117 p.
- Morales, E.; Beer, J. 1998. Distribución de raíces finas de *Coffea arabica* y *Eucalyptus deglupta* en cafetales del Valle Central de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 5(17-18):44-48.
- Ochoa, L.; Fassaert, C.; Somarriba, E.; Schlönvoigt, A. 1998. Conocimiento de mujeres y hombres sobre las especies de uso medicinal y alimenticio en huertos caseros de Nicoya, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 5(17-18):7-11.
- Pezo, D.; Ibrahim, M. 1998. Sistemas Silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal no. 2. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Materiales de Enseñanza No. 40. 258 p.
- Samaniego, G.; Lok, R. 1998. Valor de la percepción y del conocimiento local de indígenas Ngöbe, en Chiriquí, Panamá. *Agroforestería en las Américas* 5(17-18):12-16.
- Schlönvoigt, A. 1998. Sistemas Taungya. Módulo de Enseñanza Agroforestal no. 4. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Materiales de Enseñanza No. 42. 116 p.
- Shultz, S.; Faustino, J.; Melgar, D. 1998. Adopción y rentabilidad de la agroforestería y la conservación de suelos en El Salvador. *Agroforestería en las Américas* 5(20): 22-25.
- Siles, J.; Jiménez, F.; Faustino, J.; Kass, D. 1998. Producción de abono orgánico a partir de pulpa de café mediante lombricompostaje como alternativa para reducir la contaminación de las cuencas. *Agroforestería en las Américas* 5(20):17-21.
- Simón, M.; Ibrahim, M.; Finegan, B.; Pezo, D. 1998. Efectos del pastoreo bovino sobre la regeneración de tres especies arbóreas comerciales del Chaco Argentino: un método de protección. *Agroforestería en las Américas* 5 (17-18): 64-67.

- Somarriba, E. (ed.). 1998. Tesis de maestría en Agroforestería 1997. Agroforestería en las Américas. Edición Especial 5 (17-18).
- Somarriba, E. 1998. Timber species to replace existing non-commercial shade trees in cacao plantations in Toledo, Belize. In Ibrahim, M., and Beer, J. (Eds.). Agroforestry Prototypes for Belize. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 28. p. 45-55.
- Somarriba, E. 1998. ¿Qué es agroforestería?. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico. No. 32. p 1-14.
- Somarriba, E. 1998. Diagnóstico y diseño agroforestal. Agroforestería en las Américas 5 (17-18):68-72.
- Somarriba, E.; Calvo, G. 1998. Enriquecimiento de cacaotales con especies maderables. Agroforestería en las Américas 5(19):28-31.
- Somarriba, E.; Kass, D.; Ibrahim, M. 1998. Definition and classification of Agroforestry Systems. In Ibrahim, M. and Beer, J. (Eds). Agroforestry Prototypes for Belize. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 28. p. 3-6.
- Valdivieso, R.; Somarriba, E.; Galloway, G.; Vásquez, W.; Kass, D. 1998. Crecimiento del laurel (*Cordia alliodora*) en sistemas agroforestales de Talamanca, Costa Rica y Changuinola, Panamá. Agroforestería en las Américas 5(17-18):54-58.
- Platen, H. von; Köpsell, E. 1998. Economía y sistemas agroforestales. In Jiménez, F.; Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. p. 127-168.
- Wieman, A.; Leal, D. 1998. La cría de animales menores en los huertos caseros. In Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. CATIE-AGUILA-IDRC-ETC Andes, Turrialba, Costa Rica. pp. 85-116.
- Nota de los editores:** El año pasado presentamos el listado de publicaciones del personal del Área de Cuencas y Sistemas Agroforestales del CATIE (Agroforestería en las Américas 5(17/18). 1997.). Omittimos algunas referencias que ahora presentamos.
- Lok, R. 1997. Base para la disseminación de los sistemas agroforestales. Agroforestería en las Américas 4(16):29-32.
- Lok, R.; Meléndez, L. 1997. Sara Scherr: destacada investigadora de la socioeconomía de los sistemas agroforestales. Agroforestería en las Américas 4(16):5-7.
- Platen, H. von; Kopsell, E. 1997. El análisis económico parcial - comparativo. Agroforestería en las Américas 4(16):25-28.
- ICRAF**
- Libros y volúmenes extensos**
- Maghembe, J.A.; Simons, A.J.; Kwesiga, F.; Rarieya, M. 1998. Selecting indigenous trees for domestication in southern Africa: priority setting with farmers in Malawi, Tanzania, Zambia and Zimbabwe. Nairobi, Kenia, ICRAF.
- Artículos en revistas científicas**
- Arévalo, L.; Alegre, J.; Bandy, D.; Szott, L. 1998. Changes in soil properties following cattle grazing in a silvopastoral system in Peruvian Amazon. Agroforestry Systems 40:109-124.
- Barrios, E.; Kwesiga, F.; Buresh, R.J.; Sprent, J.I.; Coe, R. 1998. Relating pre-season soil nitrogen to maize yield in tree legume-maize rotations. Soil Science Society of America Journal 62:1604-1609.
- Bationo, A.; Koala, S.; Ayuk, E. 1998. Fertilité des sols pour la production c el ali re en zone sah lo-soudanienne et valorisation des phosphates naturels. Cahier Agricultures 7:365-371.
- Burgess, S.S.O.; Adams, M.; Turner, N.C.; Ong, C.K. 1998. The redistribution of soil water by tree root systems. Oecologia 115:306-311.
- Duguma, B. 1998. Preface. In Duguma B, ed. Agroforestry research and development in the humid lowlands of West and Central Africa. (1995, Yaounde, Cameroon). Regional Symposium on Agroforestry Research and Development. Agroforestry Systems 40(3):249-252.
- Haggar, J.P.; Briscoe, C.B.; Butterfield, R.P. 1998. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. Forest Ecology and Management 106:195-203.
- Hairiah, K.; Mudyarso, D.; Husin, Y.A.; van Noordwijk, M. 1997. Dinamika Karbon dan Konsumsi Metana (CH₄) pada Sistem Tebang Bakar di Lampung Utara: Alternatif untuk Konservasi Sumber Daya Hutan dan Lahan. Agrivita 20:175-180.
- Jama, B.; Buresh, R.J.; Ndufa, J.K.; Shepherd, K.D. 1998. Vertical distribution of roots and soil nitrate: tree species and phosphorus effects. Soil Science Society of America Journal 62:280-286.
- Jama, B.; Buresh, R.J.; Place, F.M. 1998. Sesbania tree fallows for phosphorus-deficient sites: maize yield and financial benefit. Agronomy Journal 90(6):717-726.
- Larbi, A.; Duguma, B.; Smith, J.W.; Mollet, M.; Akin-Lade. 1998. Edible forage production, chemical composition, rumen degradation and gas production characteristics of *Calliandra calothyrsus* (Messin) provenances in the humid tropics of West Africa. Agroforestry Systems 39(3):275-290.
- Lowe, A.; Russell, J.R.; Powell, W.; Dawson, I.K. 1998. Identification and characterisation of nuclear loci in *Irvingia gabonensis* and *I. wombolu*, indigenous fruit trees of West and Central Africa. Molecular Ecology 7:1786-1788.
- Mafongoya, P.L.; Giller, K.E.; Palm, C. 1998. Decomposition and nitrogen release patterns from tree prunings and litter. Agroforestry Systems 38:77-97.
- Mafongoya, P.L.; Nair, P.K.R.; Dzwowela, B.H. 1998. Nitrogen mineralization from multipurpose tree prunings as affected by their chemical composition. Biology and Fertility of Soils 27:143-148.
- Mapongmetsem, P-M.; Duguma, B.; Nkongmeneck, B.A.; Puig, H. 1998. D eterminisme de la d efeuilleaison chez quelques essences foresti res tropicales du Cameroun. Revue de Ecologie 53:193-209.
- Maroko, J.B.; Buresh, R.J.; Smithson, P.C. 1998. Soil nitrogen availability as affected by fallow-maize systems on two soils in Kenya. Biology and Fertility of Soils 26:229-234.
- Mathuva, M.N.; Rao, M.R.; Smithson, P.C.; Coe, R. 1998. Improving maize (*Zea mays*) yields in semi-arid highlands of Kenya: agroforestry or inorganic fertilizers? Field Crops Research 55:57-72.
- Ngulube, M.R.; Hall, J.B.; Maghembe, J.A. 1998. Reproductive eco-

- logy of *Uapaca kirkiana* in Malawi, southern Africa. *Journal of Tropical Ecology* 14:743-760.
- Niang, A.; Styger, E.; Gahamanyi, A.; Hoekstra, D.; Coe, R. 1998. Fodder-quality improvement through contour planting of legume-shrub/grass mixtures in croplands of Rwanda highlands. *Agroforestry Systems* 39(3):263-274.
- Nziguheba, G.; Palm, C.A.; Buresh, R.J.; Smithson, P.C. 1998. Soil phosphorus fractions and adsorption as affected by organic and inorganic sources. *Plant and Soil* 198:159-168.
- Paterson, R.T.; Karanja, G.M.; Roothaert, R.L.; Nyaata, O.Z.; Kariuki, I.W. 1998. A review of tree fodder production and utilization within smallholder agroforestry systems in Kenya. *Agroforestry Systems* 41:181-199.
- Rao, M.R.; Nair, P.K.R.; Ong, C.K. 1998. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 38:3-50.
- Raussen, T.; Kokwe, M.; Daka, E. 1998. Dambo irrigation: an integral component of small scale farming systems in southern Africa. *Journal of Applied Irrigation Science* 33(2):337-358.
- Shepherd, K.D.; Soule, M.J. 1998. Soil fertility management in west Kenya: dynamic simulation of productivity, profitability and sustainability at different resource endowment levels. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 71:131-145.
- Simons, A.J.; Dawson, I.K.; Duguma, B.; Tchoundjeu, Z. 1998. Pasing problems: prostate and prunus. *Herbalgram* 43:49-53.
- Snapp, S.S.; Mafongoya, P.L.; Waddington, S. 1998. Organic matter technologies for integrated nutrient management in smallholder cropping systems of southern Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 71:187-202.
- Tchigio, I.; Duguma, B. 1998. Vegetative propagation of *Calliandra calothyrsus* (Meissner). (1995, Yaounde, Cameroon). Regional Symposium on Agroforestry Research and Development. *Agroforestry Systems* 40(3):275-281.
- Tomich, T.P.; van Noordwijk, M.; Vosti, S.; Witcover, J. 1998. Agricultural development with rainforest conservation: methods for seeking best bet alternatives to slash-and-burn, with applications to Brazil and Indonesia. *Agricultural Economics* 19(1-2):157-174.
- van Noordwijk, M.; Martikainen, P.; Bottner, P.; Cuevas, E.; Rouland, C.; Dhillon, S.S. 1998. Global change and root function. *Global Change Biology* 4:759-772.
- Vandermeer, J.; van Noordwijk, M.; Anderson, J.; Ong, C.; Perfecto, I. 1998. Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 67:1-22.
- Capítulos en libros**
- Alegre, J.C.; Weber, J.C.; Bandy, D.E. 1998. The potential of *Inga* species for improved woody fallows and multi-strata agroforests in the Peruvian Amazon Basin. In Pennington, T.D., Fernandes, E.C.M., eds. The genus *Inga*—utilization. Kew, UK, Royal Botanic Gardens. p 87-100.
- Bronson, K.F.; Cassman, K.G.; Wassman, R.; Olk, D.C., van Noordwijk, M.; Garrity, D.P. 1998. Soil carbon dynamics in different cropping systems in principal ecoregions of Asia. In Lal, R.; Kimble, J.M.; Follett, R.F.; Stewart, B.A., eds. Management of carbon sequestration in soil. Boca Raton, EE.UU., CRC Press. p 35-57.
- Djimde, M.; Sidibe, M.; Ouologuem, B. 1998. Potentialité fourragère de *Gliricidia sepium* en saison sèche dans la zone semi-aride du Mali. In Breman, H., Sissoko, K., eds. L'intensification agricole au Sahel. Paris, Editions Karthala. p 677-683.
- Leakey, R.R.B.; Tomich, T.P. 1998. Domestication of tropical trees: from biology to economics and policy. In Buck, L.E., Lassoie J.P.; Fernandes, E.C.M., eds. *Agroforestry in sustainable ecosystems*. New York, EE.UU., CRC Press/Lewis Publishers. p 319-338.
- Mafongoya, P.L.; Dzowela, B.H. 1998. The use of multipurpose tree prunings as sources of nitrogen to maize under Zimbabwe conditions. In Bergstrom, L., Kirchman, H., eds. Carbon and nutrient dynamics in natural and agricultural tropical ecosystems. Wallington, UK: CAB International. p 85-102.
- van Noordwijk, M.; Murdiyarso, D.; Hairiah, K.; Wasrin, U.R.; Rachman, A.; Tomich, T.P. 1998. Forest soils under alternatives to slash-and-burn agriculture in Sumatra, Indonesia. In Schulte, A., Ruhiyat, D., eds. Soils of tropical forest ecosystems: characteristics, ecology, and management. Berlin, Springer-Verlag. p 175-185.
- Publicaciones en actas de conferencias**
- Altieri, M.A.; Beniest, J.; Sanchez, P.A.; Swift, M.J.; van Houten, H. 1998. Approaches to replenishing soil fertility in Africa: NGO perspectives. (1997, Nairobi, Kenya). Summary of a workshop. Nairobi: ICRAF. (English and French versions).
- Buresh, R.J.; Giller, K.E. 1998. Strategies to replenish soil fertility in African smallholder agriculture. In Waddington, S.R.; Murwira, H.K.; Kumwenda, J.D.T.; Hikwa, D.; Tagwira, F., eds. Soil fertility research for maize-based farming systems in Malawi and Zimbabwe. Harare: Soil Fertility Network and CIMMYT-Zimbabwe. p 13-19.
- Dondjang, J.P.; Tchoundjeu, Z.; Ze, J.L.P. 1998. Domestication des fruitiers sauvages de la zone humide de basse altitude du Cameroun: cas du kassémanga (*Spondias mombin* Linn.) et d'andock (*Irvingia gabonensis* A. Lecomte O.). In Duguma B, Mallet B, eds. Recherche et développement dans les zones tropicales humides d'Afrique Centrale et de l'Ouest. (1995, Youdé, Cameroun). Actes du symposium. Yaoundé, IRAD. p 19-34.
- Duguma, B.; Kanmegne, B.; Bayomock, A. 1998. Short-rotation planted shrub fallow for soil management in the humid lowlands of southern Cameroon. In Duguma B, Mallet B, eds. Recherche et développement dans les zones tropicales humides d'Afrique Centrale et de l'Ouest. (1995, Youdé, Cameroun). Actes du symposium. Yaoundé, IRAD. p 209-216.
- Duguma, B.; Mallet, B. eds. 1998. Recherche et développement dans les zones tropicales humides d'Afrique Centrale et de l'Ouest. (1995, Youdé, Cameroun). Actes du symposium. Yaoundé, IRAD.
- Duguma, B.; Mollet, M. 1998. Early growth performance of *Calliandra calothyrsus* (Meissner) provenances in the acid soils of southern Cameroon. In Duguma B, Mallet B, eds. Recherche et développement dans les zones tropicales humides d'Afrique Centrale et de l'Ouest. (1995, Youdé, Cameroun). Actes du symposium. Yaoundé, IRAD. p 35-48.
- Dzowela, B.H.; Wandera, P.F.; Were, J.; Mohammed-Saleem, M.A. 1998. Leucaena—adaptation, quality and farming systems. In Shelton, H.M.; Guttridge, R.C.; Mullen, B.F.; Bary, R.A.,

- eds. *Lucaena* in smallholder farming systems in Africa. (1998, Hanoi, Vietnam). Proceedings of a workshop. ACIAR Proceedings no. 86. p 311-319.
- Ezenwa, I.; Aken 'Ova, M.E.; Atta-Krah, A.N. 1998. Cutting management of intensive feed gardens for dry season fodder production in southwest Nigeria. *In* Duguma, B.; Mallet, B., eds. Recherche et développement dans les zones tropicales humides d'Afrique Centrale et de l'Ouest. (1995, Yaoundé, Cameroun). Actes du symposium Yaoundé, IRAD. p 321-330.
- Izac, A.M.N. 1999. Assessing the impact of research in natural resources management. *In* (1998, Nairobi, Kenya). Synthesis of an international workshop. Nairobi, ICRAF.
- Kanmegne, J.; Duguma, B.; Henrot, J.; Isirimah, N.O. 1998. Potentials of some indigenous plant species for enhancing soil fertility in the humid tropics. *In* Duguma, B.; Mallet, B., eds. Recherche et développement dans les zones tropicales humides d'Afrique Centrale et de l'Ouest. (1995, Yaoundé, Cameroun). Actes du symposium. Yaoundé, IRAD. p 239-248.
- Kwesiga, F.R.; Dzwowela, B.H.; Maghembe, J.A.; Otsyina, R., eds and comps. 1998. Zambezi Basin Agroforestry Project for Sustainable Rural Development and Agroforestry Research Networks for Africa. *In* (11., 1997, Chipata, Zambia). Proceedings of the 11th regional planning workshop. Nairobi, ICRAF.
- Larbi, A.; Smith, J.W.; Akinlade, A.; Duguma, B.; Mollet, M. 1998. Variation in edible forage production, chemical composition, rumen degradation and gas production characteristics among *Calliandra calothyrsus* (Meissner) provenances, and implications for calliandra-based agroforestry technologies in the humid lowland tropics. *In* Duguma B, Mallet B, eds. Recherche et développement dans les zones tropicales humides d'Afrique Centrale et de l'Ouest. (1995, Yaoundé, Cameroun). Actes du symposium. Yaoundé, IRAD. p 331-344.
- Mapfumo, P.; Mpeperekwi, S.; Mafongoya, P.L. 1998. Pigeonpea in Zimbabwe: a new crop with potential. *In* Waddington, S.R.; Murwira, H.K.; Tagwira, F., eds. Soil fertility research for maize based farming systems in Malawi and Zimbabwe. (1997, Mutere, Zimbabwe). Proceedings of Soil Fertility Net Results and Planning Workshop. Harare: Soil Fertility and CIMMYT, Zimbabwe. p 93-99.
- Mapongmetsem, P.M.; Duguma, B.; Nkongmeneck, B.A.; Selegny, E. 1998. Phénologie de quelques essences locales à usages multiples de la zone forestière. *In* Duguma, B., Mallet, B., eds. Recherche et développement dans les zones tropicales humides d'Afrique Centrale et de l'Ouest. (1995, Yaoundé, Cameroun). Actes du symposium. Yaoundé, IRAD. p 69-80.
- Njoroge, M.; Rao, M.R. 1998. Barrier hedgerow intercropping for soil and water conservation on sloping lands. *In* Bhushan, L.S.; Abrol, I.P.; Rama Mohan Rao, eds. Soil and water conservation: challenges and opportunities. (8., 1994, New Delhi, India). Proceedings. Dehra Dun, India, Indian Association of Soil and Water Conservationists. p 1427-1441.
- Otsyina, R.; Ngatunga, E.L.; Gama, B.M.; Kaaya, J.; Lutkamu, M. 1998. Agroforestry and environment in Tanzania. (1., 1993, Morogoro, Tanzania). Proceedings of the First Tanzania National Agroforestry Workshop, 12-16 October 1993, Sokoine University of Agriculture, Morogoro, Tanzania.
- Roshetko, J.M. 1998. Summary of ICRAF's gemplasm related activities in Southeast Asia. *In* Indonesian Forest Seed Project. (1998, Bogor, Indonesia). Proceedings of the Indonesia Forest Seed Project Introductory Workshop. Sumedang, Indonesia: Indonesia Forest Seed Project. p 97-102.
- Sidibe, M.; Djimde, M.; Diarisso, D.; Ouologuem, B.; Timbely, D.; Sountoura, M. 1998. Potentialités d'utilisation de *Gliricidia sepium* et *Leucaena leucocephala* en alternative à la jachère naturelle dans les systèmes de production agricole au Mali. *In* Floret, C.; Pontanier, R., eds. Jachère et maintien de la fertilité. (1997, Bamako, Mali, Dakar). Proceedings of a workshop. Dakar, CORAF and European Union. p 133-139.
- Swift, M.J.; Mafongoya, P.L.; Ramakirshnana, P.S. 1998. Soil biodiversity: an essential foundation for sustainable soil fertility. *In* Chopra, V.L.; Singh, R.; Varma, A., eds. Crop production and sustainability shaping the future. Proceedings of the International Crop Science Congress. New Delhi: Oxford and IBH Publishing. p 322-332.
- Thigio, I.; Duguma, B. 1998. Effets du substrat et du traitement hormonal sur la rhizogénèse des boutures uninodales et feuillées de *Calliandra calothyrsus* (Meissner). *In* Duguma, B.; Mallet, B., eds. Recherche et développement dans les zones tropicales humides d'Afrique Centrale et de l'Ouest. (1995, Yaoundé, Cameroun). Actes du symposium. Yaoundé, IRAD. p 113-121.
- Tonye, J.; Tiki-Nwel, P.; Duguma, B.; Monneze, A. 1998. A decade of farming systems research in the forest zone of Cameroon: strategies for future development. *In* Duguma, B.; Mallet, B., eds. Recherche et développement dans les zones tropicales humides d'Afrique Centrale et de l'Ouest. (1995, Yaoundé, Cameroun). Actes du symposium. Yaoundé, IRAD. p 471-480.
- Toyi, P.; Bationo, A.K.A.; Ayuk, E. 1998. Evaluation agronomique et économique des engrais organiques et minéraux dans différentes zones agro-économiques du Togo. *In* Renard, G.; Neef, A.; Beder, K.; von Oppen, M., eds. Soil fertility management in West African land use systems. (1997, Niamey, Niger). Proceedings of the Regional Workshop. Wikersheim, Margraf, University of Hehenheim, ICRISAT Sahelian Centre and INRAN, Niamey, Niger. p 67-72.
- van Noordwijk, M.; Hairiah, K.; Lusiana, B.; Cadisch, G. 1998. Tree-soil-crop interactions in sequential and simultaneous agroforestry systems. *In* Bergstrom, L.; Kirchman, H., eds. Carbon and nutrient dynamics in natural and agricultural tropical ecosystems. Wallingford, UK: CAB International. p 173-190.
- van Noordwijk, M.; Murdiyarso, D.; Hairiah, K.; Wasrin, U.R.; Rachman, A.; Tomich, T.P. 1998. Forest soils under alternatives to slash-and-burn agriculture in Sumatra, Indonesia. *In* Schulte, A.; Ruhiyat, D., eds. Soils of tropical forest ecosystems: characteristics, ecology and management. Berlin: Springer-Verlag. p 175-185.
- van Noordwijk, M.; van Roode, M.; McCallie, E.L.; Lusiana, B. 1998. Erosion and sedimentation as multiscale, fractal processes: implications for models, experiments and the real world. *In* de Vries, F.P.; Agus, F.; Kerr, J., eds. Soil erosion at multiple scales, principles and methods for assessing causes and impacts. Wallingford, UK: CAB International. p 223-253.

Artículos en revistas técnico - divulgativas

- Böhringer, A.; Moyo, N.; Katanga, R. 1998. Farmers as impact accelerators: sharing agroforestry knowledge across borders. *Agroforestry Today* 10(2):9-11.
- Burgess, S.; Adams, M.; Ward, B.; Turner, N.; Ong, C.; Khan, A. 1998. Trees as water pumps: restoring water balances in Australian and Kenyan soils. *Agroforestry Today* 10(3):18-20.
- Clement, I.; Djatmiko, W.; Aliadi, A.; Michon, G.; de Forest H. 1998. Natural forests: a luxury or a necessity for farmers? An El Niño dry season in Sumatra, Indonesia. *Agroforestry Today* 10(4):16-18.
- Dawson, I.; Were, J. 1998. Multiplication, that's the name of the game: guidelines for seed production of agroforestry trees. *Agroforestry Today* 10(4):8-11.
- Dawson, I.; Were, J. 1998. Ordering tree seed—some guidelines. *Agroforestry Today* 10(1):8-11.
- Dawson, I.; Were, J.; Sotelo Montes, C.; Weber, J. 1998. Algunas recomendaciones para la colección de germoplasma arbóreo. *Agroforestería en las Américas* 5(19):32-36.
- Fay, C.; de Foresta, H.; Sirait, M.; Tomich, T.P. 1998. A policy breakthrough for Indonesian farmers in the Krui damar agroforests. *Agroforestry Today* 10(2):25-26.
- Kindeya, G.; Temu, A.B. 1998. Harsh environment, determined people: an Ethiopian community works together for conservation. *Agroforestry Today* 10(3):14-15.
- Labarta, R.A.; Weber, J.C. 1998. Valorización económica de bienes tangibles de cinco especies arbóreas agroforestales en la Cuenca Amazónica Peruana. *Revista Forestal Centroamericana* 23:12-21.
- Lodoen, D. 1998. Cameroon cocoa agroforests: planting hope for smallholder farmers. *Agroforestry Today* 10(4):3-4.
- Lodoen, D. 1998. Bush mango: propagating a high-value tree in Cameroon. *Agroforestry Today* 10(4):5-6.
- Lodoen, D.; Franzel, S.; O'Neill, M.; Roothaert, R.; Arimi, H.; Murithi, F. 1998. Leguminous fodder trees: boosting milk production and income for farm families in Kenya. *Agroforestry Today* 10(2):12-17.
- Rao, M.R.; Niang, A.I.; Kwesiga, F.; Duguma, B.; Franzel, S.; Jama, B.; Buresh, R.J. 1998. Soil fertility replenishment in sub-Saharan Africa: new techniques and the spread of their use on farms. *Agroforestry Today* 10(2):3-8.
- Rao, M.R.; Gacheru, E. 1998. Prospects of agroforestry for *Striga* management. *Agroforestry Forum* 9(2):22-27.
- Snook, A.; Zapata, G. 1998. Tree cultivation in Calakmul, Mexico: alternatives for reforestation. *Agroforestry Today* 10(1):4-7.
- Sotelo Montes, C.; Ricse, A.; Weber, J.C. 1998. La producción de semillas arbóreas de alto valor en terrenos de agricultores como nueva micro-empresa en la Cuenca del Río Aguaytia. *Tahuari Revista Agroforestal* 3(15):6-7.
- Tomich, T.P.; Fagi, A.M.; de Foresta, H.; Michon, G.; Murdiyarso, D.; Stolle, F.; van Noordwijk, M. 1998. Indonesia's fires: smoke as a problem, smoke as a symptom. *Agroforestry Today* 10(1):4-7.
- Tomich, T.P.; Thomas, D.E.; van Noordwijk, M. 1998. Policy research for sustainable upland systems in Southeast Asia. *Agroforestry Today* 10(2):23-25.

- Weber, J.C.; Sotelo-Montes, C. 1998. Promoción de la producción de germoplasma arbóreo de alto valor genético, físico y comercial en terrenos de agricultores como nueva microempresa en la cuenca amazónica. *Bosques Amazonicos* 11:8.
- Were, J.; Simons, T.; Dawson, I.; Mbor, A.; Pottinger, A. 1998. Seed production in *Leucaena* species: initial results on family and site variation from Machakos and Muguga, Kenya. *LEUC-NET News* 5:16-21.

Informes técnicos

- Atta-Krah, K.A.; Wakhu, P.A. comps. (1998, Butare, Rwanda). Proceedings of the Eastern and Central Africa AFRENA Annual Planning and Review Workshop. Nairobi: ICRAF.
- Esilaba, A.O.; Mulatu, T.; Reda, F.; Ransom, J.K.; Woldewahid, G.; Tesfaye, A.; Fitwy, I.; Abate, G. 1998. A diagnostic survey on striga in the northern Ethiopian highlands. ICRAF. African Highlands Technical Report no. 5.
- Rudebjer, P.; del Castillo, R.A.; Lai, C.K.; Verbist, B. 1998. Regional workshop on agroforestry education in Southeast Asia, 23-27 March 1998, University of the Philippines Los Baños, Philippines. *Training and Education Report* no. 43. Bogor, Indonesia: ICRAF.
- Tomich, T.P.; van Noordwijk, M.; Budidarsono, S.; Gillison, A.; Kusumanto, T.; Murdiyarso, D.; Stolle, F.; Fagi, A.M., eds. 1998. Alternatives to slash-and-burn in Indonesia. Summary Report of Phase II. ICRAF. ASB-Indonesia Report no. 8.
- van Noordwijk, M.; de Foresta H. eds. 1998. Agroforestry in landscapes under pressure: Lampung research planning trip 17-21 June 1998. Alternatives to Slash and Burn Indonesia Report no. 6. Bogor, Indonesia: ICRAF.

Panfletos y boletines divulgativos

- Alegre, J.; Meza, A.; Rocca, L. 1998. Preparación y utilización del compost. Pucallpa, Perú, ICRAF. Folleto Técnico no. 3.
- Alegre, J.; Meza, A.; Rocca, L. 1998. Siembra de "Vetiveria" como barrera en contorno. Pucallpa, Perú, ICRAF. Folleto Técnico no. 2.
- Alegre, J.; Meza, A. 1998. Construcción y uso del vivero en "A". Pucallpa, Perú, ICRAF. Folleto Técnico no. 1.
- Bonkougou, E.G.; Djimde, M.; Ayuk, E.T.; Zoungrana, I.; Tchoundjeu, Z. 1998. Taking stock of agroforestry in the Sahel—harvesting results for the future. End of phase report: 1989-1996. Nairobi, ICRAF. 58 p.
- ICRAF. 1998. Trees in high places providing vital services and products for farmers in the highlands of eastern and central Africa. Nairobi, ICRAF. 16 p.
- ICRAF. 1998. Solutions that grow on trees: agroforestry research takes root in the West African Sahel. Nairobi, ICRAF. 17 p.
- Roothaert, R.; Karanja, G.M.; Kariuki, I.; Paterson, R.; Tuwei, P.; Kiruiro, E.; Mugwe, J.; Franzel, S. 1998. Calliandra for livestock. ICRAF. Technical Bulletin no. 1.
- Tomich, T.P.; Thomas, D.E.; Kusumanto, Y.; van Noordwijk, M. 1998. Policy research for sustainable upland systems in Southeast Asia. Bogor, Indonesia, ICRAF. 14 p.