SEMANA CIENTIFICA

IV

CATIE

Actas de la IV Semana Científica

"Logros de la investigación para el nuevo milenio"

Celebrada del 6 al 9 de abril 1999

Programa de Investigación

C81

IV SEMANA CIENTIFICA

CATIE

Actas de la IV Semana Científica

"Logros de la investigación para el nuevo milenio"

Celebrada del 6 al 9 de abril 1999

Programa de Investigación

El CATIE es una asociación civil, sin fines de lucro, autónoma, de carácter internacional, cuya misión es mejorar el bienestar de la humanidad, aplicando la investigación científica y la enseñanza de posgrado al desarrollo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. El Centro está integrado por miembros regulares y miembros adherentes. Entre los miembros regulares se encuentran: Belice, Costa Rica, Colombia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

630.72
S471
1999

Semana Científica "Logros de la Investigación para el Nuevo Milenio (4ª : 1999 : Turrialba, Costa Rica)
Actas / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Investigación. – Turrialba, C.R. : CATIE, 1999.
490 p. ; 23 cm. – (Serie técnica. Reuniones técnicas / CATIE ; no. 5)

ISBN 9977-57-319-0

1. Investigación 2. Investigación agrícola I. CATIE II. Título III. Serie

PREFACIO

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) -en la búsqueda del bienestar de la población rural y la protección del recurso natural de la Región- orienta su trabajo a través de su lema: "producir conservando y conservar produciendo" y con ese enfoque desarrolla sus acciones.

La Semana Científica, como un foro institucional, se realiza desde 1993, en este año celebramos el último de estos eventos en el presente siglo. Por esta razón se reúne en esta ocasión el personal profesional de CATIE, los estudiantes de postgrado e invitados especiales en torno al tema: Logros de la investigación para el nuevo milenio.

Esta IV Semana Científica busca, además de presentar los logros de los dos últimos años de investigación del CATIE, analizar y consolidar en foros y talleres de trabajo, las líneas de investigación institucionales y su integración con los Programas de Educación y Proyección Externa.

Estas actas incluyen los resúmenes de ponencias y afiches presentados durante la IV Semana Científica, así como la programación de las actividades del evento y las publicaciones que el CATIE ha producido y difundido durante el período 1997-1998.

El Comité Organizador se permite dar sus reconocimientos a todas aquellas personas que nos han brindado su colaboración y apoyo en la organización y realización de este evento. Así mismo agradece la participación de los conferencistas invitados, de los colegas de instituciones cooperantes y el apoyo económico suministrado por el USDA.

Comité Organizador

María Elena Aguilar
Elkin Bustamante, Coordinador
Cecile Fassaert
Florencia Montagnini
Rosalba Ortiz
Galileo Rivas
Elí Rodríguez
Andrea Schlonvoigt

CONTENIDO
CONTENT

PROGRAMA IV SEMANA CIENTIFICA

6, 7, 8 y 9 de abril, 1999

"Logros de la Investigación para el Nuevo Milenio"

Hora	**Martes 6 de abril**
8:00 - 8:30	Inauguración (R. Guevara, M. Kanninen, Elkin Bustamante)

Línea 1. Mejoramiento y Conservación de Germoplasma De Cultivos Agrícolas y Especies Forestales

Moderador: **Nelly Vásquez**
Relator: **Carlos Navarro**

8:30 - 8:50	Presentación Línea 1. María Elena Aguilar
8:50 - 9:10	Exposición 1. C. Navarro Navarro, C. VARIACION GENETICA DE *Swietenia macrophylla* EN CENTROAMERICA, IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACION, LA UTILIZACION SOSTENIBLE Y EL MANEJO.
9:10 - 9:30	Exposición 2. F. Anthony Anthony, F. ESTRUCTURACION DE LA DIVERSIDAD GENETICA EN LA ESPECIE *Coffea arabica* L., POR LOS MARCADORES MOLECULARES RAPD.
9:30 - 10:20	Charla Magistral: R. Lastra, IPGRI/CIAT, Colombia "BIODIVERSIDAD PARA EL DESARROLLO, EL RETO PARA EL NUEVO SIGLO".
10:20 - 10:50	Sesión de Afiches/Café

1. Yah, E.; Ortiz, J.L; Vásquez, N.; Grapin, A.; Cote, F. CRIOCONSERVACION DE SUSPENSIONES CELULARES EMBRIOGENICAS DE *Musa* sp. INICIADAS A PARTIR DE FLORES.

3. Tapia, C.; Phillips, W.; Pérez, J. EVALUACION DE LA DIVERSIDAD GENETICA DE LA COLECCIÓN DE *Pachyrhizus tuberosus* (LAM.) SPRENG. DEL CATIE USANDO CARACTERES

MORFOLOGICOS Y MOLECULARES.

4. Phillips, W.; Castillo, J. ARTIFICIAL INOCULATIONS IN CACAO WITH THE FUNGI *Moniliophthora roreri* (CIF. PAR) EVANS *et al.* AND *Phytophthora palmivora* (BUTL.) BUTLER.

5. Phillips, W.; Crouzillat, D. ANALISIS DE LA RESISTENCIA A *Phytophthora palmivora* (BUTL.) BUTLER. EN CACAO USANDO QTL.

6. Vásquez, S.; Phillips, W.; Navarro, C.; Cornelius, J. ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD GENETICA A ESCALA MOLECULAR Y CUANTITATIVA DE SEIS PROCEDENCIAS DE CAOBA (*Swietenia macrophylla* KING) DEL AREA DE CENTROAMERICA Y MEXICO.

7. Phillips, W.; Castillo, J. FIELD EXPERIMENTS TO SELECT HIGH YIELD AND DISEASE RESISTANT CACAO GENOTYPES.

8. Mora, A.; Astorga, C.; Sánchez, R.; Bustamante, E. CARACTERIZACION PRELIMINAR DE 51 ACCESIONES DE AYOTE (*Cucurbita moschata*) DE LA COLECCIÓN DEL CATIE.

9. Mora, A.; Astorga, C.; Sánchez, R.; Bustamante, E. CARACTERIZACION DE 97 ACCESIONES DE CHILE DE LA COLECCIÓN DEL CATIE.

10. Hurtado, M.L.; Arze, J. CONSERVACION *in situ* DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) EN FINCAS DE AGRICULTORES, CAJAMARCA, PERU.

11. Aguilar, M.E.; Pérez, L.; Salazar, K. CRIOCONSERVACION DE APICES DEL VASTAGO DE CAOBA (*Swietenia macrophylla* KING) CULTIVADOS *in vitro* USANDO LA TECNICA DE ENCAPSULACION-DESHIDRATACION.

10:50 - 11:10 Exposición 3. H. Etienne
Etienne, H. REGENERACION DE PLANTAS A PARTIR DE LA SIEMBRA DIRECTA EN SUELO DE EMBRIONES SOMATICOS DE CAFÉ PRODUCIDOS MASALMENTE EN BIORREACTOR.

11:10 - 11:30	Exposición 4. W. Phillips Phillips, W. MARCADORES MOLECULARES COMO HERRAMIENTA PARA LA CARACTERIZACION Y MEJORAMIENTO GENETICO DE PLANTAS.
11:30 -12:30	Foro-Discusión: Introducción a cargo del Dr. Ramón Lastra "PRIORIDADES DE INVESTIGACION EN RECURSOS GENETICOS"
12:30 – 13:30	Almuerzo

Línea 2. Manejo Integrado de Plagas en Sistemas Agroforestales y Forestales

Moderador: Vera Sánchez
Relator: Manuel Carballo

Hora	**Martes 6 de abril**
13:30 - 13:50	Presentación Línea 2. E. Bustamante
13:50 - 14:10	Exposición 1. L. Hilje Hilje, L.; Merayo, A.; Fonseca, F. COBERTURAS VIVAS PARA EL MANEJO DE MALEZAS E INSECTOS, DENTRO DE SISTEMAS AGRÍCOLAS SOSTENIBLES
14:10 - 14:30	Exposición 2. E. Hidalgo Hidalgo, E.; Carballo, M,; Sánchez, V.; Rivas, G.; Bustamante, E. POTENCIAL DEL CONTROL BIOLÓGICO EN EL MANEJO DE PLAGAS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS SOSTENIBLES.
14:30 - 15:20	Charla Magistral. G. Cadena, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia "MANEJO DE PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN LA CAFICULTURA".
15:20 -15:50	Sesión de Afiches-Café

1. Rojas, L.; Godoy, C.; Hanson, P.; Kleinn, C.; Hilje; L. DIVERSITY OF HOPPERS HOMOPTERA:AUCHENORRHYNCHA) IN COFFEE PLANTATIONS WITH DIFFERENT TYPES OF SHADE, IN TURRIALBA, COSTA RICA.

2. Hidalgo, E.; Shannon, P.; Flores, L. COLLECTION OF *Bacillus popilliae* FROM THE TROPICAL AND SUB-TROPICAL AMERICAS.

3. Brown, J.K.; Rivas, G.; Castro M.O.; Bustamante, E. DIAGNÓSTICO DEL SINALOA TOMATO LEAF CURLS VIRUS (STLCV) EN COSTA RICA.

4. Rivas, G.; Vásquez, N.; Villalba, V.; Hilje, L.; Ramírez, P. HISTOPATOLOGIA de GEMINIVIRUS EN TOMATE.

5. Hilje, L.; Cubillo, D.; Sanabria, G. EFICACIA DE COBERTURAS VIVAS PARA EL MANEJO DE MOSCA BLANCA EN TOMATE.

6. Mancebo, F.; Hilje, L.; Mora, G.; Salazar, R. FAGODISUASIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES SOBRE LARVAS DE *Hypsipyla grandella* (ZELLER).

7. Hidalgo, E.; Flores, L. METODOS DE INOCULACION PARA LA PRODUCCION *in vivo* de *Bacillus popilliae* EN LARVAS DE *Phyllophaga menetriesi.*

8. Durán, J.; Carballo, M. EFECTO DE *Beauveria bassiana* SOBRE LA MORTALIDAD DEL PICUDO DEL CHILE *Anthonomus eugenii.*

9. Durán, J.; Carballo, M. EFECTO DE FUNGICIDAS SOBRE LA GERMINACION Y EL CRECIMIENTO DE *Beauveria bassiana.*

10. Pérez, J.E.; Sánchez, V. EFECTO DE SUSTRATOS Y ANTAGONISTAS SOBRE TIZÓN TARDÍO EN TOMATE.

11. Camacho, J.C.; Bustamante, E.; Jiménez, F.; Vásquez, N. EVALUACION DE MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO E INDUCTORES DE RESISTENCIA EN BANANO (*Musa* sp).

12. Hernández, L.; Bustamante, E.; Rivas, G.; Sánchez, V. ENMIENDAS ORGANICAS: UNA OPCION PARA EL MANEJO DE LA MARCHITEZ BACTERIAL EN EL CULTIVO DE TOMATE.

13. Cárdenas, J.; Bustamante, E.; Rivas, G.; Rivillas, C.; Pérez, C. AISLAMIENTO DE *Pseudomonas fluorescences* ANTAGONISTA POTENCIAL DE *Rosellinia bunodes* EN RAICES DE CAFÉ EN COLOMBIA.

14. Rivas, G.. HONGOS ENDOMICORRIZICOS: UNA OPCION PARA EL MANEJO DE *Meloidogyne exigua* EN CAFÉ.

15. Rivas, G.; Vásquez, N. HISTOLOGIA DE RAICES DE CAFÉ Y MUSACEAS COLONIZADAS POR HONGOS MICORRIZICOS Y NEMATODOS.

16. Lugo, L.; Rivas, G.; Bustamante, E.; Rojas, T.; Vásquez, N. ENDOMICORRIZAS Y COMPOST: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO ECOLOGICO DE *Radopholus similis* EN BANANO.

17. Méndez, E.; Staver, C.; Morales, S. UN METODO DE MUESTREO DE MALEZAS PARA PRODUCTORES DE MAIZ Y FRIJOL EN CENTROAMERICA.

18. Zúñiga, C.; Sánchez, V.; Bustamante, E. EVALUACION DEL EFECTO DE PATÓGENOS NATIVOS Y FACTORES DE ESTRÉS EN EL CONTROL DE *Rottboellia cochinchinensis.*

19. Rugama, R.A.; Guharay, F. PARTICIPACION DE LAS FAMILIAS RURALES EN LOS PROCESOS DE CAPACITACION Y SUS CONOCIMIENTOS SOBRE PLAGAS Y PLAGUICIDAS.

15:50 - 16:10 Exposición 3. D. Monterroso
Monterroso, D. INTERACCIÓN PATOSISTEMAS-SOMBRA EN EL SISTEMA CAFÉ.

16:10 – 16:30 Exposición 4. D. Padilla
Padilla, D.; Staver, C.; Monterroso, D.; Guharay, F. Mendoza, R.; Aguilar, A.; Monterrey, J.; Mendoza, E. LA IMPLEMENTACIÓN PARTICIPATIVA DEL MIP EN DIFERENTES ZONAS CAFETALERAS EN NICARAGUA

16:30 – 17:30 Foro Discusión: Introducción a cargo del Dr. Gabriel Cadena
"PRIORIDADES DE INVESTIGACION EN MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS"

Línea 3. Sistemas Agroforestales

Moderador: Reinhold Muschler
Relator: Francisco Jiménez

Hora	Miércoles 7 de abril
8:00 - 8:20	Presentación Línea 3. J. Beer
8:20 - 8:40	Exposición 1. D. Kass Kass, D.; Schlönvoigt, A. AGROFORESTRY SYSTEMS FOR THE PRODUCTION OF ANNUAL CROPS ON HUMID ZONE HILLSIDES.
8:40 - 9:40	Exposición y Charla Magistral. F. L Sinclair, University of Bangor Sinclair, F.L. SUGGESTIONS FOR FUTURE DIRECTIONS IN AGROFORESTRY RESEARCH AT CATIE.
9:40 – 10:10	Sesión de Afiches/Café

1. Arco-Verde, M.F.; Kass, D.; Muschler, R.; Ibrahim, M.; Fernández, E.C. CAPACITY OF NITROGEN-FIXING TREES TO SUPPLY NUTRIENTS TO MAIZE ON A BASE-DEFICIENT SOIL OF COSTA RICA.

2. Cobo, J.; Kass, D.; Muschler, R.; Arze, J.; Barrios, E.; Thomas, R. GREEN MANURES AS A NUTRIENT SOURCE IN A TROPICAL HILLSIDE AGROECOSYSTEM IN COLOMBIA.

3. Kass, D.; De Macedo Vasconcelos, J.L.; De Costa Tavares, F. LONG-TERM EFFECTS OF APPLICATION OF ORGANIC RESIDUES TO A SOIL DERIVED FROM VOLCANIC ASH.

4. De Almeida Nascimento, E.; Galloway, G.; Current, D.; Lok, R.; Prins, C. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE ADOPCION DE PRACTICAS AGROFORESTALES EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN OPICO, EL SALVADOR.

5. Bellow, J.G.; Muschler, R.G. SCREENING FOR PROMISING TREE ASSOCIATES FOR COFFEE IN CENTRAL AMERICA.

6. Calvo, G.; Somarriba, E. TIMBER SPECIES FOR SHADE IN NEW AND OLD COCOA FIELDS.

7. Jiménez, F.; Alfaro, R. AVAILABLE SOIL WATER IN *Coffea arabica-Erythrina poeppigiana*, *C. arabica-Eucalyptus deglupta* and *C. arabica* MONOCULTURE PLANTATIONS.

8. Llanderal, T.; Somarriba, E. SHADE CANOPY DIVERSITY IN COFFEE PLANTATIONS AT TURRIALBA, COSTA RICA.

9. Lok, R.; Sandino, D. TRADITIONAL COCOA AGROFORESTRY SYSTEMS IN WASLALA, NICARAGUA: ADOPTION OF TECHNOLOGY AND ADAPTATION TO LOCAL ENVIRONMENT AND PRIORITIES.

10. Lyngbæk, A.E.; Muschler, R.; Sinclair, F.L. PRODUCTIVITY, LABOUR AND VARIABLE COSTS OF ORGANIC VERSUS CONVENTIONAL COFFEE SMALLHOLDINGS IN COSTA RICA.

11. Meléndez, L. MICROENVIRONMENT AND AIR BOURNE *Moniliophthora roreri* SPORE NUMBER IN COCOA PLANTATIONS SHADED BY THREE DIFFERENT LEGUMINOUS TREE SPECIES. 2-20 P

12. Schlönvoigt, A.; Schlönvoigt, M. ROOT DISTRIBUTION IN *Cordia alliodora* PLANTATIONS INTERCROPPED WITH *Bactris gasipaes* IN SAN CARLOS, COSTA RICA.

13. Tavares, F.C.; Beer, J.; Jiménez, F.; Schroth, G.; Fonseca, C. COSTA RICAN FARMERS' EXPERIENCE WITH THE INTRODUCTION OF TIMBER TREES IN THEIR COFFEE PLANTATIONS.

14. Viera, B.J.; Kopsell, E.; Beer, J.; Jiménez, F.; Lok, R. FORESTRY INCENTIVES TO ESTABLISH AND MANAGE TIMBER TREES IN COFFEE FIELDS.

15. Schaeller, M.; Schroth, G.; Beer, J.; Jiménez, F. CONTROL OF LATERAL ROOT EXTENSION OF FAST-GROWING TIMBER SPECIES USING GRASSES AS BIOLOGICAL BARRIER.

16. Barrios, C.; Beer, J.; Ibrahim, M. CATTLE DUNG AS A TOOL FOR PROTECTING COMMERCIAL TIMBER TREES IN SILVOPASTORAL SYSTEMS.

17. Bolívar, D.; Ibrahim, M.; Kass, D.; Jiménez, F.; Camargo, J. PRODUCCION Y CALIDAD FORRAJERA DE *Brachiaria humidicola* EN MONOCULTIVO Y EN ASOCIO CON *Acacia mangium* EN UN SUELO ACIDO EN EL TROPICO HUMEDO.

18. Botero, J.; Ibrahim, M.; Bouman, B.; Andrade, H.; Camargo, J. EXPLORACION DE OPCIONES SILVOPASTORILES SOSTENIBLES PARA EL SISTEMA GANADERO DE DOBLE PROPOSITO EN EL TROPICO HUMEDO.

19. Domínguez, A.M.; Kass, D.; Ibrahim, M.; Jiménez, F. EFFECT OF WOODY AND HERBACEOUS LEGUMES ON THE GROWTH AND NUTRIENT CONTENT OF TWO TROPICAL GRASS SPECIES.

20. Flores, O.; Ibrahim, M.; Kass, D.; Andrade, H. CONTRIBUCION ECOLOGICA DE LOS TANINOS DE ESPECIES LEÑOSAS SOBRE LA UTILIZACION DE NITROGENO POR BOVINOS.

21. Gallo, L.; Somarriba, E.; Ibrahim, M.; Galloway, G. CRECIMIENTO DE *Panicum maximum* BAJO *Pinus caribaea*.

22. López, A.; Schlönvoigt, A.; Ibrahim; M., Kleinn, C.; Kanninen, M. CUANTIFICACION DEL CARBONO ALMACENADO EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL DE LA ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA.

23. Velasco, A.; Ibrahim, M.; Kass, D.; Jiménez, F.; Rivas. G. CONTRIBUCION DE *Acacia mangium* EN EL APORTE DE FÓSFORO EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL CON *Brachiaria humidicola* BAJO SUELOS ACIDOS.

10:10 - 10:30 Exposición 3. E. Somarriba
Somarriba, E.; Beer, J.; Muschler, R. AGROFORESTRY SYSTEMS FOR PERENNIAL CROPS: RESEARCH IDEAS AND METHODOLOGIES.

10:30 - 10:50 Exposición 4. Ibrahim, M
Ibrahim, M.; Schlönvoigt, A. SILVOPASTORIL SYSTEMS FOR DEGRADED LANDS IN THE HUMID TROPICS. ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SILVOPASTORAL ALTERNATIVES FOR OPTIMISING PRODUCTIVITY OF LIVESTOCK FARMS: CATIE'S EXPERIENCE.

10:50 - 12:00 Foro Discusión: Introducción a cargo del Dr. Francisco Jiménez
"PRIORIDADES DE INVESTIGACION AGROFORESTAL PARA LAS AMERICAS".

12:00 –13:00 Almuerzo

13:00 – 14:30 Taller 1
INVESTIGACION-EDUCACION.PROYECCION EXTERNA (J. ARZE)

14:30 - 15:00 Café

15:00 - 16:30 Continuación Taller 1

Línea 4. Desarrollo de Tecnologías para el Manejo Sostenible de Bosques y su Biodiversidad

Moderador: **Iván Valdespino**
Relator: **Eduardo Carrillo**

Hora	**Jueves 8 de abril**
8:00 - 8:20	Presentación Línea 4. (F. Montagnini)
8:20 - 8:40	Exposición 1. F.Mesén Mesén, F; Cornelius, J.; Montagnini, F. AVANCES EN LA DOMESTICACION DE *Vochysia guatemalensis.*
8:40 - 9:00	Exposición 2. J.J.Campos Campos, J.J.; Ortiz, R. CAPACIDAD Y RIESGOS DE ACTIVIDADES FORESTALES EN EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO Y CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD EN FINCAS PRIVADAS DEL ÁREA CENTRAL DE COSTA RICA.
9:00 – 9:50	Charla Magistral. G.de Las Salas, Universidad Distrital, Bogotá, Colombia "IMPORTANCIA Y POTENCIAL ECOLÓGICO Y SOCIOECONÓMICO DE LOS BOSQUES SECUNDARIOS EN AMÉRICA TROPICAL: PERSPECTIVAS PARA EL PRÓXIMO MILENIO.
9:50 - 10:20	Sesión de Afiches/Café

1. Sáenz, G.; Guariguata, M. DINÁMICA DE JUVENILES DE SEIS ESPECIES ARBÓREAS EN UN ROBLEDAL INTERVENIDO DE LA CORDILLERA DE TALAMANCA, COSTA RICA.

2. Rosales, J.J.; Guariguata, M.; Finegan, B. SEED REMOVAL AND SEED DISPERSAL IN TWO SELECTIVELY-LOGGED FORESTS WITH CONTRASTING PROTECTION LEVEL IN COSTA RICA.

3. Quirós, C.D. EFECTOS DE LA DESVITALIZACIÓN DE ÁRBOLES SIN APLICACIÓN DE ARBORICIDAS MEDIANTE TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN BOSQUES HÚMEDOS LATIFOLIADOS.

4. Leighue, L.; Marmillod, D.; Villalobos, R.; Finegan, B. ELEMENTOS FENOLOGICOS PARA LA SILVICULTURA DE *Quassia amara* EN TALAMANCA, COSTA RICA.

5. Ceballos, J.; Marmillod, D.; Villalobos, R.; Guariguata, M.; Robles, G. RESPUESTA DE *Carludovica palmata* A DIFERENTES INTENSIDADES DE COSECHA DE HOJAS.

6. Robles, G.; Villalobos, R.; Marmillod, D.; Chang, Y. LA ETNOBOTÁNICA COMO UNA HERRAMIENTA PARA ORIENTAR LA DIVERSIFICACIÓN DEL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES TROPICALES: EL CASO TERIBE.

7. Carrillo, E.; Sáenz, J. ECOLOGY AND CONSERVATION OF COSTA RICAN WHITE-LIPPED PECCARIES AND JAGUARS.

8. Montagnini, F.; Guariguata, M.; Ribeiro, N.; Mariscal, A. REGENERACIÓN NATURAL EN PLANTACIONES PURAS Y MIXTAS DE ESPECIES NATIVAS.

9. Pérez, L.D.; Ugalde, L.; Kanninen, M. PROPORCIÓN DE MADERA DE DURAMEN EN ÁRBOLES DE *Tectona grandis* Y *Bombacopsis quinata*.

10. Pérez, L.D.; Ugalde, L.; Kanninen, M. DESARROLLO DE ESCENARIOS PRELIMINARES DE CRECIMIENTO PARA PLANTACIONES DE *Tectona grandis* Y *Bombacopsis quinata* EN COSTA RICA.

11. Montero, M.; Ugalde, L.; Kanninen, M. ÍNDICE DE SITIO PARA *Tectona grandis* Y *Bombacopsis quinata* EN COSTA RICA Y SU RELACIÓN CON VARIABLES FISIOGRÁFICAS, CLIMÁTICAS, EDÁFICAS Y FOLIARES.

12. Berninger, F.; Kanninen, M. MODELING THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF TEAK (*Tectona grandis*) USING PROCESS BASED MODELS.

13. Shepherd, D.; Montagnini, F. ACUMULACIÓN DE CARBONO EN PLANTACIONES MIXTAS Y PURAS EN EL TRÓPICO HÚMEDO.

14. Ugalde A., L. MIRA, UN SISTEMA DE MANEJO DE INFORMACIÓN PARA EL MONITOREO DEL CRECIMIENTO DE ÁRBOLES EN INVESTIGACIÓN FORESTAL Y AGROFORESTAL.

15. Salazar, R.; Vásquez, W. VALORACIÓN DE SEMILLAS DE *Vochysia guatemalensis*, *Vochysia ferruginea* Y *Virola koschnyi*.

16. Vásquez, W.; Alvarez, M. RESUMEN DE COSTOS Y RENDIMIENTOS DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS EN EL BANCO DE SEMILLAS FORESTALES CATIE.

10:20 - 10:40	Exposición 3. B.Finegan Finegan, B.; Delgado, D.; Zamora, N. ECOSYSTEM BIODIVERSITY IN LOWLAND TROPICAL RAIN FORESTS OF CENTRAL AMERICA: CHARACTERISATION AND APPLICATIONS TO LAND MANAGEMENT.
10:40 - 11:00	Exposición 4. D.Marmillod Marmillod, D.; Villalobos, R.; Robles, G. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS PARA FIJAR EL APROVECHAMIENTO PERMISIBLE DE ESPECIES VEGETALES NO MADERABLES.
11:00 – 12:00	Foro Discusión: Introducción a cargo del Dr. Carl Jordan, University of Georgia, USA "RESEARCH PRIORITIES IN FORESTRY AND BIODIVERSITY IN TROPICAL AMERICA FOR THE NEW MILLENIUM".
12:00 - 13:00	Almuerzo

Línea 5. Análisis Socio-Económico de Sistemas de Manejo y Políticas Ambientales de los Ecosistemas Tropicales

Moderador: Tania Ammour
Relator: Robert Hearne

Hora	**Jueves 8 de abril**
13:00 - 13:20	Presentación Línea 5 (M. Kanninen)
13:20 - 13:40	Exposición 1. R. Ortiz Ortiz, R. APLICACIÓN DE EXPERIMENTOS DE ESCOGENCIA MÚLTIPLE EN LA DISTRIBUCIÓN DEL PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES EN BOSQUES DE COSTA RICA.
13:40 - 14:00	Exposición 2. J. Aguirre Aguirre, J.: CERTIFICACIÓN FORESTAL: TEMAS PENDIENTES.

14:00 - 14:50 Charla Magistral. B. Aguirre, Texas A&M University USA
MANEJO DE DESASTRES NATURALES.

14:50 - 15:20 Sesión de Afiches/Café

1. Current, D.; Zambrana, A.M.; Villarraga, L. DOS CASOS DE LA ADOPCIÓN DE SISTEMAS DE PLANTAR ÁRBOLES EN FINCAS EN AMERICA CENTRAL.

2. Fassaert, C. LA APLICACION DE RAAKS EN EL PARQUE NACIONAL PIEDRAS BLANCAS, COSTA RICA.

3. Godoy, J.C.; Kanninen, M.; Ramírez, O.; Gómez, M. ANÁLISIS DE LOS PROGRAMAS DE INCENTIVOS A LA REFORESTACIÓN IMPLEMENTADOS EN COSTA RICA.

4. Gómez, D.; Prins, K. RACIONALIDAD DE PEQUEÑOS AGRICULTORES DE CAFÉ EN NICARAGUA EN LA ADOPCIÓN DE MIP.

5. Ortiz, R.; Kanninen, M. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO DE SUMIDERO DE CARBONO EN DIFERENTES ECOSISTEMAS FORESTALES.

6. Solíz, B.; Kanninen, M.; Campos, J.J.; Aguirre, J. EL BALANCE DE CARBONO Y SU VALOR ECONÓMICO EN UN BOSQUE SUBHÚMEDO ESTACIONAL DE SANTA CRUZ, BOLIVIA.

15:20 - 15:40 Exposición 3. K. Prins
Prins, K., Lok, R.; Current, D. CAMBIO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN TIEMPOS DE ESCASEZ, ESTRÉS Y NUEVAS OPORTUNIDADES.

15:40 - 16:00 Exposición 4. J. Jones
Jones, J. APLICACIÓN DE SIG (SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA) PARA LA TOMA DE DECISIONES.

16:00 - 17:00 Foro Discusión: Introducción a cargo de B. Aguirre, Texas A&M University USA
"PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN EN ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO DE SISTEMAS DE MANEJO Y POLÍTICAS AMBIENTALES DE LOS ECOSISTEMAS TROPICALES PARA EL SIGLO XXI"

Viernes 9 de abril

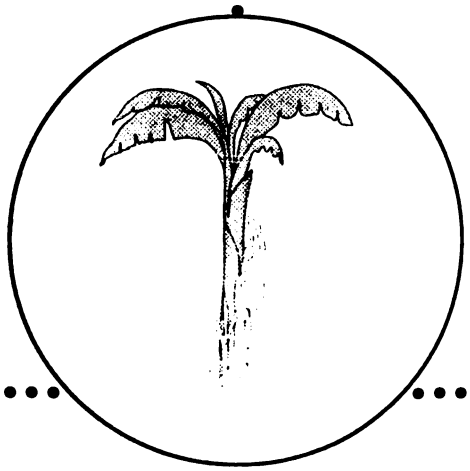
8:30 – 10:00	Taller 2 DIAGNOSTICO DE LA INVESTIGACION CON MIRAS A GENERAR DISCUSIONES Y ENSEÑANZAS SOBRE LA REORIENTACION DE LA INVESTIGACION EN EL CATIE PARA EL PROXIMO MILENIO (M. Kanninen)
10:00 – 10:30	Café
10:30 – 11:00	Continuación Taller 2
11:00 – 12:00	Clausura

LINEAS DE INVESTIGACION DE CATIE

CATIE RESEARCH LINES

- Línea 1: Mejoramiento y conservación de germoplasma de cultivos y especies forestales.

- *Line 1: Improvement and conservation of germplasm of crops and forest species.*



VARIACION GENÉTICA DE *Swietenia macrophylla* EN CENTROAMERICA, IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN, LA UTILIZACIÓN SOSTENIBLE Y EL MANEJO.

Carlos Navarro, Marvin Hernández
Unidad de Biodiversidad, Area de Manejo de Bosques y Biodiversidad

Abstract

The performance of progenies of *Swietenia macrophylla* in Costa Rica was evaluated through trials established in the north of the country, Alajuela province. The trials Upala and Lagartera contain progenies of Costa Rica and the Laberinto trial contains material from six Central American countries and Mexico. Root collar diameter, height, survival, and attack of Hysipyla grandella were collected. Analysis of variance for those variables was made, resulting in highly significative differences on height and diameter but not for attack of Hypsipyla.

Heretabilities at 621 days for Upala were 0.54± 0.02, 0.55 ± 0.02 y 0.07 ± 0.002 for diameter, height and attack respectively. Laberinto at 251 days presented heretabilities for diameter, height and attack of 0.55 ± 0.008; 0.59 ± .008 y 0.02 ± 0.0006 respectively. CVAG were 12.8 for diameter and 13.76 for height. Trial Lagartera was analyzed at 585 days and heretabilities of de 0.09 ±0.005; 0.16 ± 0.008 y 0.12 ± 0.005 for diameter, height and attack, low values in this trial were caused by environmental error caused by flooding.

Areas of conservation for the species are mentioned in the different countries and activities for management of the species are considered.

Introducción

La Caoba (*Swietenia macrophylla* King) ha sido la especie más importante comercialmente de la familia Meliaceae en la costa Atlántica de Centroamérica, posee quizás la más larga historia de explotación en la mayoría de los países y uno de los mercados de exportación más tradicionales desde la historia de la conquista.

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en colaboración con el Instituto de Ecología Terrestre de Escocia desarrollan el proyecto Evaluación de la Diversidad Genética de Especies Arbóreas y trabaja con especies de importancia económica y ecológica en Centro América y el Caribe. En su primera fase ha laborado en la exploración, recolección y análisis de muestras de hojas y semillas de *Swietenia macrophylla,* en un área comprendida entre la Península de Yucatán en México y las selvas del Darién en Panamá.

Los objetivos del proyecto han sido: 1. Contribuir a la caracterización, conservación y utilización de los recursos genéticos de caoba a través de la generación de la información genética básica sobre *Swietenia macrophylla*; 2. La determinación de los efectos de la corta selectiva y la fragmentación de los bosques en la diversidad genética de *S.macrophylla* y 3. La identificación de poblaciones de *Swietenia macrophylla* de especial valor para la conservación y el mejoramiento genético.

Metodología

Areas de estudio.

Los tres ensayos se encuentran en zonas de bosque húmedo tropical asociación climática (Tropical moist forest). Esta zona se caracteriza por tener una biotemperatura entre 24 y 25 °C y alrededor de 2500 mm de precipitación anual con un período seco de aproximadamente 3 meses. En Los Chiles las condiciones de humedad son más fuertes y la precipitación es de alrededor de 2885 mm anuales.

La prueba de progenie Laberinto se estableció en el norte de Costa Rica sobre suelos Typic Tropaquept familia franca fina mezclada isohipertérmica, que son suelos mal drenados en valles aluviales (gley y semi-turbosos), con poco desarrollo, presentan pequeñas acumulaciones orgánicas en la superficie. La topografía es plana. El ensayo La Lagartera se encuentra sobre suelos Aquic distropept familia arcillosa fina mezclada isohipertérmica poco evolucionados de características ácidas y tendencia arcillosa con algunos problemas de drenaje, en terrazas antiguas. (Latosol amarillo rojizo). El ensayo Upala se encuentra sobre suelos Oxic dystropept familia arcillosa fina mezclada isohipertérmica, rojizos. Profundos y bajos en bases asociados con suelos pardo rojizos pobremente drenados en terrazas antiguas (Latosol pardo rojizo).
En total se probaron 92 progenies colectadas bajo el marco del Proyecto Diversidad Genética de Caoba por Navarro y Hernández (Navarro et al 1997), (Wilson et al 1997), de siete procedencias México, Guatemala, Belice, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Para detalles del diseño experimental y mediciones vea Navarro y Hernández, 1998.

En relación con la numeración de las progenies el primer dígito indica el país de la siguiente manera: 1 = México, 2 = Belice, 3 = Guatemala, 4 = Honduras, 5 = Nicaragua, 6 = Costa Rica, 7 = Panamá.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias altamente significativas en las familias para la variable altura y diámetro en los tres ensayos ($P = 0.0001$), la variable ataque no fue significativa en el ensayo de Laberinto, por lo que se puede decir con suficiente grado de seguridad que hay una fuerte evidencia de la existencia de variación en el crecimiento juvenil del diámetro y la altura. Las heredabilidades obtenidas para el diámetro y la altura son 0.55 y 0.57 respectivamente y el CVAG de 13 para el diámetro y 14 para la altura.

En las pruebas de comparación de medias, las progenies 721 y 444 de Panamá y Honduras respectivamente presentaron los mejores crecimientos en diámetro en el campo así como las progenies 444 y 564 en altura, esto utilizando como covariable la medición a los 118 días para eliminar el efecto de vivero, aún así las diferencias tomando el período total muestran a las mismas progenies como las más precoces durante los primeros 251 días. La progenie 721 supera en un 127 % a la progenie de menor crecimiento en diámetro, de la misma manera en altura la progenie 444 supera en un 131 % a la de menor crecimiento progenie 726. Es interesante hacer notar que hay progenies en los primeros y últimos lugares de diferentes países lo que indica que hay una variación muy importante dentro de las poblaciones y que se podría iniciar programas de mejoramiento a escala local en cualquiera de los países utilizando un buen rango de individuos dentro de las poblaciones.

Esto no indica que no haya variación entre procedencias como sí lo muestra el Cuadro 1 sino que existe suficiente variabilidad entre individuos en el ámbito de país. El Cuadro 1 muestra que analizando el ensayo como procedencias por país, la procedencia de Belice superó a la procedencia Panamá en un 29 % en diámetro y en 21 % para la altura, se puede observar que las variaciones entre procedencias fueron porcentualmente menores que las variaciones entre progenies mostradas en el país.

Cuadro 1. Comparación de medias Tukey para las procedencias en el ensayo Laberinto, Los Chiles, Costa Rica a los 251 días de plantado en el vivero.

Grupos Tukey	Diámetro medio	N	Procedencia	Grupos Tukey	Altura media	N	Procedencia[1]
A	22	401	4	A	108	55	2
B A	20	55	2	B A	105	401	4
B A	20	405	7	B A C	99	265	3
B	19	265	3	B D C	98	588	1
B C	19	588	1	B D C	97	436	5
B C	19	458	6	D C	93	458	6
C	17	436	5	D	89	405	7

1 Procedencias: 1=México, 2 = Belice, 3 = Guatemala, 4 = Honduras, 5 = Nicaragua, 6 = Costa Rica, 7 = Panamá.

2 N es el número de individuos evaluados por procedencia

En el análisis de varianza para el ensayo de progenies de Upala se encontró diferencias significativas (P > 0.0001) para la variable diámetro y la variable altura no así para la variable ataque. El crecimiento de la caoba es sorprendente en esta zona, puede considerarse de crecimiento rápido (> cm de diámetro al cuello de la raíz por año y más de 1 m de altura por año).
Los valores de heredabilidad en sentido estricto individual y para las familias de 0.54 y 0.76 respectivamente para el diámetro son más altos que los reportados por Cornelius, de la misma manera se comportan los mismos parámetros para la altura.

En las pruebas de comparación de medias la progenie de mejor crecimiento fue la 93 de San Emilio, un área de bosque importante en el norte de Costa Rica, está progenie fue superior en un 45 % a la progenie 76 de Marabamba, para la variable diámetro a la altura del cuello y en altura la misma progenie 93 superó en un 50 % a la progenie 45 de Caño Negro, Los Chiles, Costa Rica. Estos datos muestran que existe suficiente variación para un programa de mejoramiento utilizando las progenies locales del norte del país.

Los resultados del ensayo Lagartera en donde se produjo una inundación por influencia de un huracán que afectó el clima en esa zona, se observan que el efecto de las progenies no es significativo para la variable diámetro, la altura es significativa (P > 0.01) así como el efecto ataque pero a un muy bajo nivel. Al comparar los resultados de los tres ensayos se observa la importancia de mantener al máximo el mantenimiento de los ensayos y realizar un control adecuado de las malezas. También el arado proporciona dadas las condiciones de los suelos de esta zona, condiciones muy adecuadas para el crecimiento de la especie. El

crecimiento en este ensayo a los 585 días fue menor al obtenido en los otros dos ensayos, este ensayo además de tener problemas de inundación en los primeros estadíos de desarrollo, no tuvo una preparación de arado y rastreo como si lo tuvieron los otros dos ensayos.

La media de incremento diámetrico anual en Lagartera es de 2.9 cm para el diámetro, mientras que en Upala es de 3.2 cm y en Laberinto es de 3 cm. Para la variable altura el incremento medio anual obtenido para Lagartera fue de 1.14 m, 1. 44m en Upala y 1.42m en Laberinto. El ensayo de Upala por estar en mejor condición edáfica presentó los mejores crecimientos.

Conclusiones

Considerando la alta variación encontrada dentro de las poblaciones estudiadas es urgente la conservación de estas y el uso de las mismas en programas de reforestación o agroforestales. Algunas de las áreas mas importantes para su conservación son: Calakmul Reserva de la Biosfera, Estación Experimental San Felipe, Parque Nacional Tikal, Parque Nacional Bosawas, Parque Nacional Cerro Hoya, Parque Nacional Darién, Parque Nacional Santa Rosa, Finca José Eduardo Rodríguez, Finca Rigoberto Abarca, Jardín Botanico Lancetilla y Area Cooperativa Las Mangas.

Tanto para las progenies de Costa Rica (ensayos Upala y Lagartera), y las progenies centroamericanas y de México existen altos niveles de variación genética aditiva para los valores de rendimiento en altura y diámetro. Las mejores progenies fueron en Laberinto la 721 de Panamá y la 444 de Honduras para la variable diámetro y en altura las progenies 444 y 564 de Nicaragua. En el ámbito de procedencias Belice y Honduras ocuparon los primeros lugares en crecimiento en diámetro y altura. Para el ensayo de Upala de progenies de Costa Rica, se encontró que las progenies 93 y 51 presentaron los mejores crecimientos en altura y diámetro.

En relación con resistencia al Hypsipyla no se encontró variación en cuanto a la presencia o no de ataque del barrenador en ninguno de los tres ensayos, la mejor significancia fue en Lagartera al 0.009, que aunque es baja muestra parcialmente que aquellos individuos de mayor precocidad pueden responder mejor al ataque.

X1 La heredabilidad y el coeficiente de variación genética aditiva fueron altos para la altura y el diámetro, estos valores indican que es posible obtener ganancias genéticas considerables.

La metodología de colección de germoplasma permitió realizar una prospección adecuada para el estudio de los recursos genéticos de los bosques centroamericanos.

Se recomienda la combinación de estudios cuantitativos con estudios de marcadores moleculares en el estudio de la diversidad genética de las especies.

Literatura citada

Cornelius, J.P. 1994. Heretabilities and additive genetic coefficients of variation in forest trees. Can. J. For. Res. 24(2): 372-379.

Navarro, C., Hernandez, M, Gillies, A., Wilson, J. 1997. Resultados de el Proyecto Evaluacion de la Diversidad Genetica de Caoba, en Centro América y México. In

Morales, E., and Cartin, F. Eds. Memoria III Congreso Forestal Centroamericano. San Jose, Costa Rica. 278 p.

Navarro, Carlos; Hernández, Marvin. 1998. Evaluación de la diversidad genética de especies tropicales de importancia económica y ecológica en Centro America y el Caribe, implicaciones para la conservación, la utilización sostenible y el manejo. IN Memoria I Congreso Latinoamericano de IUFRO. El manejo sustentable de los recursos forestales. Desafío del siglo XXI. Nov 98.Valdivia, Chile.

Patiño F. 1997 Genetic Resources of Swietenia and Cedrela in the Neotropics: Proposals for coordinated action. 1997. Based on contractual work for FAO by P.Y. Kageyama, C.Linares B., C. Navarro P. and F. Patiño V. Forest Resources Division , Forestry Department, FAO, Rome.

Wilson, J., Gillies, A.C.M, Newton, A.C., Cornelius, J.P., Navarro, C., Hernandez, M., Kremer, A., Labbe, P. and Caron, H. 1995. Assessment of genetic diversity of economically and ecologically important tropical tree species of Central America and the Caribbean: implications for conservation, sustainable utilization and management. First Annual Scientific Report to the European Commission, 1 November 1994 – 31 October 1995.

ESTRUCTURACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA EN LA ESPECIE *Coffea arabica* L., POR LOS MARCADORES MOLECULARES RAPD

François Anthony[1], Olmán Quiros[1], Hervé Etienne[1], Philippe Lashermes[2], Benoît Bertrand[1], Unidad de Biotecnología, Área de Agricultura ecológica, CATIE
[2] Laboratorio GeneTrop, IRD (Francia)

Abstract
Genetic diversity was studied among 89 wild coffee (*Coffea arabica*) accessions collected in Ethiopia, six Ethiopian cultivars and two world wide cultivars, using RAPD markers. Twenty nine polymorphic fragments were used to calculate similarity index and construct a dendrogram. The results were consistent with known dispersal of wild material and selection process in the world.

Introducción
El café es el producto agrícola de exportación, más importante en el comercio mundial. La especie *Coffea arabica* L. produce 71 % del consumo mundial. Las variedades tradicionales derivan de dos poblaciones básicas, descritas como dos tipos botánicos distintos *C. arabica* var. *typica* y *C. arabica* var. *bourbon* (Krug et al., 1939). Las dos variedades más cultivadas en el mundo, el Caturra que proviene de una mutación en el Bourbon y el Catuaí que es un híbrido (Caturra x (Typica x Bourbon)), tienen un alto nivel de producción y producen un café de buena calidad. Sin embargo, debido a su base genética muy estrecha, presentan un comportamiento agronómico muy homogéneo y son susceptibles a la mayoría de las plagas y enfermedades que atacan al cultivo.
Una solución genética existe para superar las fuertes limitaciones encontradas en los programas de mejoramiento genético, utilizando los individuos silvestres de Etiopía como fuente de diversidad genética (Anthony et al., 1999). Sin embargo se ha hecho una utilización muy limitada de estos materiales porque no se conocía la estructura de su diversidad genética.
El desarrollo de los marcadores moleculares RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*), generado por la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), ha permitido examinar las variaciones genómicas sin tener conocimientos previstos sobre las secuencias de ADN (Welsh y McClelland, 1990; Williams et al., 1990). Este método no requiere usar sondas radioactivas, es rápido y requiere bajas cantidades de ADN relativamente crudo. En café, fue utilizado para detectar la diversidad genética en un muestreo reducido de individuos silvestres y cultivados (Lashermes et al., 1996).
En el presente estudio, se utilizaron los RAPDs para analizar la diversidad genética en un muestreo amplio del material silvestre recolectado en Etiopía y conservado en el germoplasma del CATIE. Se incluyeron variedades de Typica y de Bourbon, con el objetivo de precisar la diferenciación genética entre los materiales silvestres y cultivados.

Metodología

Material del estudio.
El material estudiado se compone de:
- 89 individuos silvestres y subsilvestres, recolectados en Etiopía por la FAO (1968) y el ORSTOM (Guillaumet y Hallé, 1978). Los calificativos "silvestre" y "sub-silvestre" hacen referencia a individuos recolectados respectivamente en los bosques y en fincas,

donde las presiones de selección fueron bajas. La mayoría de estos individuos (79 %) provienen de las provincias de Kaffa y Ilubador, donde se cultiva el café desde muchos siglos;

- 6 variedades seleccionadas en Etiopía (Amphilo, Dalle, Dilla Alghe, Irgalem, Loulo, Tafari Kela);
- 2 variedades Typica y Bourbon.

Aislamiento del ADN

Aproximadamente 2.5 g de hojas frescas, recolectadas en el germoplasma del CATIE, fueron reducidos en un polvo fino utilizando nitrógeno líquido. Después de agregar 25 ml del tampón de extracción [100 mM Tris-HCl (pH 8.0), 0.5 mM EDTA (pH 7.5), 125 mg bisulfito de sodio] y de una filtración, se centrifugaron las muestras por 5 min. a 6 000 r.p.m. a 4°C. Se resuspendió el precipitado en 4 ml del tampón de extracción resfriado. Después de mezclarlo con 5 ml del tampón de lisis [200 mM Tris-HCl (pH 8.0), 5 mM EDTA (pH 7.5), 2 M NaCl, 55 mM CTAB] y con 2 ml de sarkosil a 5 %, las muestras fueron incubadas por una hora a 65°C. Después de agregar 5 ml de cloroformo/alcohol isoamílico (24:1), se agitaron las muestras por inversiones repetidas, y se centrifugaron por 10 min. a 9 000 r.p.m. a 4°C. Agregando un volumen igual de isopropanol glacial a la fase líquida, el ADN precipitó a la temperatura ambiente. El ADN se limpió en el etanol a 70 % y se resuspendió en un tampón Tris-EDTA. Se controló la calidad del ADN por electroforesis, corriendo un gel de agarosa a 1.2 % en un tampón TBE (Tris-Borate-EDTA) medio concentrado. Se observaron las bandas de ADN bajo una lampara ultravioleta, después de su coloración con el bromuro de etidio. Se estimó la cantidad de ADN utilizando un mini-fluorometro.

Amplificación del ADN

Se produjeron los RAPD en un volumen de 25 µl, con 10 ng de ADN, 150 µM de cada uno de los dinucleotidos dATP, dCTP, dGTP y dTTP, 12 mM de Tris-HCl (pH 8.3), 60 mM de KCl, 1.8 mM de $MgCl_2$, 0.2 a 1 µM del blanco de la reacción, 0.75 unidad de AmpliTaq ADN polimerasa. Después de una etapa inicial de desnaturalización de 4 min. a 95°C, se realizaron 40 ciclos de 1 min. a 93°C, 1 min. a 35°C y 2 min. a 72°C. El último ciclo fue seguido por 7 min. a 72°C. Se separaron los productos amplificados por electroforesis, en un gel de agarosa a 1.8 %. Se observaron las bandas de ADN bajo una lampara ultravioleta, después de su coloración con el bromuro de etidio. Se estimó el tamaño molecular de los RAPDs utilizando una escalera molecular de 123 pares de bases (pb) como estándar.

Análisis de los datos

Se transformó la matriz de presencia/ausencia de los fragmentos polimorficos en una matriz de similitud, utilizando el índice de similitud de Nei y Li (1979):

$S_{ij} = 2a / (2a + b + c)$, donde S_{ij} es la similitud entre dos accesiones *i* y *j*, a es el número de fragmentos presentes en *i* y *j*, b es el número de fragmentos presentes en *i* y ausentes en *j*, y c es el número de fragmentos presentes en *j* y ausentes en *i*. La matriz de similitud fue analizada por el método UPGMA (***unweighted pair-group method using arithmetic averages***).

Resultados y discusión

Estructura de la diversidad genética

De los 150 blancos de reacción probados en el estudio, 16 (10.7 %) detectaron diferencias entre las muestras analizadas, generando perfiles de bandas reproducibles. Estos blancos produjeron 106 fragmentos, de los cuales 29 fueron polimorficos. La mayor parte del polimorfismo fue observado en los individuos silvestres y sub-silvestres de Etiopía. De uno a seis loci polimorficos fueron producidos por blanco. El número de loci polimorficos por blanco fue superior en nuestro estudio que en el estudio preliminar de Lashermes et al. (1996), respectivamente 1.81 y 1.25, debido a un muestreo más amplio del material silvestre. El tamaño de los fragmentos polimorficos varió entre 260 y 2 300 pb.

Los 29 loci polimorficos fueron utilizados para analizar las relaciones entre los 97 individuos de café. La clasificación construida por el método UPGMA basado en el índice de similitud de Nei reveló una estructura en tres grupos genéticos: los individuos silvestres y sub-silvestres de Etiopía, el Typica y el Bourbon. La mayoría de los Etíopes se agruparon juntos por su alto nivel de similitud. Algunos Etíopes como E-7, E-17, E-20, E-22, E-237, E-238 y E-525, aparecieron diferentes. Estos Etíopes, excepto el E-525, fueron recolectados en las provincias del Harar y del Sidamo, las cuales se encuentran al Este de la fosa tectónica llamada "The great rift valley". Es probable que esta fosa que cruza la Etiopía del Nordeste al Sudoeste, jugó un papel muy importante en la evolución del material silvestre, aislando las poblaciones silvestres por ambos lados.

Solamente tres Etíopes se clasificaron con las variedades cultivadas: E-123 y E-156 con el Typica, y E-579 con el Bourbon. Estudios complementarios son necesarios para precisar las posibles filiaciones.

Las variedades de Etiopía se clasificaron en los tres grupos, mostrando una gran diversidad genética entre sí. Las diferencias entre las variedades Dalle y Irgalem, cuyo origen es el mismo pueblo Dalle, llamado también Irgalem (FAO, 1968), constituye una prueba del importante polimorfismo presente en los individuos silvestres.

Esta clasificación en tres grupos genéticos se explica por la historia de la caficultura en el mundo. Las variedades cultivadas de Typica y de Bourbon derivan de una base genética muy estrecha, difundida al inicio del siglo XVIII a partir de Etiopía su centro de origen, vía el Yemen. La primera introducción de Typica a Amsterdam se compuso de una planta única, la cual tuvo un papel excepcional en la creación varietal (Chevalier y Dragon, 1928; Carvalho, 1946). Las variedades de Bourbon tuvieron como origen plantas introducidas en la isla Bourbon (ahora Reunión).

Diferenciación genética

Los valores de similitud genética y de distancia genética revelaron un bajo nivel de diferenciación entre los tres grupos. La diferencia más grande se encontró entre los dos grupos cultivados Typica y Bourbon; entre ellos se calculó un índice de similitud de 0.829. Los Etíopes presentaron valores de similitud idénticas con los dos grupos cultivados, 0.857 con el Typica y 0.855 con el Bourbon.

Las altas similitudes entre los Etíopes, el Typica y el Bourbon, demuestran que la base genética de las variedades cultivadas ha poco variado en los tres siglos de selección. Dos factores pueden explicar este resultado: la duración de los ciclos de selección en el café (unos 20 años) que limitó el número de generaciones, y el modo de reproducción, la

autogamia preferencial de aproximadamente 90 %, que favoreció una homogeneización de las estructuras genéticas individuales.

Conclusiones

Nuestros resultados confirmaron el bajo polimorfismo observado en la especie *C. arabica* por otros estudios al nivel del ADNcp y del ADNr. Sin embargo, la utilización de los individuos silvestres en los programas de mejoramiento genético representa una solución sostenible para enriquecer la base genética de las variedades cultivadas. Los híbridos F1 entre variedades y Etíopes, en curso de selección en América central, presentaron una ganancia de producción que superó frecuentemente los 30 % (Bertrand et al., 1997). Además del vigor híbrido, se puede transferir caracteres de interés agronómico, observados en los Etíopes, como la resistencia a varias plagas y enfermedades.

Literatura citada

Anthony, F., Astorga, C., y Berthaud, J. 1999. Los recursos genéticos: las bases de una solución genética a los problemas de la caficultura latinoamericana. *In:* "Desafíos de la caficultura centroamericana". *Editado por* B. Bertrand y B. Rapidel. IICA, San José, Costa Rica. pp. 371-408.

Bertrand, B., Aguilar, G., Santacreo, R., Anthony, F., Etienne, H., Eskes, A.B., y Charrier, A. 1997. Comportement d'hybrides F1 de *Coffea arabica* pour la vigueur, la production et la fertilité en Amérique centrale. 17° colóquio científico internacional sobre el café, Nairobi, Kenia, 20-25 Julio 1997. ASIC, Vevey, Suiza. pp. 415-423.

Carvalho, A. 1946. Distribuição geografica e classificação botânica do gênero *Coffea* com referência especial à espécie Arabica. Bolétim da Superintendência dos Serviços do café **21**: 174-180.

Chevalier, A., y Dagron, M. 1928. Recherches historiques sur les débuts de la culture du caféier en Amérique. Communications et Actes de l'Académie des Sciences Coloniales. Paris, Francia. 38 p.

FAO, 1968. FAO coffee mission to Ethiopia 1964 - 1965. FAO, Rome, Italia. 200 p.

Guillaumet, J.L., y Hallé, F. 1978. Echantillonnage du matériel récolté en Ethiopie. Bulletin IFCC **14**: 13-18

Krug, C.A., Mendes, J.E.T., y Carvalho, A. 1939. Taxonomia de *Coffea arabica* L. Bolétim Técnico n° 62. Instituto Agronômico do Estado, Campinas, Brazil.57 p. + ann.

Lashermes, P., Trouslot, P., Anthony, F., Combes, M.C., y Charrier, A. 1996. Genetic diversity for RAPD markers between cultivated and wild accessions of *Coffea arabica*. Euphytica **87**: 59-64.

Nei, M., y Li, W. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. Proc. Natl. Acad. Sci. USA **76**: 5269-5273.

Welsh, J., y McClelland, M. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. Nucleic Acids Res **18**: 7213-7218.

Williams, J.G.K., Kubelik, A.R., Livak, K.J., Rafalski, J.A., y Tingey, S.V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res **18**: 6531-6535.

CRIOCONSERVACIÓN DE SUSPENSIONES CELULARES EMBRIÓGENICAS DE *MUSA SP.* INICIADAS A PARTIR DE FLORES INMADURAS

Emelda Yah, Juan Luis Ortíz, Nelly Vásquez, Agnes Grapin, Francois Cote.
Unidad de Biotecnología, Area de Agricultura Ecológica

Abstract
Suspension cultures constitutes a valuable technique for the improvement of *Musa* spp as a source of material for genetic transformation, somatic hybridization by protoplast fusion and massive propagation. Cryopreservation offers a promising alternative for the conservation and management of these suspensions.
In the present work, an existent protocol of cryopreservation was optimized for its efficiency in embryogenic cell suspensions of *Musa* spp., iniated form inmature flowers. Four experiments were realized independently using celular suspensions of cv. Dominico (*Musa* AAB). In each experiment, one of the process of the protocol was modified: crystallization induction, pretreatment conditions, cellular recuperation, and pregrowth treatment with sucrose and lactose. The optimized protocol was applied in embryogenic cell suspensions of *Musa* and four out of five cultivars withstood cryopreservation (Dominico, SF 265; Currare 3; and Col 49 2.8.)

Introducción

Los bananos y plátanos son seriamente amenazados por plagas, numerosas enfermedades virales y fungosas, así como por desastres naturales. Esto ha incrementado en los últimos años el interés por la conservación del germoplasma vegetal con el fin de asegurar una base genética amplia y diversa que permita la existencia de fuentes potenciales de materiales para los trabajos en fitomejoramiento. Técnicas de crioconservación están siendo utilizadas para el almacenamiento de tejidos vegetales por períodos indefinidos con garantía de su estabilidad genética. Esta modalidad de almacenamiento tiene además la ventaja de que los costos de mantenimiento, de labor y espacio se reducen al máximo.
Dichas técnicas están siendo empleadas en CATIE para conservar diferentes materiales vegetales, entre los que se encuentran suspensiones celulares embriogénicas de diferentes cultivares de *Musa*, producidas como parte del trabajo de investigación

Metodología

Haciendo uso del Método de Panis et al (1990), se optimizó el protocolo para la crioconservación de suspensiones celulares de *Musa* spp. iniciadas a partir de flores inmaduras (Escalant *et al*, 1994 y Grapin *et al*, 1998). Para ello se utilizaron suspensiones embriogénicas de Gros Michel "3" (AAA), Dominico "1" (AAB), Curraré "3" (AAB), SF "265" (AA), Col "49 2.8" (AA).
Se realizaron ensayos preliminares para el precultivo de suspensiones celulares, utilizando diferentes concentraciones de sacarosa.

Seguidamente se probó el DMSO al 7.5% y diferentes concentraciones de sacarosa como crioprotectores. Posteriormente las muestras fueron enfriadas a 1°C/min hasta –40 °C antes de transferirlas al nitrógeno líquido (-196 °C) por 24 horas. Dependiendo

del experimento, la cristalización del crioprotectante fue inducida automáticamente con el congelador programable (CRYOMED). El descongelamiento se llevó a cabo en baño María, de donde se pasó a la recuperación y determinación de la variabilidad del material en medio sólido.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos demostraron que la inducción de la cristalización es indispensable para la recuperación de las células después de la descongelación. Resultados similares han sido encontrados en otras especies (Aguilar *et al*, 1993; Engelmann *et al*, 1994; Dussert *et al*, 1991).

El crecimiento de las suspensiones celulares embriogénicas ocurrió en siete días, para lo cual las concentraciones óptimas de sacarosa durante el pre-tratamiento fueron de 90 g/l (0.26 M) y 135 g/l (0.39 M), siendo 0.39 M la que presentó mayor efectividad.

La recuperación celular fue más efectiva en medio sólido con un plateo de alta densidad.

El protocolo optimizado aplicado a diferentes suspensiones celulares embriogénicas de *Musa*, mostró que cuatro de cinco cultivares resistieron la congelación (Dominico, SF 265,Curraré3 y Col 49 2.8)

La eficiencia del protocolo fue calculada a razón del número de embriones producidos después del plateo de las suspensiones celulares crioconservadas contra el número de embriones producidas en una suspensión celular no crioconservada.

La prueba de viabilidad celular realizada 48 horas después de la descongelación con diacetato de fluoresceína (FDA) fue un indicador para determinar la eficiencia de esta metodología.

Literatura citada

Aguilar, M.E.; Engelman, F.; Michaux-Ferriere, N. 1993. Cryopreservation of cell suspensions of *Citrus deliciosa* Tan. and histological study. Cryo-lett. 14:217-228.

Dussert, S.; Mauro, M.C.; Deloire,A.; Hamon,S.; Engelman, F. 1991. Cryopreservation of grape embryogenic cell suspensions. Influence of pretreatment, freezing and thawing conditions. Cryo-lett. 12:287-289.

Engelman, F.; Dambeir, D.; Ollitrault, P. 1994. Cryopreservation of cell suspensions and embryogenica callus of *Citrus* using a simplified freezing process. Cryoletter 15:53-58.

Escalant, J. V.; Teisson, C.; Cote, F. 1994. Amplified somatic embryogenesis from male Flower of triploid banana and plantain cultivars (Musa spp). In vitro Cell. Dev. Biol. 30: 181-186.

Grapin, A.; Ortiz, J.L.; Domergue, R.; Monmarson, S.; Escalant, j.V. Teisson, C.; Cote, F. 1998. Establishment of embryogenic callus and initiation and regeneration of embryogenic cell suspensions from female and male inmature flowers of *Musa*. **IN:** The international magazine on banana and plantain (INFOMUSA) 7:1. 13-15p

Panis, B.J.; Wither, L.A.; De Langue, E.A.L. 1990. Cryopreservation of *Musa* suspension cultures and subsequent regeneration of plants. Cryo-lett. 11:337-350.

EVALUACION DE LA DIVERSIDAD GENETICA DE LA COLECCIÓN DE *Pachyrhizus tuberosus* (LAM.) SPRENG. DEL CATIE USANDO CARACTERES MORFOLOGICOS Y MOLECULARES

César Tapia Bastidas*, Wilbert Phillips Mora**; Johny Pérez***
* Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP-Ecuador)
** Unidad de Biotecnología, Area de Agricultura Ecológica, CATIE
***Sub-Unidad de Estadística, UTAI, CATIE.

Summary
The objective of this research was to evaluate the genetic diversity of CATIE's *Pachyrhizus tuberosus* collection by through a morpho-agronomic and molecular characterization of 31 accessions. For the morphologic characterization, a total of 70 qualitative and quantitative characters were analyzed. In addition, the size of the minimum sample was obtained and the genetic variability evaluated. Ten qualitative characters and seven quantitative characters with greater discriminating power were used to identify groups, and samples within groups. For the molecular characterization, RAPD markers were used and by means of the distance matrix, dendograms, *"bootstrap"* and canonical discriminate analysis, the variability of the collection was determined. Ten "primers" were identified obtaining 32 polymorphisms, being seven "primers" the ones that contributed the most to differentiate between groups, to find duplicates, "label mistakes" and to characterize the individuals. In addition, the relationships within both types of characterization were identified by means of correlation based on the distance matrix.

Introducción

Jícamas es el nombre genérico empleado para designar a cinco especies leguminosas tuberíferas pertenecientes al género *Pachyrhizus*, dos silvestres y tres cultivadas. Dentro de éstas últimas, las más importantes son, *P. erosus* que es originaria de mesoamérica y *P. tuberosus* nativa de Sur América. Se consideran especies promisorias debido a varias razones: a) su alto potencial de producción de materia orgánica para uso humano y animal, b) su alto contenido de proteínas (de 3 a 5 veces más que otras raíces como yuca o camote), c) su capacidad para fijar nitrógeno y, d) su alto contenido del insecticida natural "rotenona" (Phillips, Morera y Sorensen 1993, Sorensen *et al.* 1997).

El CATIE inició en 1985 una colección de jícamas (*Pachyrhizus spp)* como parte del "*Yam Bean Project*", coordinado a escala mundial por la *Royal Veterinary and Agricultural University* de Dinamarca. Actualmente la colección del CATIE cuenta con 180 entradas procedentes principalmente de Meso y Sudamérica. Márquez (1992), evaluó morfoagronómicamente 40 entradas de *P. erosus* y definió una lista de descriptores para esta especie. Los genotipos de *P. tuberosus* aún no han sido evaluados, lo cual sería de importancia porque se considera a esta especie como la segunda con mayor potencial luego de *P. erosus*.

La caracterización de germoplasma debe ser el paso inicial para la utilización de especies que, como las jícamas, no han contado con programas amplios de mejoramiento. Aquí los

bancos de germoplasma tienen que jugar un papel protagónico, identificando materiales superiores que permitan incrementar las opciones agrícolas en los trópicos. Tradicionalmente, las colecciones se han evaluado usando descriptores morfológicos y agronómicos que han producido información de utilidad, pero que tienen varias desventajas, dentro de las cuales la más importante es que están influenciados por las condiciones ambientales. Las técnicas moleculares disponibles actualmente, permiten evaluar en forma directa, el contenido de ADN de los genotipos, logrando una caracterización más precisa a escala genética, que puede ser usada en forma complementaria con las evaluaciones fenotípicas.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la diversidad genética de las 31 entradas que conforman la colección de *P. tuberosus* del CATIE, mediante la caracterización morfoagronómica y molecular usando marcadores RAPD. Los objetivos específicos fueron:

- Estimar el tamaño de muestra óptimo para los diferentes descriptores morfológicos utilizados.
- Identificar los caracteres cuantitativos y cualitativos más confiables y de alto valor discriminante que permitan reconocer relaciones genéticas entre grupos y entradas de jícama
- Comparar la diversidad genética detectada por los caracteres morfológicos y los marcadores moleculares del ADN.
- Definir una estrategia a ser usada en los análisis de la diversidad genética de otras colecciones de germoplasma del CATIE.

Metodología

Caracterización morfoagronómica: Se evaluaron las 31 entradas de *P. tuberosus* contenidas en la Colección de Germoplasma del CATIE. Los genotipos fueron sembrados en Turrialba, Costa Rica bajo un Diseño Completamente al Azar con 35 repeticiones. Para la caracterización morfoagronómica se usó la lista original de descriptores de *P.erosus* de la Unidad de Recursos Fitogenéticos del CATIE (Morera, 1992), modificada por Márquez (1992). Se hicieron ajustes, para adaptar la escala a la morfología propia de *P. tuberosus*. Para la caracterización de los genotipos se usaron 30 descriptores cualitativos y 40 cuantitativos. Para cada descriptor se calculó el tamaño mínimo de muestra.

Caracterización molecular: se realizó en el Laboratorio de Biología Molecular del CATIE. Para las extracciones de ADN se usó el método CTAB-minipreparaciones (Harris, 1996) aplicado a hojas jóvenes congeladas. La amplificación del ADN se realizó en un Termociclador Perkin Elmer 9600. Se evaluaron 86 primers o iniciadores a una concentración entre 0,2 y 1 µM, seleccionando aquellos que mostraban bandas polimórficas entre genotipos. Por medio de matrices de distancia, dendogramas, "*bootstrap*" y análisis discriminante canónico se determinó la variabilidad de la colección. Para el estudio de la relación entre datos morfológicos y moleculares se utilizó las matrices de distancia moleculares "X" (Nei y Li, 1979) y las morfológicas "Y" (Gower 1967); y se correlacionó entre ellas con el estadístico Mantel (Mantel, 1967).

Resultados y discusión

La evaluación de la variabilidad genética de la colección de *P. tuberosus* a través de su caracterización morfoagronómica y molecular, permitió identificar cuatro grupos de materiales que coinciden casi por completo, con la clasificación propuesta por Sorensen (1996), quien se basó en datos etnobotánicos y en pocos caracteres fenotípicos pero de cierta importancia discriminante.

Se identificó tanto entre grupos como entre entradas dentro de grupos, 10 caracteres cualitativos y 7 cuantitativos con un mayor poder discriminante, siendo la forma y tipo del lóbulo del foliolo de la hoja, color de la pulpa de la raíz, hábito de crecimiento, días a la floración y días a la madurez fisiológica, los caracteres más útiles para una descripción inicial de los genotipos. La muestra mínima para caracteres cualitativos fue de 1 a 5 repeticiones y para caracteres cuantitativos como la relación largo/ancho del foliolo principal de la hoja y días a la madurez fisiológica de la vaina, de 20 a 50 individuos. Los caracteres cuantitativos con menor variabilidad genética fueron la longitud de la flor, ancho del estandarte, relación largo/ancho del foliolo de la hoja y días a la madurez fisiológica.

Con los datos obtenidos con la caracterización morfológica, se determinaron cuatro grupos genéticos que coinciden con los tres grupos en que tradicionalmente se han clasificado los genotipos de *P. tuberosus:* ashipas (grupo 1 y 4), chuines (grupo 2) y jíquimas (grupo 3).

En el análisis molecular se seleccionaron diez iniciadores que mostraron un total de 32 bandas polimórficas, siendo siete de ellas las que más aportaron para diferenciar entre grupos. El análisis molecular produjo una caracterización más eficiente de los genotipos, permitiendo la detección de duplicados y errores de identificación en las entradas, y en términos generales, haciendo un agrupamiento más consistente de los genotipos. Fue posible identificar dos genotipos que aparentemente corresponden a materiales híbridos entre *P. tuberosus* y *P. erosus* (Sorensen, comunicación personal), y no a *P.tuberosus,* como sus datos de pasaporte lo indican.

Con base en la información molecular se generaron tres grupos, en concordancia con la clasificación morfo-etnobotánica hecha por Sorensen (1996), es decir, chuines, ashipas y jíquimas, además dos individuos que son los más divergentes de los otros tres grupos, las ashipas TC118 y TC525. Esto a parte de ser coherente, muestra claramente que la técnica de RAPDs y los métodos analíticos usados, son herramientas poderosas para la caracterización de germoplasma.

Los procedimientos usados permitieron establecer relaciones estadísticas significativas entre los datos moleculares y los morfológicos. Los caracteres cualitativos son los que más aportaron para la obtención de valores de correlación significativos, al contrario de los caracteres cuantitativos que presentan bajas correlaciones con los datos moleculares.

Conclusiones

La caracterización morfológica de los genotipos permitió definir una serie de descriptores útiles por su importancia agronómica, o por su valor para clasificar e identificar grupos genéticos. Ambos tipos de caracteres pueden simplificar el mejoramiento genético de *P.tuberosus* y dar algunas luces con respecto al manejo de otras colecciones de germoplasma.

Los caracteres cualitativos más discriminantes fueron: forma y tipo del lóbulo del foliolo central de la hoja, color de la pulpa de la raíz, forma de la semilla, velocidad de crecimiento del tallo principal, color de los sépalos de la flor, color del tallo, hábito de crecimiento, curvatura de la vaina, color de la vaina inmadura. Los caracteres cuantitativos que más discriminan son: número de días a la floración, número de días a la madurez fisiológica de la vaina, ancho y la relación L/A del foliolo principal de la hoja y ancho de la vaina.

Por otro lado, los marcadores RAPD's lograron evaluar en forma precisa la variabilidad de *P. tuberosus*, ubicar correctamente los materiales, identificar duplicados y errores de etiquetado de las entradas, cuya aplicación puede favorecer notablemente el uso y manejo del germoplasma. Las correlaciones significativas encontradas entre los dos grupos de datos ratifican, la complementariedad que ambas caracterizaciones pueden tener.

Literatura Citada

Harris, S.A. 1996. Molecular analysis of forest tree biodiversity: a selection of practical protocols. Oxford, England. 47 p.

Mantel, N. 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. Cancer Res. 27:209-220

Márquez, J.M. 1992. Caracterización sistemática, parámetros genéticos e índices de selección de la colección de jícama (*Pachyrhizus erosus* L. Urban) del CATIE. Tesis Mag.Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 142 p.

Nei, M.; Li, W. 1979. Mathematical model of studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 76:5269-5273

Phillips-Mora, W.; Morera, J.; Sorensen, M. 1993. Las jícamas silvestres y cultivadas. CATIE/Royal Veterinary and Agricultural University of Denmark. Turrialba, Costa Rica.85 p.

Sørensen, M. 1996. Yam bean, *Pachyrhizus* DC. IPGRI, Roma, Italia. 141 p.

----------; Gruneberg; W., Ørting, B.; 1996. Genetic Resources of Ahipa (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi). n.p. 51 p.

ARTIFICIAL INOCULATIONS IN CACAO WITH THE FUNGI *Moniliophthora roreri* (Cif. Par) Evans *et al.* AND *Phytophthora palmivora (Butl.) Butler*

Wilbert Phillips Mora, José Castillo
Unidad de Biotecnología, Area de Agricultura Ecológica

Resumen
Las enfermedades fungosas son uno de los principales factores que limitan la producción de cacao a escala mundial. El CATIE ha desarrollado metodologías efectivas para seleccionar materiales resistentes a los principales patógenos de la región como son, *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora palmivora*. Con ellas se ha determinado la reacción de más de la mitad de los casi 800 clones de la Colección Internacional de Germoplasma y se ha seleccionado un grupo de genotipos sobresalientes que ya han sido incluidos en el programa de mejoramiento genético. Las técnicas de inoculación se han usado también, en estudios tendientes a conocer como se segrega la resistencia a *M.roreri* y en el análisis de los QTL (*Quantitative Trait Loci*) relacionados con la resistencia a este hongo.

Introduction
It is known that fungal diseases are one of the most important limiting factors for cacao production worldwide. In Tropical America the most important diseases are moniliasis (*M. roreri),* black pod disease (*Phytophthora spp*), and witches' *broom (Crinipellis perniciosa*). Witches' *broom* is found in South America until the southern part of Panama, so that, this disease is not included in the studies conducted at CATIE. Black pod disease is the most widely spread disease in the world, causing losses estimated at 30% (Wood and Lass 1985). Moniliasis is also a very destructive disease present only in America, which can cause 60-80% pod losses (Zadocks 1997). The extensive damage in Costa Rica since its appearance in 1978 demonstrates the large destruction potential of the fungus (Enriquez *et al.* 1981). Between 1978 and 1983 cacao production in this country declined by 72% and dry cacao beans exports decreased by 96%. The disease's impact in Panamá, Costa Rica, and Nicaragua has provoked that nowadays, this region is not able to fulfill its domestic cacao demand.

The cost to control cacao diseases using fungicides and/or cultural practices is high and its effect is variable. The use of resistant genotypes would produce a more ecological and accessible control for producers, but little has been done to this respect. This is due, among other things, to the unavailability of enough resistant sources and to the lack of continuity of genetic improvement programs. CATIE has developed efficient evaluation methodologies for different cacao pathogens (Phillips and Galindo 1988; Phillips and Galindo 1989; Nuñez, Galindo and Phillips, 1992), including *M.roreri* and *P.palmivora*. It has permitted to determine the reaction for a high amount of genotypes. This process has been possible due the existence in CATIE of an International Cacao Germplasm Collection with 786 accessions, which acts as a natural laboratory for detecting promising genotypes.

Methodology
This paper informs about different cacao research programs developed at CATIE during 1998. They have in common the use of artificial inoculations with *M.roreri* and *P.palmivora* to differentiate resistant genotypes from susceptible ones. This information

will be used by the breeding program, and also it will be useful to acquire a better understanding of the disease resistant genetic mechanisms involved in cacao. For artificial inoculations of the fungus under study the following methodologies developed by CATIE were used:

***M.roreri* artificial inoculations**: (Sánchez *et al.* 1987, Phillips 1996). A $1.2x10^5$ conidia/ml suspension is prepared in the laboratory. In the field, two-month-old pods are sprayed with 0.5 ml of suspension and covered with a plastic bag to create a humid chamber for two days. Nine weeks after inoculation, the following parameters are measured: incidence to confirm the artificial inoculation efficiency, and internal/external severities using arbitrary scales. Classification of the clones is based on the internal severity.

***P.palmivora* artificial inoculations:** (Phillips-Mora and Galindo 1989, Phillips-Mora 1996). The inoculation was performed using a $1.5x10^5$-zoospore/ml suspension applied on two opposite points located on the "equator" of five month-old fruits. A paper disc of 1-cm diameter already submerged in the previously shaken suspension was placed on each point. Different artificial inoculation events were carried out in order to get a confident data set for quantifying the reaction of the clones. The disease severity was obtained by measuring the diameter size of the larger lesion in each fruit at ten days after inoculation. Brief descriptions of the experiments are as follows:

Evaluation of CATIE's International Cacao Germplasm Collection: The goal of this experiment is to evaluate reaction against *M. roreri* and *P.palmivora* of the clones belonging to CATIE's Collection and to select resistant materials to be used by the breeding program. During 1998, 24 artificial inoculation events with *M. roreri* were conducted in order to evaluate all available pods (2,879 pods) in the collection. In the case of *Phytophthora palmivora*, a total of 2,560 cacao pods were inoculated in 24 events.

Evaluation of the backcross "Catongo x (Catongo x Pound-12)": The main objective of this experiment is to determine the segregation of the resistance to *M.roreri* from 160 trees of the backcross "Catongo x (Catongo x Pound-12)". It will permit to study the QTL (Quantitative Trait Loci) for monilia using an available genetic map based on this backcross. The map already served as basis for a QTL study related to morphological and agronomic parameters (Crouzillat *et al.* 1996), including yield *(*Crouzillat *et al.*(A)*)*, and resistance to *Phytophthora palmivora (*Crouzillat *et al.*(B)*)*. Artificial inoculations with *M.roreri* began in this experiment in 1997. During 1998, the reaction of 44 new trees was determined through twelve artificial inoculation events involving 626 pods.

Evaluation against *M.roreri* of the Cacao Genetic Field crosses: The objective of this experiment is to study the inheritance of reaction to monilia throughout the study, tree by tree, of 21 interclonal crosses. This took advantage of a previous Cacao Genetic Field located at La Lola Farm where 192 interclonal crosses were planted from 1990 through 1993. Forty-eight trees planted in a single plot represent each cross. Nineteen crosses were included in this experiment because one of their progenitors is UF-273, known as one of the most monilia resistant clones. Evaluations include also "P-19 x CATIE-1000" cross which serves as a susceptible check, and "Catongo x EET-95" since it has been found to be

one of the highest producers in the Genetic Field. During 1998 nine hundred and sixty nine pods pertaining to the 21 crosses that are being evaluated were inoculated.

Results and discusion

Evaluation of CATIE's Collection: Monilia reaction of seventy new clones was obtained as follows: two MR (3%); eleven MS (16%), and 56 S (81%). Considering the results obtained in recent years, so far we know the reaction for 441 clones, which represent 56% of the total clones in the collection. A low percentage (2.3%) of them is R or MR. No monilia resistant clones were obtained in 1998, but two MR clones (BE-8 y CC-240) were identified, which increase the possibilities of clones being used by the cacao-breeding program. This finding is very important if we consider that moniliasis resistance is an unfrequent character. Those clones have already been grafted to be included in an experiment that bring together the best material at La Lola Farm.

In the case of *P. palmivora*, 109 new clones were characterized for resistance in 1998. Four of them were R, 31 MR, 34 MS, and 40 S. The new resistant clones are 3C, ARF-30, PMCT-35, and PMCT-37. Including the results obtained in the past years, we know now the reaction for 437 clones, which represent 56% of the total clones in the germplasm collection. A high percentage (22%) of them is resistant or moderately resistant.

One aspect that should be given more follow-ups due to its practical implications within a genetic improvement program, is the type of inheritance that the cacao shows for different diseases. Both, *M.roreri* and *P.palmivora* resistance are apparently polygenic, but in the first case, this is manifested mainly as a recessive character, while it is a dominant character inherited for *P.palmivora*. This explains, at least partially, the high frequency of clones in the germplasm collection with high levels of resistance to *P.palmivora* as opposed to low frequency for *M.roreri*. It also explains the relatively high frequency of resistant trees that are produced when crossing, for example, a *P.palmivora* resistant clone with a susceptible one. When the same is done with *M roreri*, nearly all of the descendents are susceptible (see Genetic Field results).

Evaluation of the backcross "Catongo x (Catongo x Pound-12)": A MR tree (2%) and a MS one (2%) were identified, all of the other trees were S (42 trees, 96%). The high proportion of susceptible trees to *M.roreri* in this experiment is not surprising, considering that Catongo and Pound-7 are susceptible to this fungus. Other trees with some level of resistance have already been identified wich makes the QTL analysis feasible due existence of segregation. Of the 160 trees that have been backcrossed, 44 were evaluated during 1998 and 66 trees in 1997, for a total of 110 trees.

Evaluation against *M.roreri* of the Cacao Genetic Field crosses: In 1998, it was possible to determine the reactions of 75 trees, of which 55 were S, 14 MS and 6 MR. These trees, together with the 253 trees evaluated in earlier years, bring the total to 328 trees at the present time. Based on these inoculations, it was possible to determine the reactions of 75 trees, of which 55 were S, 14 MS and 6 MR. These trees, together with the 253 trees evaluated in earlier years, bring the total to 328 trees at the present time. Although it is still too early to draw definite conclusions, it is important to point out that a high percentage of the trees evaluated is susceptible to monilia (87%) even though most of the

crosses have one resistant parent (UF-273). The idea of a low inheritability of the characteristic by the UF-273 can not be rejected.

Conclusions

CATIE has reliable inoculation methodologies to measure genotypic reaction to *M.* roreri and *P.palmivora* infection allowing to select a group of materials with high resistance levels. Since moniliasis resistance is both the main sanitary problem in the region and an unusual characteristic, it is absolutely necessary to generate, new genotypes with this characteristic to incorporate them into the breeding programs. This can be done through crosses between resistant genotypes to concentrate resistance genes, or by crossing resistant genotypes with high production genotypes or resistance to *P.palmivora* and other disease(s) of interest. In CATIE, both techniques are being used taking the maximum advantage of the scarce resistance sources identified. It is necesary in this process to take account that it seems that inheritance of monilia is a polygenic and recessive character

References

Crouzillat, D.; Lerceteau, E.; Petiard, V.; Morera, J.; Rodríguez, H.; Walker, D.; Phillips, W.; Ronning, C.; Schnell, R.; Osei, J. and Fritz, P.J. 1996. *Theobroma cacao* L.: a genetic linkage map and quantitative trait loci analysis. Ther. Appl. Genet. 93:205-214.

Crouzillat, D.; Ménard, B.; Mora, A.; Phillips-Mora, W. and Petiard, V. (B) Quantitative trait loci analysis in *Theobroma cacao* L. using molecular markers: 2. Yield QTL detection and stability over 15 years. (Submitted to Euphytica).

Crouzillat, D.; Phillips-Mora, W.; Fritz, P.J. and Petiard, V. (B) Quantitative trait loci analysis in *Theobroma cacao* L. using molecular markers: 1. Inheritance of polygenic resistance to *P. palmivora* in two related cacao progeny. (Submitted to Euphytica).

Enríquez, E. *et al.* 1981. Desarrollo e impacto de la moniliasis del cacao en Costa Rica. In Conferencia Intenacional de Investigación en cacao, 8ª, Cartagena, 1981. Resúmenes.

Nuñez, S.; Galindo, J.J. y Phillips-Mora, W. 1992. Método de inoculación de *Ceratocystis fimbriata* y evaluación de la resistencia en cacao. Turrialba (Costa Rica) 42(4):421-429.

Phillips, W.; Galindo, J.J. 1988. Evaluation of resistance to *Moniliophthora roreri* (Cif. Par) Evans *et al.* of cacao cultivars in Costa Rica. *In* International cocoa research Conference, 10a. Santo Domingo, Republica Dominicana, 1986.

Phillips M., W.; Galindo, J.J. 1989. Método de inoculación y evaluación de la resistencia a *Phytophthora palmivora* en frutos de cacao. Turrialba (Costa Rica) 39(4):488-496.

Phillips-Mora, W. 1996. Studies on moniliasis (*Moniliophthora Roreri* (Cif.&Par.) Evans *et al.*) resistance at CATIE. *In* International Workshop of the International Group for Genetic Improvement of Cocoa (INGENIC). Bahía, Brasil. Proceedings. (in press).

Sánchez, J.; Brenes, O.; Phillips, W.; Enriquez, G. 1987. Methodology for inoculating pods with the fungus *Moniliophthora (Monilia) roreri.* In International cocoa research Conference, 10a. Santo Domingo, Republica Dominicana.

Wood, G.A.R. and Lass, R.A. 1985. Cocoa. Fourth edition. Longmans, London.

Zadoks, J.C. 1997. Disease resistance testing in cocoa. FAO/INGENIC.

ANALISIS DE LA RESISTENCIA A Phytophthora palmivora (Butl.) Butl. EN CACAO USANDO QTL

Wilbert Phillips Mora*, Dominique Crouzillat**
*Unidad de Biotecnología, Area de Agricultura Ecológica
**Centre de Recherche Nestlé Tours, France

Abstract
In cocoa, a long time is needed for the plant to reach maturity when the most important traits can be determined. This fact is the main limitation to rapid genetic improvement in this crop. The use of molecular markers opens new possibilities for a faster selection of resistant genotypes, and the opportunity for characterising the genotypes more precisely.

The present work utilised a backcross segregating population of 131 trees, for which a genetic linkage map had been previously constructed using RFLP and RAPD markers, to determine quantitative trait loci (QTL) for *P.palmivora* resistance. Resistance was assessed using the paper disc-humid chamber method. Statistical evaluation of resistance data with molecular marker data allowed identification of five loci associated with *P.palmivora* resistance on five of the ten different cacao linkage groups (chromosomes). The percent of total variance explained for each trait studied was close than 40% of the total variance. It shows the possibility of exploitation of this information in breeding programs.

Introducción

La "mazorca negra" (*Phytophthora spp.*), enfermedad más diseminada y destructiva del cacao a nivel mundial, causa pérdidas cercanas al 30% de la producción (aprox. US$1.000 millones/año). De las diferentes especies causantes de la enfermedad, *P.palmivora* es la más extendida e importante en Centroamérica y en el resto del mundo.

El combate por resistencia genética se ha perfilado como el elemento fundamental dentro de una estrategia de combate integrado de la enfermedad, pero el largo periodo para que el árbol madure y puedan evaluarse sus principales características, ha sido uno de los principales factores limitantes para el mejoramiento genético de esta especie. El uso de los marcadores moleculares abre nuevas posibilidades para realizar una selección más rápida y precisa de los genotipos, y para conocer en forma más detallada, los aspectos genéticos de la enfermedad.

A los loci individuales que controlan las características poligénicas se les denomina poligenes o QTL (*Quantitative Trait Loci*), los cuales pueden ser determinados mediante el uso de marcadores moleculares. Los QTL son heredados exactamente igual que los genes mayores; segregan, recombinan y exhiben ligamiento, mostrando el mismo rango de propiedades en transmisión y acción que los genes mayores (Mather y Jinks 1982).

En breve, el análisis QTL se basa en el concepto de que, al ser las características fenotípicas transmitidas en asocio con los marcadores moleculares, es probable que los genes que afectan esas características estén también asociados con los marcadores (Tanksley, 1993; Doerge *et al.* 1994). Este tipo de análisis se lleva a cabo a partir de una población

segregante, a la cual se le determinan los marcadores polimórficos que son integrados dentro de un mapa de ligamiento genético. Las comparaciones entre los patrones de herencia de estos marcadores, con los datos fenotípicos previamente determinados (resistencia a enfermedades, producción, altura de planta, etc.), permiten detectar áreas en el cromosoma relacionadas con una característica en particular, en otras palabras, permiten mapear los QTL (Phillips *et al.* 1995).

El análisis de QTL es útil en el mejoramiento genético de las plantas principalmente porque ellos pueden ser usados eventualmente como marcadores para la selección de plantas en estados tempranos de desarrollo, y porque al encontrar un locus ligado a una característica determinada, se podría mediante procedimientos más elaborados, identificar el gen asociado con ese locus. Además, el conocimiento de los genes específicos asociados con las características agronómicas, implica un mayor entendimiento bioquímico de los procesos responsables de características de importancia agronómica.

El objetivo de esta investigación es determinar los QTL (Quantitative Trait Loci) relacionados con la resistencia a *P.palmivora* en la población segregante de cacao (Catongo x (Catongo x Pound-12)).

Metodología

El análisis de QTL se hizo con base en un retrocruce de cacao (Catongo x (Catongo x Pound-12)) sembrado en el CATIE, Costa Rica en 1990 y constituido originalmente por 191 árboles. La investigación se realizó en colaboración con el Centre de Recherche Nestlé ubicado en Tours; Francia y se compuso de tres fases:

1.Obtención de un mapa genético usando marcadores RFLP y RAPD:

Se utilizó un mapa genético previamente elaborado con base en el retrocruce en mención compuesto por 10 grupos de ligamiento, 139 loci (53% RFLPs y 47% RAPDs) y 914 cM (Crouzillat *et al.* 1996). Este mapa ya sirvió de base para el estudio de los QTL relacionados con características agronómicas como altura, tasa de crecimiento, grosor del tronco, precocidad, etc. Para la construcción del mapa genético, el ADN genómico se obtuvo a partir de hojas adultas de cada árbol del retrocruce y de los padres que le dieron origen al mismo. Se evaluaron más de 1.000 primers RAPD de los cuales sólo el 15% fue polimórfico. Se evaluó la sonda RFLP del gen de la quitinasa del cacao y 21 sondas adicionales previamente mapeadas en otra población (Lanaud *et al.*, 1995). Se determinó y mapeó la presencia de antocianina y la autocompatilidad. El análisis de ligamiento se hizo con el programa MAPMAKER 2.0 (Lander *et al.*, 1987). Se usó el programa Kosambi para convertir la fracción de recombinación en distancias de mapa (cM) (Kosambi 1944) y el MAPMAKER para asignar los marcadores a los grupos de ligamiento.

2.Determinación de la reacción a *P. palmivora*

Se determinó la reacción de 131 árboles del retrocruce, a la inoculación artificial con *P. palmivora*, usando un método desarrollado en CATIE (Phillips-Mora y Galindo, 1989), que consiste básicamente en la inoculación de frutos de 5 meses con una suspensión de 150×10^3 zoosporas/ml. Cada fruto fue inoculado colocando en su "ecuador", un disco de

papel previamente humedecido en la suspensión. Se colocó una cámara húmeda a cada fruto y 5 y 10 días después se evaluó el diámetro promedio de la lesión generando las variables DL5 y DL10. Se realizaron inoculaciones durante un año hasta completar un grupo de datos por árbol, que permitiera calificar con seguridad su reacción.

3. Análisis de los QTL

Para evaluar la asociación entre los marcadores mapeados y las características cuantitativas (DL5 y DL10), se usó una ANOVA de doble vía en la que los marcadores simples fueron los tratamientos. La proporción de la varianza fenotípica total atribuible a cada QTL, se estimó mediante regresión lineal. El porcentaje total de varianza fenotípica explicada para cada componente de *Phytophthora*, fue calculada para todos los QTL significativos, con un análisis de regresión múltiple, usando el parámetro como variable dependiente y los marcadores previamente identificados, ligados al QTL, como tratamientos.

Resultados y discusión

El método de inoculación artificial fue eficiente para determinar el nivel de resistencia de los árboles del retrocruce. En total se detectaron cinco QTL relacionados con la resistencia a *P. Palmivora*, ubicados en cinco de los 10 grupos de ligamiento que componen el mapa genético. Esto aparentemente confirma la naturaleza poligénica de la resistencia a este hongo, extensamente sugerida pero poco demostrada (Partiot 1975; Tan y Tan, 1990; Warren, 1994).

Una particularidad del estudio fue la detección de los QTL a partir de un retrocruce entre dos materiales susceptibles a la enfermedad. A pesar de esta situación, fue posible encontrar árboles con diferentes niveles de resistencia/susceptibilidad que hizo posible el análisis de los QTL.

Las variables DL5 y DL10 mostraron una alta correlación entre sí (0,67), o sea, existen en apariencia, mecanismos de defensa contra el patógeno que actúan a los cinco y a los diez días después de la infección. Para ambas variables se identificaron los QTL 2, 4 y 5, pero adicionalmente, se identificó el QTL 3 actuando sólo a los cinco días y el QTL 1 a los 10 días. Para ambas variables, el porcentaje de varianza explicada a través de los QTL, fue cercana al 40% de la varianza total, con valores que estuvieron entre 7,1% y 13,.2%.

Conclusiones

- Se determinaron cinco QTL que están relacionados con la resistencia a *P.palmivora* en cacao. Tres de ellos se manifiestan tanto a los cinco como a los diez días después de la infección, pero los otros dos actúan sólo en cierto momento.

- El análisis de QTL comprueba el carácter poligénico de la resistencia a *P.palmivora* en cacao.

- El significativo % de varianza explicado por los QTL identificados, hacen prever la factibilidad de usar esta herramienta como apoyo al mejoramiento genético del cacao.

Literatura citada

Crouzillat D, Lerceteau E, Pétiard V, Morera J, Rodriguez H, Walker D, Phillips W, Ronning C, Schnell R, Osei J, Fritz P (1996) *Theobroma cacao* L.: a genetic linkage map and quantitative trait loci analysis. Theor Appl Genet 93:205-214

Doerge, R.W.; Zeng, Z.B.; Weir, B.S. 1994. Statistical Issues in the Search for Genes Affecting Quantitative Traits in Populations. In: Analysis of Molecular Marker Data. Joint Plant Breeding Symposia Series, Am. Soc. Hort. Sci and Crop Sci. Soc. Am. pp. 15-26.

Kosambi D. (1944) The estimation of map distances from recombination values. Ann Eugen 12: 172-175

Lanaud C, Risterucci A, N'Goran A, Clement D, Flament M, Laurent V, Falque M (1995) A genetic linkage map of Theobroma cacao L. Theor Appl Genet 91: 987-993

Lander E, Green P, Abrahamson J, Barlow A, Daly M, Lincoln S, Newburg L (1987) MAPMAKER: an interactive computer package for constructing primary genetic linkage maps of experimental and natural populations. Genomics 1:174-181

Mather, K.; Jinks, J.L. 1982. Biometrical Genetics. London, UK, Chapman and Hall.

Partiot M (1975) La résistance horizontale du cacaoyer au Phytophthora sp. Méthodes d'évaluation précoce. Café, Cacao, Thé 19(2):123-136

Phillips-Mora W, Galindo J (1989) Método de inoculación y evaluación de la resistencia a Phytophthora palmivora en frutos de cacao. Turrialba (Costa Rica) 39(4):488-496.

Phillips-Mora, W.; Rodrìguez, H.; Fritz, P.J. 1995. Marcadores de ADN: teoría, aplicaciones y protocolos de trabajo. Serie Técnica. Informe Técnico/ CATIE no.252.

Tan, G.Y.; Tan, W.K (1990) Additive inheritance of resistance to pod rot caused by Phytophthora palmivora in cocoa. Theoretical and Applied Genetics 80:258-264.

Tanksley, S.D. 1993. Mapping Polygenes. Ann. Rev. Genet. 27:205-233.

Warren, J.M (1994) Estimation of the number of loci involved in the inheritance of resistance to Phytophthora palmivora (Butl.) Butl. in the leaves of Theobroma cacao. Plant Pathology 43:73-79.

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA A ESCALA MOLECULAR Y CUANTITATIVA DE SEIS PROCEDENCIAS DE CAOBA (*Swietenia macrophylla* King.) DEL AREA DE CENTROAMÉRICA Y MÉXICO

Simón Vásquez W.*, Wilbert Phillips M.**,
Carlos Navarro P.*** y Jonathan Cornelius***

* Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá
** Unidad de Biotecnología, Area de Agricultura Ecológica, CATIE
*** Area de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad.

Abstract

Mahogany (*Swietenia. macrophylla*) is one of the most valuable timber species in the world. It originated in Tropical America including Central America, whereby due to its overexploitation during the last 30 years, many of its natural populations have been subsequently lost. The genetic variability at the molecular and quantitative level of 41 families of mahogany from six provenances of Central America and Mexico was studied. For the molecular trial, DNA was isolated from young leaves. The polymorphisms generated through the RAPDs analysis were used for the estimation of the genetic variability. A greater genetic diversity was detected within the provenances than among them. This was corroborated with the indices of Nei and Shannon's. The provenances studied were associated in two basic groups: the families from Panama and those from the rest of Central America and Mexico, suggesting that both groups have different origin or evolution. The results were compared with a previous study of the progenitors to estimate the effect of the forest fragmentation over the progeny, suggesting that in the case of the provenance of Costa Rica and Panama the fragmentation of the forest have affected their genetic diversity. Five quantitative variables were evaluated: plant height, root collar diameter, aerial dry matter, root dry matter, and the ratio aerial dry matter/root dry matter. The quantitative study demonstrated the existence of high genetic variability within and among the provenances. All variables except root length and aerial dry matter/root dry matter showed moderate indices of heredability.

Introducción

Swietenia macrophylla y *Cedrela odorata* están entre las latifoliadas tropicales más importantes en los neotrópicos, sin embargo se ha estudiado muy poco su diversidad genética, lo cual es fundamental para definir el estatus de conservación *ex situ* e *in situ* de estas especies y para el desarrollo de programas de plantaciones y de mejoramiento genético así como para la resolución de numerosos problemas en el campo de la biología de poblaciones (Bawa y O'Malley, 1987 y Patiño, 1997). Recientemente ha aumentado el interés en el estudio y conservación de la variabilidad genética de la caobas debido al alto grado de deforestación detectado en las áreas en donde estas especies son nativas, dentro de las que se incluye el área de Centroamérica y México (Newton *et al.* 1997).

De acuerdo con Storfer (1996), la estimación de la variación genética por medio de ensayos de caracteres cuantitativos, proporciona información valiosa para las decisiones en materia de conservación. Los rasgos cuantitativos, morfológicos y de comportamiento son

importantes debido a que ellos a menudo están directamente relacionados con la sobrevivencia. Además la evolución adaptativa usualmente es el resultado de cambios en los rasgos cuantitativos. El uso de marcadores moleculares como RAPDs (Random Amplified Polimorphic DNA) y otros, han cobrado importancia como herramientas eficientes para el estudio de la variabilidad genética de poblaciones forestales, obviando las variaciones debidas a otras causas, como el medio ambiente. Así se confirmó en los trabajos realizados con marcadores RAPDs en ocho especies de la familia Meliaceae (Chalmers *et al.* 1994).

El CATIE en colaboración con el ITE (Institute of Terrestrial Ecology) de Escocia estudió la variabilidad genética de *S. macrophylla* en el área mesoamericana (Wilson, *et al.* 1997). Para esto se usó la técnica RAPDs a partir de ADN de hojas colectadas *in situ.* En dichas colectas también se obtuvo semillas que son la base del presente estudio, pues se consideró que era importante determinar si la fragmentación forestal ha tenido algún efecto sobre las descendencias de los árboles. El objetivo de esta investigación fue analizar la variabilidad genética de familias de polinización abierta de caoba provenientes de seis procedencias del área de Centroamérica y México, mediante su caracterización molecular usando RAPD y cuantitativa al nivel de vivero. Se buscaba también comparar los resultados con los obtenidos anteriormente para los progenitores.

Metodología

Ensayo molecular: En el invernadero se sembraron semillas de 41 familias de caoba pertenecientes a poblaciones naturales de siguientes seis procedencias: México, Guatemala, Nicaragua, región Central Norte y región del Pacífico Seco de Costa Rica, Panamá. Cada procedencia estuvo conformada por siete familias, a excepción de la procedencia Guatemala en que se utilizaron seis. El ADN se aisló de hojas jóvenes usando el método CTAB (Harris 1996), modificado en el Laboratorio de Biología Molecular del CATIE. Se evaluaron 86 primers. El análisis de los datos se hizo a partir de los registros de la lectura de las bandas polimórficas y con la utilización de los programas de cómputo: POPGENE, WINAMOVA, SAS y MEGA. Las estimaciones de los componentes de las varianzas dentro y entre procedencias se calcularon con WINAMOVA. La diversidad genética de las procedencias se evaluó a escala molecular, siguiendo tres metodologías de análisis: índice de diversidad genética de Nei, índice de diversidad de Shannon y análisis de varianza molecular WINAMOVA. Se realizó un análisis de conglomerados con el método WARD de conglomeración. Los resultados del análisis de conglomerados se sometieron a un análisis discriminante canónico. Mediante los programas computacionales MEGA y POPGENE se generaron dendogramas con el método UPGMA.

Ensayo cuantitativo: Este ensayo se desarrolló al nivel de vivero usando un diseño irrestrictamente al azar con 32 tratamientos y 20 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos correspondieron a las mismas familias del ensayo molecular, pero algunas de ellas no fueron incluidas porque no tenían suficiente semillas disponibles. Se midieron las siguientes variables a los tres y medio meses del establecimiento del vivero: altura de planta, diámetro del cuello del tallo, materia seca aérea, materia seca de raíz y la materia seca aérea/materia seca de raíz. Se realizaron los análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS con los tratamientos (familias) anidados dentro de sus

respectivas procedencias, para estimar la variabilidad genética existente en cada una de ellas.

Resultados y discusión

Se identificaron 28 bandas polimórficas, generadas a partir de 10 *primers*. Para el análisis de los datos se usaron sólo 20 bandas, pues se determinó con la prueba de Chi^2 que las otras no tenían un aporte estadístico significativo. Los métodos usados para determinar la diversidad genética dieron resultados muy similares, sin embargo, la versatilidad del análisis WINAMOVA para la organización de los niveles jerárquicos al momento de analizar los datos moleculares, se considera que es una ventaja adicional de este método. Las estimaciones de los componentes de varianza dentro y entre procedencias obtenidos mediante el análisis WINAMOVA, muestran que la varianza entre las procedencias fue menor (41,1 %) que dentro de las mismas (58,9%), comportamiento que se repitió al calcular los índices de diversidad de Shanon y de Nei. De acuerdo con Hamrick *et al* (1992), para la mayoría de las especies forestales de polinización abierta se ha observado también una mayor variabilidad dentro que entre procedencias.

Se logró establecer que las procedencias con mayor diversidad genética son las de Guatemala y las del Pacífico Seco de Costa Rica, y la de menor diversidad es la procedencia de Panamá. No se encontró variación entre las familias de la región Central Norte y del Pacífico Seco de Costa Rica lo cual si ha sido informado en el caso de *Cedrela odorata* L., que es otro miembro de la familia de la meliáceas (Gillies *et al.* 1997).

La distribución gráfica de los grupos en función de las variables canónicas así como los dendogramas muestran que las procedencias estudiadas se asociaron en dos grupos básicos, uno conformado por las familias de Panamá y el otro por el resto de las procedencias de Centroamérica y México, lo que sugiere que ambos grupos tienen un origen y/o evolución diferente. La comparación de los resultados de esta investigación con los obtenidos en el estudio de los padres, refleja la existencia en ambos casos de una mayor diversidad genética dentro de las poblaciones o procedencias que entre ellas. Se determinó también que para las procedencias de Costa Rica y Panamá, el efecto de la fragmentación forestal está reduciendo la diversidad genética de las mismas.

El estudio cuantitativo mostró la existencia de una alta variabilidad genética dentro como entre procedencias. Se pudo determinar mediante el estudio cuantitativo las mejores familias para cada una de las variables cuantitativas evaluadas. Las variables largo de raíz y la relación "materia seca aérea/materia seca de raíz" mostraron índices bajos de heredabilidad, en tanto que en las otras fueron moderados. No fue posible hacer inferencias en aspectos evolutivos entre las familias estudiadas sobre la base de los grupos formados mediante los promedios de las variables cuantitativas. Tampoco se pudo relacionar los grupos de ambos ensayos debido a la poca cantidad de variables cuantitativas que se obtienen en la etapa de vivero.

Conclusiones

Esta investigación permitió determinar niveles significativos de diversidad genética dentro y entre las procedencias evaluadas tanto para las variables moleculares como cuantitativas. La metodología RAPDs, mostró ser una herramienta práctica y útil para estimar la diversidad genética y para conformar grupos según su afinidad genética, lo cual no fue posible para las variables cuantitativas debido a la poca disponibilidad de variables evaluadas al nivel de vivero. La procedencia con mayor diversidad genética fue la de Guatemala mientras la menor diversidad genética se obtuvo con la de Panamá. Las procedencias estudiadas se separan en dos grupos básicos, uno compuesto por las familias de Panamá y el otro por el resto de las procedencias mesoamericanas. La comparación de los resultados de esta investigación con los obtenidos en el estudio de los padres sugiere que en el caso de las procedencias de Costa Rica y Panamá, el efecto de la fragmentación forestal está reduciendo la diversidad genética de las mismas.

Literatura citada

Bawa, K.S.; O'malley, D.M. 1987. Estudios genéticos y de sistemas de cruzamiento en algunas especies arbóreas de bosques tropicales. Revista Biología Tropical. Supl. 1: 177-188.

Chalmers, K.J.; Newton, A.C.; Waugh, R.; Wilson, J.; Powell, W. 1994. Evaluation of the extent of genetic variation in mahoganies (Meliaceae) using RAPD markers. Theoretical Applied Genetics 89: 504-508.

Gillies, A. C. M.; Cornelius, J. P.; Newton, A. C.; Navarro, C.; Hernández, M.; Wilson. J. 1997. Genetic variation in Costa Rican populations of the tropical timber species *Cedrela odorata* L. Assessed using RAPDs. Molecular Ecology 6: 113-1145.

Hamrick, J. L.; Godt, W.; M.J., Sherman-Broyles, S.L. 1992. Factors influencing leaves of genetic diversity in woody plant apecies. New Forest 6: 95-124.

Harris, S.A. 1996. Molecular analysis of forest tree biodiversity: a selection of practical protocols. Oxford, England. 47 p.

Newton, A.C.; Leakey, R.R.B.; Powell, W.; Chalmers, K.; Waugh, R.; Tchoundjeu, Z.; Mathias, P.J.; Alderson, P.G.; Mesén, J.F.; Baker, P.; Y Ramnarine, S. 1997. Domestication of mahoganies. Molecular ecology. *In press. 25p.*

Patiño, F. 1997. Recursos genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los neotrópicos: propuestas para acciones coordinadas. Dirección de recursos forestales. Departamento de montes. FAO. Roma, Italia. 58p.

Storfer. A. 1996. Quantitative genetics: a promising approach for the assessement of genetic variation of endangered species. Tree. vol 11. no 8: 343-347

Wilson, J.; Gillies, A.C.M.; Newton, A.C.; Cornelius, J.P.; Navarro, C.; Hernandez, M.; Kremer, A.; Labbe, P.; Caron, H. 1997. Assessment of genetic diversity of economically and ecologically important tropical tree species of Central America and the Caribbean: implications for conservation, sustainable utilization and management. Final scientific report. Bush Estate, Penicuik, Midlothian, U:K: 111p.

FIELD EXPERIMENTS TO SELECT HIGH YIELD AND DISEASE RESISTANT CACAO GENOTYPES

Wilbert Phillips M., José Castillo
Unidad de Biotecnología, Area de Agricultura Ecológica, CATIE

Resumen
El desarrollo de la actividad cacaotera en la región centroamericana depende en gran medida de la obtención de genotipos superiores de cacao de alta producción. Si se considera que tan sólo una de las enfermedades en el área, como es la moniliasis, puede causar pérdidas superiores al 80%, es fácil suponer que para alcanzar dicho objetivo es indispensable solucionar concomitantemente ambos problemas. Este artículo describe algunos de los más recientes esfuerzos que el CATIE está llevando a cabo, para generar e identificar genotipos de cacao de alta producción y resistencia a enfermedades, que permitan en el futuro cercano aprovechar al máximo las ventajas ecológicas de esta planta y obtener una rentabilidad satisfactoria.

Introduction

Native from Tropical America, cacao is one of the few sustainable agricultural options that can be implemented in the region's low humid tropics, where population increases rapidly and extensive crops have endangered their fragile ecosystems, making them more susceptible to natural disasters. Shaded agroecosystems such as cacao provide a promising means of addressing the challenges of creating forest-like habitat for tropical biodiversity in a rapidly deforested landscape, while simultaneously providing a lucrative crop for the agricultural communities (Young 1996, Perfecto *et al.* 1997).

In recent years it has become increasingly apparent that new and better genotypes are needed by cacao growers around the world. In the past, cacao breeding has relied exclusively on increased vigour of progeny resulting from crosses of a relatively small number of cacao clones. This hybrid vigour, or heterosis, has well served the cacao community but for many reasons, with the prospect of future land shortages, and the steady advance of Witches' Broom disease (*Crinipellis perniciosa*) and Monilia (*Moniliophthora roreri*) into new growing areas, the time has come to pursue well conceived breeding programs utilising for this purpose the vastly unrealised potential of available cacao germplasm to develope the elite cultivars needed to make cacao farms profitable in times when labour costs under high disease pressure is often not justified by returns.

Diseases are one of the main cacao limitations worldwide. In Central America, diseases such as monilia, have provoked that nowadays, some contries are not able to fulfill their domestic cacao demand. For example, Costa Rica which was a traditional cacao exporter became, in a few years, a cacao importer. Currently, its main chocolate company consumes almost three times the country's production, which does not reach 3.000 MT/year (Phillips 1996).

When cacao returns do not pay for intensive cultural disease management, farmers tend to neglect the trees and turn to alternative crops or occupations in order to support their families. Thus, a vicious spiral is begun because the neglected trees develop

phytosanitation problems leading to even lower production levels and often complete farms abandonment. The solution to this problem is to furnish the farmers with better planting material so that they can make a profit even under the given high disease pressure or when market prices decrease. In a perennial crop such as cacao, it is of utmost importance to ensure continuity of crop management and sustainable production. The generation and identification of superior clonal and hybrid genotypes at CATIE is the main objetive of the different experiments described in this paper.

Methodology

Five cacao field experiments were established at Turrialba or La Lola during the last three years. Common agricultural practices were applied to all of them, including fertilization every three months, cacao prunnings, temporary and permanent shade management, pests control, weeding, etc. A description of the experiments is as follow:

1) La Montaña Gene Concentration Experiment against M. roreri: The main objective of this experiment is to generate and select monilia resistance genotypes by crossing resistant clones with other outstanding genotypes. The experiment was established in a field formerly used for coffee plots located at "La Montaña Central Experiment" in October 1996, and includes twelve crosses, four replications and six plants per replication. Two of the replications were planted under adult immortelle (*Erythrina poeppigiana*) shade and two under adult laurel (*Cordia alliodora*), which were originally established in 1977. Some combinations of the following clones were used to built up the crosses: UF-273, UF-712, ICS-43, ICS-95, CC-137, CATIE-1000, CC-137, ICS-6, and A-81. Most of them are resistant to *M.roreri*, some resistant to *Phytophthora palmivora* or to *C.perniciosa*, or with high yielding.

2) First Cross Evaluation Experiment at La Lola with emphasis on monilia resistance: The main objective of this experiment is to select, under high monilia inoculum pressure and uniform conditions, outstanding genotypes (hybrids and individual trees) which are used in the following phases of the genetic improvement program. Specific goals are: to accumulate monilia resistance genes by crossing resistant clones, to study monilia resistance genetic segregation, to generate genotypes with resistance to monilia and other important diseases, and to generate genotypes which combine disease resistance with high yield, self compatibility and industrial quality. The experiment was established in two hectares and includes 56 crosses, four replications and eight plants per replication in a Completely Random Block Design. The clones used as parents were selected for their outstanding behavior in experiments conducted at CATIE or in other countries. All the crosses have at least one parent with high resistance to *M. roreri*. A high resistance to either, *P. palmivora* or to *C.perniciosa*, self-compatibility and, in some cases high yielding characterizes the other parent. Fifty-two hybrids were sown in May 1997 and the other four in June 1998. The experiment was established under natural and diverse shade, which was not completely uniform. In an attempt to make it more uniform, Gross Michel banana was planted at a distance of 6x6 m. Also, four clones of the tropical sapote pod tree (*Pouteria zapota*) were planted at a distance of 18 x 18m, following a Completely Random Block Design. Sapote tree produces a fruit which is widely appreciated, and could provide an additional income to farmers. The main idea of this activity is to find alternative shade plants that can be used to increase the farmer's incomes, especially during times when

cacao prices are low. The economical and agronomic contributions of this tree to the agroecosystem will be estudied.

3) Second Cross Evaluation Experiment at La Lola with emphasis on monilia resistance: Given that the crosses to be evaluated are increasing as new resistant material are detected, during 1998 it was necessary to prepare an additional hectare of land to plant 28 new crosses. The characteristics of the new experiment are similar to the former experiment. The new area is adjacent to the first experiment.

4) Experiment with 42 outstanding clones in La Lola: A new experiment was initiated in 1998, which attempts to evaluate and select, under the same climatic and experimental conditions, the most important clones selected for their high disease resistance level (*M.roreri*, but also to *P.palmivora* and *C. perniciosa)* or high yield. Some of the clones were selected from experiments previously mentioned in this paper. Data for witches' broom were taken from the literature. High-yielding clones will serve as control. The experiment was established in a 1.5 ha area under a Completely Random Block design with four replications and eight plants per replication. The total number of clones will be forty-two, many of which have already been grafted, and are in the nursery stage.

5) "Pound-7 x UF-273" Segregant Population to studying disease resistance: A segregant population made up of 260 trees of the "Pound-7 x UF-273" cross was established at "La Montaña" Experimental Farm in 1998.

Results and discusion

1) La Montaña Gene Concentration Experiment against M. roreri: Since the beginning of the experiment, cacao trees showed poor growth under laurel shade. In order to increase the shade level, temporary shade species such as pigeon pea (*Cajanus cajan*) and plantain (*Musa spp.*) were planted in these plots, but they did not develop well either. Based on this circumstance, six hybrids were substituted in May 1997, using this as an opportunity to introduce new promising crosses into the experiment. With the aim of testing any possible soil effect, half of the new trees were planted replacing the original soil. It was replaced with soil rich and treated against diseases, but no positive effects were observed with this practice. Apparently, adult laurel shade produces an inoxious micro-environment for young cacao trees due to its natural tree architecture and lower plant density in comparation with immortelle. This results in less protection against solar radiation and winds and an increase of plant desiccation. It was observed that trees belonging to "UF-712 x CATIE-1000" and "UF-712 x CCN-51" crosses began producing pods earlier. The pods of the precocious trees have been inoculated with *M. roreri* and *P. palmivora*. Even though there is still no definite information, some results area already available. For example, a tree from the "UF-712 x CCN-51" cross has shown resistance both to *M. roreri* and *P. palmivora*, which is a very unusual characteristic. Tree height, trunk diameter and percentage of jorquetted plants were measured every six months only for those crosses planted in May 1997. Measurements were made in May and November of 1997 and 1998. So far, the most vigorous crosses are "UF-712 x CC-137" and "UF-273 x Catie-1000".

2) First Cross Evaluation Experiment: So far, cacao trees have shown excellent growth and some have already begun to produce pods. Tree height, trunk diameter and percentage of horquetted plants are being measured every six months. Measurements were already made on May 25 and November 24, 1998. "UF-273 x Catie1000" cross has shown the highest tree height and trunk diameter. The highest percentage of jorquetted plants has been obtained by crosses including UF-712.

3) Second Cross Evaluation Experiment: During this year, the following crosses were planted: "A-81 x ICS-43", "CC-137 x ICS-43", "CC-252 x ICS-43", "ICS-95 x ARF-37", "ICS-95 x ICS-43", "UF-712 x ARF-37", "UF-712 x ICS-43", "ARF-22 x ARF-37", "ARF-22 x ARF-6", "PA-169 x ARF-22", and "PA-169 x ARF-37". Tree height, trunk diameter and percentage of jorquetted plants are measured every six months. The first measurement of the crosses sowed on June 12 was made on December 12, 1998.

4) Experiment with 42 outstanding clones: The clones that were established in the field in 1998 are: ARF-6, EET-59, ARF-14, EET-183, ARF-22, ICS-43, ARF-37, ICS-95, CC-42, POUND-7, CC-137, PMCT-58, CC-252, UF-273, CCN-51, and UF-712. Based on this experiment, we expect to determine in the near future, the behavior of these clones towards monilia and other diseases under natural infection pressure, as well as their yield and general behavior. The next step within the scheme of genetic improvement will be to identify the best materials to be evaluated in regional trials.

5) "Pound-7 x UF-273" Segregant Population: This experiment will be useful to study how *M.roreri* and *P.palmivora* resistances are segregated. This is due to the contrast shown by the parents of the cross: Pound-7 is resistant to black pod disease, but susceptible to monilia, whereas UF-273 is resistant to monilia but moderately susceptible to black pod. In addition, the Pound-7 bears green pods and it is selfincompatible and the UF-273 bears red pod and it is self-compatible. The wide segregation that is expected with this cross will facilitate the future analysis of QTL for the characters under study. Tree height, trunk diameter and percentage of jorquetted plants will be measured every six months. Measurements were already taken on June 24 and December 24, 1998.

Conclusions

During the last three years, a large amount of hybrids and clones have been established in Turrialba and La Lola to generate outstanding cacao genotypes. The first results obtained are promising since in a short period of time it has been posible to detect important differences between the materials and to select trees to be used by the breeding program.

References

Perfecto, I. *et al.* 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. BioScience 42: 354-362.

Phillips-Mora, W. 1996. Studies on moniliasis (*Moniliophthora Roreri* (Cif.&Par.) Evans *et al.*) resistance at CATIE. *In* INGENIC Meeting. Bahía, Brasil. Proceedings. (in press).

Young, A.M. 1996. The chocolate tree: a natural history of cacao. Smithsonian Institution Press, Whashington, USA.

CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE 51 ACCESIONES DE AYOTE (*Cucurbita moschata*) DE LA COLECCIÓN DEL CATIE

Antonio Mora, Carlos Astorga, Rodolfo Sánchez, Elkin Bustamante
Unidad de Recursos Fitogenéticos, Area de Agricultura Ecológica

Abstract

The objetive of this research was to make a preliminary characterization of 51 accesion of squash (*C. moschata*) from the CATIE"s germplasm collection in order to obtain basic information for the selection of superior genotypes.

Five plants per accesion were evaluated using the Esquinas-Alcazar and Gulick descriptor list, hand polination in order to avoid open polination in this alogame species. The characterization was made when the 50% of the plants were flowered, ripe fruits were harvested and storage in a dry room in order to seeds get a physiological maturity. In that moment fruits and seeds were evaluated.

Take were a identity 114 plants with diferencial characteristics from than original accesion so that the seed obtained from this plant were keept aisolated and receive a specific denomination.

Fifty three characteristics were evaluated, weigth and length of the fruit were those with the highest variation coefficient , 59.4% and 49% respectively.

The traits with less variation were length, width and thickness of the seed (8.4%, 9.7% and 12.1% respectively).

Introducción

La especie *C. moschata,* por la extensión que ocupa y la diversidad de formas que presenta, es la más importante de los trópicos de América pues se adapta tanto a regiones húmedas y cálidas como altas y frías. Se conoce en estado nativo desde México hasta Colombia y Venezuela; y se cultiva en el primer país desde unos 1500 años antes de Cristo (/USDA[1]).León, 1987). Se pensó que tenía origen asiático pero hoy día se conoce que es una especie domesticada en América Latina, aunque no está todavía claro cuál es el área precisa de domesticación. La variación que presenta no parece ser un factor que permita sugerir ninguna región en particular como centro de origen, pues esta especie es sumamente variable en la morfología de sus frutos y semillas (Lira y Montes, 1992). Uno de los usos más importantes de los frutos maduros es como verdura y en la preparación de dulces; las flores, los tallos jóvenes y los frutos tiernos son usados en menor grado en las áreas nativas de la especie (Lira, 1995).

En la colección de *Cucurbita* spp. del CATIE se conservan más de 1500 accesiones de *C. moschata* pero la mayor parte no se ha caracterizado lo que representa limitaciones de uso pues no se conoce la variabilidad existente. El objetivo de esta investigación fue caracterizar en forma preliminar 51 accesiones de ayote para conocer la diversidad y generar información básica para la selección de genotipos útiles para incorporar en programas de investigación y desarrollo. Esta actividad es parte del proyecto "Evaluation, Regeneration and Enhanced Database of Unique Genetic Resources from Meso-America" (CATIE

[1] United States Deparment of Agriculture (USDA)

Metodología

Las accesiones se sembraron en eras de 1m de ancho y 3m de largo con 5 plantas sembradas en línea y manteniendo una distancia de 10 m entre accesiones. Durante el crecimiento de las plantas se evitó que las guías sobrepasaran el límite establecido para cada parcela (10 x 10 m).

Durante 1997 se evaluaron 51 accesiones las que se sembraron en diferentes fechas junio, agosto y noviembre. Durante las mediciones de campo se encontraron plantas con características distintas dentro de una misma accesión por lo que estas plantas o grupos de plantas se evaluaron en forma independiente y se identificaron con el número original de la accesión más un sufijo, por lo general, una letra mayúscula. Al total de individuos obtenidos por la subdivisión de accesiones, más las accesiones sin clasificar o dividir, se les denomina como **subaccesiones**.

Por tratarse de una planta alógama se realizaron polinizaciones controladas para conservar la identidad genética de los genotipos en estudio.

Para la caracterización se utilizó la lista de descriptores publicada por Ezquinas-Alcazar y Gulick (IBPGR, 1983). El registro de la información en el campo se realizó cuando al menos el 50% de las plantas tenían floración. Los frutos se cosecharon cuando alcanzaron la madurez fisiológica y se almacenaron, previo al registro de la información, por al menos 6 semanas para asegurar que la semilla alcance su madurez fisiológica.

Resultados y discusión

Las características que más se utilizaron en el campo para clasificar plantas dentro de accesiones fueron forma, tamaño y color de los frutos. Se obtuvieron 114 subaccesiones de 51 accesiones analizadas. Se observaron 36 accesiones (70.6%) con variación dentro de ellas: 16 accesiones formaron 2 divisiones, 15 formaron 3 divisiones, 4 formaron 4 divisiones y la accesión 15050 formó 6 subaccesiones. Este resultado indica la variación que existe dentro de accesiones producto del sistema de reproducción alógama que caracteriza a esta especie.

En el Cuadro 1 se presentan las características cuantitativas promedio del fruto y de la semilla de 114 subaccesiones evaluadas hasta el momento. Las características de peso y longitud de fruto presentaron la mayor variación con coeficientes de variación (CV) de 59.4% y 49% respectivamente. De acuerdo a los valores mínimos y máximos se puede observar que se encuentran frutos pequeños de 327 g en promedio y grandes de más de 6 kilos de peso. Es importante señalar que estos son los promedios de 10 frutos evaluados por accesión pues se encontraron frutos de más de 12 kilogramos. Las características de longitud, ancho y grosor de la semilla presentaron la menor variación con coeficientes de 8.4%, 9.7% y 12.1% respectivamente, indicando que son características relativamente uniformes entre accesiones. No se ha realizado un análisis estadístico completo de toda la información debido a que parte de los materiales genéticos se están aún evaluando en el campo y otra parte está en proceso de digitar la información.

Cuadro 1. Valores mínimos, máximos, rangos, promedios, desviación estándar y coeficiente de variación de las características cuantitativas del fruto y la semilla de 114 subaccesiones de *Cucurbita moschata*.

Característica	Mínimo	Máximo	Rango	Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación (%)
Peso del fruto (g)	327.0	6725.3	6398.3	1951.9	1160.0	59.4
Longitud del fruto (cm)	6.5	55.0	48.5	22.1	10.8	49.0
Ancho del fruto (cm)	8.5	24.2	15.7	14.4	3.4	23.7
Longitud del pedúnculo (cm)	2.0	7.5	5.5	4.4	1.1	25.0
Grosor de cáscara (cm)	1.3	6.4	5.1	3.3	0.9	27.4
Grosor de pulpa (cm)	0.9	4.3	3.4	2.0	0.7	35.0
Diámetro de cavidad (cm)	5.5	16.3	10.8	9.4	2.2	23.4
Semillas por fruto	56	814	758	430.8	162.4	37.7
Longitud de semilla (mm)	12	18.5	6.5	15.4	1.3	8.4
Ancho de semilla (mm)	6.0	10.0	4.0	8.2	0.8	9.7
Grosor de semilla (mm)	2.0	4.3	2.3	3.3	0.4	12.1

Conclusiones

De 51 accesiones sembradas en el campo se presentó variación dentro de 36 accesiones generando un total de 114 subaccesiones evaluadas.

Las características de peso y longitud del fruto presentaron la más alta variación. Las características con más uniformidad entre accesiones fueron longitud, ancho y grosor de semilla.

La variación encontrada puede ser importante para los programas de mejoramiento genético y selección pues permite seleccionar genotipos para evaluación, de acuerdo a las necesidades agronómicas y de mercado. Se espera evaluar al menos 300 accesiones de *C. moschata* para utilización de la información y del germoplasma en programas de fitomejoramiento.

La caracterización de germoplasma permite conocer y valorar el recurso conservado, y hacerlo disponible para fortalecer los programas de investigación y desarrollo de la especie.

Literatura citada

Léon, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. IICA. Servicio Editorial, San José, Costa Rica. 445 p.

Lira, R. 1995 Estudios taxonómicos y ecogegráficos de las Cucurbitaceae latinoamericanas de importancia económica. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools. 9. International Plant Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy. 261p.

Lira, R., Montes, S. 1992 Cucúrbitas (*Cucurbita* spp.). *In*: Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Eds. J. E. Hernández y J. León. Colección FAO: Producción y protección vegetal No. 26. Jardín Botánico de Córdoba, España. pp: 61-75

IBPGR Secretariat, 1983. Genetic Resources of Cucurbitaceae, a global report. Eds. Esquinas-Alcazar, J.T. and Gulick, P.J. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy. 100p.

CARACTERIZACIÓN DE 97 ACCESIONES DE CHILE DE LA COLECCIÓN DEL CATIE

Antonio Mora, Carlos Astorga, Rodolfo Sánchez, Elkin Bustamante.

Unidad de Recursos Fitogenéticos, Area de Agricultura Ecológica

Abstract

The objective of this research was to characterized 97 accessions of *Capsicum sp* from the CATIEs germplasm collection by through agro-morphological characteristics. A total of 70 characters were evaluated and analyzed. The analysis obtained 10 groups with the 133 subaccesions by the Gower method and was verify by the X^2 test and show significance with the procedence country and specie. The discriminant value from 70 characters obtained a 46 with highest discriminant value, 32 qualitative (significance at 1% by X^2 test) and 8 quantitative characters were selected by the "D" Engels Index. The agro-morphological characterization permit to know the phenotipic variation and give value to the conserved germplasm and made avalible to the research programs.

Introducción

Las actividades de conservación y evaluación de germoplasma requieren de un constante monitoreo y de la aplicación de nuevas metodologías que permitan mejorar las condiciones de conservación y racionalizar el manejo para reducir el riesgo de perdida de material genético.

La caracterización de los recursos fitogenéticos proporciona la base para conocer los atributos que posee cada genotipo conservado. Con la información generada se fortalece el desarrollo de bases de datos útiles a los programas de fitomejoramiento y de desarrollo y promover el uso de estos recursos en la solución de los problemas que enfrenta la agricultura.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados preliminares de la caracterización de 97 accesiones de chile (*Capsicum* spp.) obtenidos dentro de las actividades del proyecto "Evaluation, Regeneration and Enhanced Database of Unique Genetic Resources from Meso-America" (CATIE/USDA[2]).

Metodología

A partir del mes de abril de 1997 se inició la preparación de los semilleros de chile. El establecimiento de la plantación en el campo se inició el 12 de junio de 1997 y continuó hasta octubre de 1998 cuando se realizó el transplante al campo del último grupo de accesiones.

La distancia de siembra entre surcos o lomillos fue de 1.5 metros y entre plantas de 1 metro para una densidad de siembra de 6667 plantas por hectárea; la distancia entre parcelas fue de 2 metros. El número de plantas por accesión fue variable (5 a 8) en función de la germinación y de la disponibilidad de semilla en la muestra original.

Se utilizó como base para la caracterización la lista de descriptores para *Capsicum* spp. publicada por IPGRI, AVRDC y CATIE (1995). La procedencia de los genotipos evaluados correspondió a 14 países; el 67.1% de las accesiones pertenecen a Costa Rica, Guatemala y México y el 32.9% a los 11 países restantes. En varios casos, se encontraron plantas con

[2] United States Deparment of Agriculture

características distintas dentro de una misma accesión por lo que estas plantas o grupos de plantas se evaluaron en forma independiente y se identificaron con el número original de la accesión más un sufijo, por lo general, una letra mayúscula. Al total de individuos obtenidos por la subdivisión de accesiones, más las accesiones sin clasificar o dividir, se les denomina como **subaccesiones**. Para el análisis de los datos de chile se usó el procedimiento "CLUSTER" de conglomerados del paquete estadístico SAS.

Resultados

Las características que más se utilizaron en el campo para separar o clasificar plantas dentro de las accesiones fueron forma y tamaño del fruto y en menor grado color y tamaño de hojas y color de la corola. Se obtuvieron o derivaron 133 subaccesiones de un total de 97 accesiones caracterizadas. En total se observaron 25 accesiones con plantas de características diferentes: 16 de estas accesiones formaron 2 divisiones, 8 formaron 3 divisiones y 1 accesión formó 4 divisiones. Los países que más variación presentaron dentro de accesiones fueron Guatemala y México. De Guatemala 9 accesiones (53%) originaron 25 subaccesiones y de México 6 accesiones (37.5%) dieron origen a 15 subaccesiones; esto indica la variación que presentan los materiales provenientes de estos países. En el caso de Costa Rica 5 accesiones (15.6%) se dividieron en 11 subaccesiones.
El resultado del agrupamiento de las accesiones obtenido con el método Gower (1967) mostró 10 grupos con las 133 subaccesiones analizadas.

La mayoría de las subdivisiones por accesión quedaron en el mismo grupo; para las accesiones 16067 (Costa Rica), 16268 (Guatemala), 11277 (Guatemala) y 8062 (México) las subaccesiones se distribuyeron en grupos distintos lo que muestra la variación dentro de estas accesiones.

Se realizó una prueba de χ^2 para verificar si los agrupamientos son afectados por el país de procedencia y por la especie encontrándose significancia en ambas pruebas. Las subaccesiones de Costa Rica concentraron su distribución en los grupos 3, 5 y 6 (78.9%), las de México en los grupos 4, 7 y 8 (84%), Guatemala en los grupos 6 y 7 (66.7%), Perú en los grupos 1, 9 y 10 (83.3%) y las 5 accesiones de Rusia quedaron en el grupo 3 confirmando la relación de la procedencia con los agrupamientos obtenidos. Esto es una indicación también de la variación que existe entre países o lugares de procedencia y la necesidad de contar con una adecuada representación genética de materiales provenientes de diferentes regiones.

La pungencia es una característica importante en la selección de los materiales para el mercado pues existe una demanda importante de materiales picantes por un lado y los totalmente dulces por otro. Los grupos 2 y 3 se caracterizaron por presentar tipos dulces siendo la mayoría de *Capsicum annuum*. Los frutos de *C. chinense* se conocen por ser muy picantes, esto se comprobó en este trabajo pues la mayoría de accesiones de esta especie, presentaron muy alta pungencia (valor 9). El grupo 4, con 10 de 11 individuos de *C. annuum*, se caracterizó por ser también picantes (pungencia 7) o muy picantes (pungencia 9). Los grupos 5 y 6 se caracterizaron por presentar la mayoría de las subaccesiones de la especie *C. frutescens*. Observando estos resultados se comprueba la tendencia al agrupamiento de acuerdo a la especie, sin embargo, las 12 subaccesiones de *C. chinense* se distribuyeron en 5 grupos mostrando la variabilidad de esta especie. Algunos genotipos no

se lograron identificar a nivel de especie por lo que se mantienen nombrados únicamente con el género (*Capsicum* spp.); la mayoría (57.6%) se ubicaron en los grupos 7 y 8.

El valor discriminante de los caracteres cualitativos se determinó mediante la prueba de χ^2. De los 46 caracteres analizados se detectó 32 de ellos con alta significancia (1%), 4 con significancia al 5% y solamente 10 no significativos. Las características cualitativas elegidas como más discriminantes entre estos grupos son: pubescencia del hipocótilo, posición de la flor, color de la corola, color de la mancha de la corola, color del filamento, forma del fruto, forma del fruto en la unión con el pedicelo, y pungencia del fruto. El valor discriminante de caracteres cuantitativos se determinó a través del índice "D" de Engels (1983) utilizando las medias de los grupos en las comparaciones múltiples de Duncan. Las principales características seleccionadas como discriminantes son: longitud de hoja madura, días a floración, longitud de corola, longitud de filamento, longitud del fruto, grosor de la pared del fruto, número de semillas por fruto, y diámetro de semillas.

En el Cuadro 1 se presentan los valores máximo y mínimo, promedio, desviación estándar y el coeficiente de variación (CV) para las características cuantitativas del fruto. Se puede observar que los caracteres menos variables fueron el diámetro de semilla y el número de lóculos por fruto con CV de 13 .5% y 20.8% respectivamente; en el caso del número de lóculos varió de 2 a 4 por fruto. El caracter más variables fue peso del fruto (CV de 154.1%) seguido del porcentaje de pedúnculo (CV 86.2%), ancho del fruto (CV 76.2%) y número de semillas por fruto (CV 72.8%). El valor máximo observado en el porcentaje de pedúnculo indica que existen frutos con una alta proporción de pedúnculo. En relación con la variable materia seca se observa, por el valor mínimo, que se presentan accesiones con frutos de alto contenido de agua.

Cuadro 1. Valores mínimos, máximos, rangos, promedios, desviación estándar y coeficiente de variación de las características cuantitativas del fruto. CATIE. 1999.

Característica	**Mínimo**	**Máximo**	**Rango**	**Promedio**	**Desviación estándar**	**Coeficiente de variación (%)**
Longitud del fruto (cm)*	0.7	22.5	21.8	5.5	3.2	58.2
Ancho del fruto (cm)	0.5	12.4	11.9	2.1	1.6	76.2
Peso del fruto (g)	0.1	104.9	104.8	13.3	20.5	154.1
Longitud del pedicelo (cm)	1.6	6.3	4.7	3.0	0.8	26.7
Grosor pared fruto (mm)*	0.2	7.8	7.6	2.2	1.1	50.0
Número de semillas*	9.1	260.0	250.9	69.4	50.5	72.8
Diámetro de semilla (mm)*	2.7	6.9	4.2	3.7	0.5	13.5
Número de lóculos	2.0	4.0	2.0	2.4	0.5	20.8
Porcentaje de pedúnculo	0.2	27.3	27.1	5.1	4.4	86.2
Materia seca (%)	2.4	62.9	60.5	13.8	8.1	58.7

*Características discriminantes

Conclusiones

Se encontraron plantas distintas dentro de 25 accesiones por lo que se dividieron en subaccesiones y se evaluaron independientemente. Se obtuvieron 133 subaccesiones de un total de 97 accesiones evaluadas.

El análisis estadístico realizado permitió la formación de 10 agrupamientos con las 133 subaccesiones evaluadas. Se identificaron 8 características cualitativas y 8 cuantitativas que más discriminaron entre grupos.

A través de la prueba de χ^2 se determinó que los grupos formados corresponden con el país de procedencia y con la especie.

Es posible la selección de genotipos por su alto valor en pungencia (muy picantes) principalmente en la especie *Capsicum chinense*.

Literatura citada

Engels, J. M. M. 1983 A systematic description of cacao clones. 1. The descriminative value of quantitative characteristics. Euphytica (Holanda) 32: 377-385

Esquivel, E. 1993 El ají picante: recomendaciones generales de cultivo. Sociedad de Apoyo a las Ciencias Agrícolas, Grupo de Investigación Científica Agrícola. Panamá. [sl] 62p.

Gower, J. 1967. A comparison of some methods of cluster analysis. Biometrics 23: 623-637

IPGRI, AVRDC and CATIE. 1995. Descriptors for Capsicum (*Capsicum* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; The Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Taiwan, and The Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 49p.

CONSERVACIÓN *IN SITU* DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) EN FINCAS DE AGRICULTORES, CAJAMARCA, PERÚ

Martha Liliana Hurtado[1], José Arze B.[2], Wilbert Phillips[3], Jeffrey Jones[4]
[1]Estudiante de Postgrado, CATIE,
[2]Unidad Recursos Fitogenéticos, Area Agricultura Ecológica
[3]Unidad de Biotecnología
[4]Unidad de Socioeconomía

Abstract

In Peru, activities related to develop agrodiversity *in situ* conservation strategies have been the focus of a variety of institutions. In 1995, CIAT, began to coordinate activities with national and non governmental organisations for the maintenance of bean genetic diversity on farms. In this sense, following an anthropological approach, the present study seeks to support this initiative continuing the research on the identification of the principal reasons for which the farmers conserve bean mixtures. As a result of interviews, it was identified that half of the farmers still cultivate mixtures, use different types of bean seeds and recognise agronomic advantages such as diseases resistance, good yields and precocity. However, there is a general trend in the group of farmer for abandon mixtures because other factors that influence their conservation, such as economical aspects, grain quality and seed availability. In this manner, the genetic homogenisation in beans is occurring through a selection process oriented by consumer criteria and related to aesthetic characteristics, like white grain colour and taste.

Key words: germoplasma, conservación, recursos fitogenéticos.

Introducción

La necesidad de incrementar los esfuerzos en la conservación *in situ* de recursos fitogenéticos es enfatizada en la Convención de Diversidad Biológica (CDB) y en la Agenda 21. La conservación *in situ* es una estrategia complementaria a los métodos *ex situ* para la conservación de biodiversidad. Los métodos *in situ* se han enfocado principalmente a conservar hábitats, ecosistemas y especies forestales, desarrollados principalmente a través de reservas forestales. Muy pocas acciones se han implementado para conservar cultivos y sus recursos genéticos relacionados, el mantenimiento de variedades y cultivares *in situ* puede ser componente esencial de un desarrollo agrícola, alternativo a sistemas de finca de altos insumos. (Iwanaga, 1995). En el ámbito mundial, algunos países han iniciado el desarrollo de estrategias sobre conservación *in situ* de agrodiversidad. En Cajamarca, Perú, organizaciones nacionales y no gubernamentales, han coordinado acciones para promover ferias de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). En 1995, CIAT aunó esfuerzos a este trabajo colaborativo, enfocándose a la conservación de diversidad genética de frijol en fincas de agricultores. En las primeras investigaciones, se observó que el agricultor parecía conservar esta diversidad como estrategia para enfrentar riesgos ambientales (Fujisaka y Hurtado, 1996, sin publicar). También se analizó que la conservación de la diversidad estaba asociada al mantenimiento de mezclas de semillas. La siembra de mezclas de semillas de frijol no es una práctica generalizada, y los estudios que existen al respecto provienen principalmente de Africa, donde se ha reportado que los agricultores manejan un promedio de 13 a 20 variedades. Algunos investigadores consideran las mezclas de semillas

como un gran y posiblemente único banco de variabilidad, mantenido bajo una larga y continua selección humana y ambiental. Martin y Adams (1987) sugieren la necesidad de evaluar los beneficios que podría ofrecer este germoplasma.

Metodología

Se encuestaron 53 agricultores, 70 % de los cuales ya habían sido visitados en 1995. Se caracterizaron los tipos de semilla sembrados por los agricultores en 1997. En el caso de mezclas se hizo una caracterización de los cultivares componentes. Para distinguir los morfotipos de frijol presentes en las mezclas, se utilizaron como criterios de diversidad: 1) hábito, (arbustivo o voluble); 2) tipo de grano (color, tamaño y forma)y 3) uso (frijol o ñuña -tipo de frijol que revienta al tostar-).

Se aplicó la técnica de Mancala para analizar el proceso de toma de decisiones (Montoya, 1993; Barker, 1979). Se preguntó a los agricultores por el tipo de semilla que preferían y las opciones que se presentaron a los agricultores fueron: siempre mezcla, frijol blanco, y en forma adicional, los tipos de semilla que usualmente sembraban.

Para determinar si entre 1994 y 1997 hubo cambios en el número de agricultores que sembraron mezclas, se utilizó la técnica de McNemar (Sokal y Rohlf, 1995)

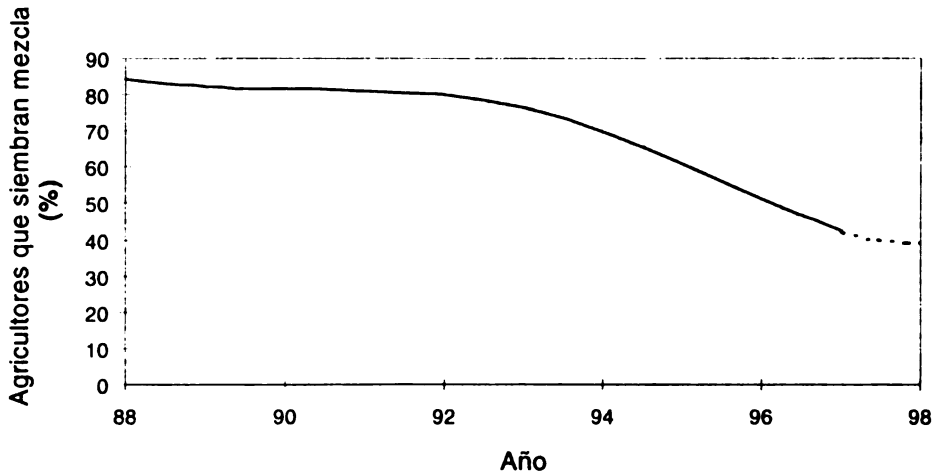
Resultados

Manejo de la semilla. Cerca de la mitad de los encuestados (48%) seleccionan la semilla, favoreciendo granos que usualmente son de interés comercial, como son los de tipos Blanco; frijoles para tostar como la Ñuña Pava; y el Gloriabamba, que es una variedad introducida y mejorada, Plomo o Bayo y también para consumo como el Huicapa. La quinta parte (20%) de los agricultores mantienen dos tipos de semilla: una seleccionada y otra que corresponde con los *pintados*. Finalmente, un 28% no hace ninguna selección de los *pintados* (que es como usualmente se llama a la mezcla).

Cosecha y uso. Las diferencias en duración que pueden existir en el ciclo productivo de los diferentes morfotipos fue considerado mas bien como una ventaja por los productores. Se encontraron muy pocos productores que conforman mezclas y para esto atienden más la selección de algunos tipos de granos y semillas sanas, que las proporciones. No se encontró relación entre destino de la producción y diversidad, es decir, que los agricultores que siembran para autoconsumo no necesariamente conservan mayor diversidad (P>X2c=.0,41 a 0.47).

Tendencias en el mantenimiento de la variabilidad. En 1998, se encontró un promedio de 15 morfotipos de frijol por agricultor. En los últimos tres años, el 40% de los productores mantuvo semilla no seleccionada; un 34% no sembró mezclas. Un 21% dejó de sembrar *pintados*. La Figura 1 muestra la evolución en la siembra de mezclas o *pintados*, representada por el porcentaje de agricultores que en los últimos 10 años se han mantenido sembrándolas, Se observa la tendencia a abandonar la siembra de mezclas.

Figura 1. Evolución en la siembra de mezclas por parte de los agricultores (n = 51) en Cajamarca, Perú, 1998*



*El segmento 97 – 98 (punteado), 16% de agricultores no decididos, se asumió, conforme a la tendencia que no sembrarán mezclas.

Resultados obtenidos mediante la técnica de Mancala. Un 87% de los productores descartaron las mezclas. Como parte de este grupo un 68% prefirió otro tipo de frijol, debido principalmente a su bajo precio y/o difícil venta, un 61% prefirió otra calidad de consumo, y una menor proporción de informantes hizo referencia a bajo rendimiento o no conocer la semilla de *pintados*. De otro lado, un 13% de los productores, prefirieron mezclas (no las descartaron). Un 67% de este tipo de agricultor aprecia los *pintados* por sus características morfoagronómicas, utilidad y deseable calidad para autoconsumo, y también un 50% dijo que la sembraba por que era la semilla de la cual disponían.

Discusión

La importancia de la diversidad de cultivares de frijol que aún se mantiene en la zona, radica no sólo en el uso actual (autoconsumo), sino también en el gran valor de uso potencial. Por el conocimiento relativo al manejo de mezclas (para la preparación de semilla, métodos de siembra, cosecha, almacenamiento) y por el uso que se da a los múltiples cultivares de frijol en la alimentación, es muy importante el papel que desempeña el agricultor en el mantenimiento y conservación del germoplasma.

En general, el mantenimiento de la semilla de los *pintados* no exige del agricultor un trabajo adicional para seleccionar los cultivares que conformarán la mezclas al momento de preparar la semilla, y corresponde quizá con la manera más sencilla de alistar el grano que será sembrado. En estos casos, el ambiente es el que ejercería la mayor selección sobre la semilla, favoreciendo sólo cultivares que logran adaptarse. Pareciera que de esa manera los componentes (cultivares de la mezcla) mas competitivos y sus proporciones, se van adecuando a las inesperadas y riesgosas condiciones que se presenten.

Además de los aspectos agronómicos, hay factores que inciden en mayor medida para que el agricultor decida mantener o descartar los *pintados*, referidos a aspectos de tipo económico, seguido por calidad de consumo y disponibilidad de semilla diversa.

Se observó incluso en aquellos productores que siembran para autoconsumo, la tendencia a homogeneizar genéticamente el germoplasma, mediante procesos de selección en los cuales se favorecen principalmente tipos de grano de interés comercial con mayor demanda y buen precio en el mercado. Se corroboró que el precio de las mezclas o *pintados* en el mercado, es la mitad de lo que puede costar el frijol blanco o ñuña seleccionada, y también que es difícil su comercialización.

Son importantes las actuales acciones institucionales, como ferias de las semillas y establecimietno de bancos locales de germoplasma, dirigidas: 1) a concientizar al productor sobre la importancia de la agrodiversidad que mantiene en sus fincas, 2) rescatar el conocimiento que aún queda sobre el manejo y uso de mezclas, así como de los diferentes cultivares, pues con esto se favorece su conservación, incentivando en primer término el consumo a nivel local. y 3) mejorar la disponibilidad de semilla diversa en las comunidades.

Referencias

Barker, D. 1979. Appropriate methodology: an example using a traditional african board game to measure farmers' attitudes and environmental images. IDS Bulletin 10(2)37-40

Fujisaka, S.; Hurtado, L. 1996. Understanding and conserving farmers' bean diversity: Cajamarca - Perú. Sin publicar.

Iwanaga, Masa. 1995. IPGRI strategy for *in situ* conservation of agricultural biodiversity. In: Engels, J.M.M. ed. *In situ* conservation and sustainable use of plant genetic resources for food and agriculture in developing countries. Seminario de DSE/ ATSAF/IPGRI (Mayo 2-4 de1995, Bonn-Rottgen, Alemania). Reporte. Roma, Italia, IPGRI; Feldafing, Alemania, DSE. P 13-26.

Martin, G.B; Adams, W. 1987a. Landraces of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in northern Malawi. I. Regional variation 41(2):190-203

CRIOCONSERVACIÓN DE ÁPICES DEL VÁSTAGO DE CAOBA (*SWIETENIA MACROPHYLLA*) CULTIVADOS *IN VITRO* USANDO LA TÉCNICA DE ENCAPSULACIÓN - DESHIDRATACIÓN

María Elena Aguilar, Luis Pérez, Karol Salazar
Unidad de Biotecnología, Area de Agricultura Ecológica

Abstract
The first results of the cryopreservation of mahogany using encapsulation-dehydration are presented. Shoot-tip survival (7%) after thawing was achieved when pregrowth for 3d in liquid medium with 0,5M sucrose was used, followed by 6 h of dehydration in the laminar flow. Cryopreservation of tissue-cultured tropical trees could be a realiable method for long – term preservation.

Introducción

La caoba (*Swietenia macrophylla* King) es una especie que se ha comercializado como una de las maderas más finas del mundo. Esta actividad se ha realizado mediante la explotación selectiva de los mejores individuos lo que ha promovido su deterioro en términos de recursos genéticos. Por lo tanto existe la necesidad de buscar nuevas alternativas de conservación para esta especie. La crioconservación constituye una estrategia de conservación a largo plazo de particular importancia para especies recalcitrantes o intermedias con problemas de almacenamiento. Estas técnicas pueden aplicarse sin aparente riesgo de inestabilidad genética, en un espacio mínimo y con menor labor de mantenimiento.

Pocos trabajos se han realizado en especies leñosas tropicales, todos ellos en Asia. Los japoneses han utilizado la técnica de encapsulación de ápices de *Cedrela odorata* y de otras especies forestales para ser almacenados *in vitro* a 12 y 25°C (Maruyama *et al*, 1997a). Han ensayado la técnica de vitrificación en agregados de yemas adventicias de *Guazuma crinita* y han obtenido tasas de sobrevivencia del 80% (Maruyama *et al*, 1997b).

La encapsulación - deshidratación es una nueva técnica simplificada la cual consiste en el encapsulamiento de los explantes en una matriz de alginato de calcio y la deshidratación de los mismos antes de la inmersión en nitrógeno líquido. Esta técnica permite la congelación de explantes de grandes dimensiones, como ápices de 5 mm y estados embrionales de 2 o 3 mm de longitud (Withers y Engelman, 1998). Con este trabajo pretendemos mostrar los resultados obtenidos hasta el momento en el desarrollo de la técnica de encapsulación - deshidratación de ápices de caoba.

Metodología

Material vegetal: Se utilizó ápices de 3-4 mm de longitud, provenientes de la multiplicación de brotes juveniles. El medio de cultivo básico utilizado en las diferentes etapas de la crioconservación está constituido por las sales minerales de Murashige y Skoog, 2.2uM de 2-iP y 3 % de sacarosa (Orellana, 1998).

Encapsulación-deshidratación de ápices : Se realizó diferentes curvas de deshidratación de las cápsulas de alginato en la campana de flujo laminar destinada para este estudio con el

objetivo de determinar las condiciones óptimas para lograr un contenido de agua del 20 % (óptimo estimado para la mayoría de las especies). Para esto se realizó el precultivo de las cápsulas en medio líquido con diferentes concentraciones de sacarosa (0.3 M - 0.5 M - 0.75 M), a diferentes tiempos de precultivo (0- 1 - 3 - 5 - 7 - 9 - 11 días) seguido de diferentes horas de deshidratación (0 - 0.5 - 1.0 - 1.5 - 2.0 - 2.5 - 3.0 - 3.5 - 4.0 - 4.5 - 5.0 - 5.5 -6.0 - 6.5 - 7.0 - 7.5 - 8.0 horas) en el flujo laminar. El contenido de agua de las cápsulas después de la deshidratación es determinado por la relación entre el peso de materia fresca (PMF) y el peso de materia seca (PMS), expresado en porcentaje (PMF - PMS/ PMF X 100).

Los ápices se aislaron y se cultivaron en medio semisólido a la oscuridad durante 24 horas para reducir el estrés producido durante la disección. El encapsulamiento se realizó con alginato de sodio al 3% y $CaCl_2$ a 0.1M. Los ápices encapsulados se colocaron en un precultivo de 3 días en medio líquido a diferentes concentraciones de sacarosa (0.3, 0.5 , 0.75M), en agitación constante. Posteriormente las cápsulas se deshidrataron durante 0 - 2 - 4 y 6 horas en el flujo laminar y se colocaron en los criotubos para su congelación a -196°C. Un día después se realizó el descongelamiento lento de los cultivos a la temperatura ambiental. La recuperación de los ápices crioconservados se realizó mediante su cultivo en cajas petri que contenían el medio básico semisólido y en condiciones de oscuridad durante una semana. Posteriormente, los cultivos fueron transferidos a medio fresco y colocados en un cuarto de cultivo bajo un fotoperíodo de 12 horas y una temperatura promedio de 27 ± 1 °C.

Resultados y discusión.

El éxito de la crioconservación puede estar estrechamente asociado con el tamaño del explante y su capacidad para reiniciar el crecimiento después de la congelación. Se observó que el 70% de los ápices de caoba de 3 a 4 mm de longitud fueron capaces de desarrollarse en plantas, comparado a sólo el 20% de los ápices de 2 mm. Aunque los ápices de gran tamaño presentan mayores probabilidades de reiniciar el crecimiento, también pueden ser más difíciles de deshidratar lo que reduce las probabilidades de sobrevivencia a la congelación. Escobar *et al* (1997) lograron porcentajes de recuperación del crecimiento de hasta el 64% después de la congelación de ápices de yuca de 1-2 mm de longitud comparado con ápices de 3-4 mm donde no hubo recuperación.

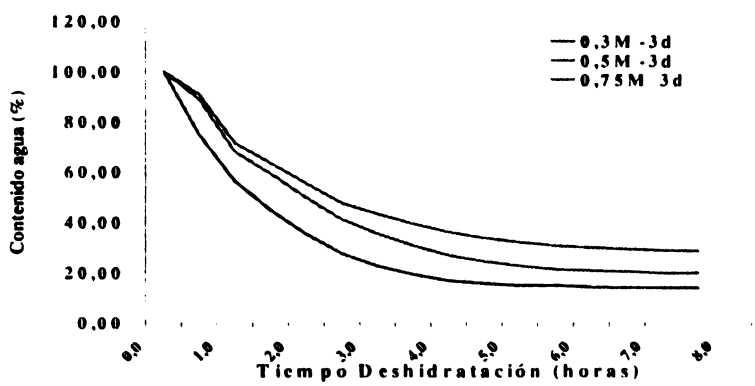


Figura 1. Curva testigo de deshidratación de las cápsulas de alginato de calcio en un precultivo de 3 días con diferentes concentraciones de sacarosa y diferentes tiempos de deshidratación en el flujo laminar.

La Figura 1 muestra la curva de deshidratación utilizada como referencia para seleccionar los tiempos experimentales de deshidratación de los ápices de caoba encapsulados. Se observa que el 20 % de contenido de agua de las cápsulas se alcanza en un período de 3.5-4.0 horas de deshidratación a 0.3 M de sacarosa; entre 5.5-7.5 horas a 0.5M, en tanto que para una concentración de 0.75 M se requiere más de 8 horas de deshidratación.

El Cuadro 1, resume los resultados de diferentes ensayos realizados con ápices de caoba encapsulados para determinar el contenido de agua óptimo a la congelación.

Cuadro 1. Efecto de la concentración de sacarosa en el medio de precultivo y el tiempo de deshidratación sobre el contenido de agua y viabilidad de los ápices encapsulados antes y después de la congelación en Nitrógeno líquido (-196°C).

Precultivo Sacarosa	Deshidratación (Horas)	Contenido de Agua (%)*	Sobrevivencia (%) - NL	+ NL
0.30 M	0	100±0.00	73.33	0
	2	51.47±6.11	95.0	0
	4	19.05±4.07	50.0	0
	6	17.30±3.38	13.33	0
0.50 M	0	100±0.00	93.33	0
	2	58.98±6.20	84.21	0
	4	40.58±6.91	50.0	0
	6	**27.13±6.33**	**20.0**	**7.0**
0.75 M	0	100±0.00	93.33	0
	2	60.04±9.37	70.0	0
	4	33.44±3.59	40.0	0
	6	34.23±1.39	13.33	0

*Los intervalos de confianza se calcularon con la Prueba de Z al 0.05
M: concentración molar, NL: Nitrógeno líquido

Como puede verse los contenidos de agua del explante encapsulado son similares a aquellos obtenidos en la curva de deshidratación testigo (Figura 1). A mayor deshidratación se reduce la viabilidad de los ápices no congelados en comparación con los ápices que sólo fueron tratados con el precultivo (0 horas de deshidratación). Sin embargo, una deshidratación óptima es necesaria para garantizar la recuperación del crecimiento después de la congelación.

En caña de azúcar la mayor sobrevivencia de ápices (67%) a la congelación se logró con un precultivo de 24 horas en 0.75 M de sacarosa (González-Arnao *et al*, 1996). Estos autores hacen referencia a la acción de la sacarosa, no sólo en la deshidratación osmótica, sino también porque ésta penetra a la célula en grandes cantidades y se ha demostrado que la adquisición de tolerancia a la congelación es asociada a la acumulación de azúcar y de almidón en el interior celular.

Los mejores resultados obtenidos en caoba hasta el momento indican que un precultivo de tres días con 0.5M de sacarosa y 6 horas de deshidratación permitió un 27% de contenido de agua en los ápices encapsulados y un 7% de sobrevivencia a la congelación en nitrógeno

líquido, después de 8 días de recuperación en la oscuridad. Según estos resultados las tasas de sobrevivencia pueden ser mejoradas, por un lado aumentando el tiempo de deshidratación, lo que se traduce en una reducción del contenido de agua congelable del explante, y por otro lado evaluando el efecto de diferentes tiempos de precultivo con sacarosa al 0.5 y 0.75 M.

Whiters y Engelmann (1998) consideran que el tiempo óptimo de deshidratación varía en función del tamaño del explante y su contenido de agua inicial, por lo que se dan rangos óptimos de 13 a 35 % dependiendo de las especies y de la naturaleza del explante.
En caña de azúcar el precultivo con altas concentraciones de sacarosa por si solo fue insuficiente para garantizar la viabilidad de los ápices crioconservados. De igual forma la deshidratación parcial hasta un 22% de contenido de agua en las cápsulas produjo el estado vitrificado no congelable pero no la sobrevivencia después de la crioconservación (González-Arnao *et al*, 1996). Estos autores sugieren que la estrategia más conveniente a seguir es la combinación de estas dos condiciones.

Conclusiones

El éxito de la crioconservación se traduce en la recuperación del crecimiento del material crioconservado. Los condiciones de crioconservación definidas hasta el momento para ápices de caoba (3 días de precultivo con 0.5M de sacarosa y 6 horas de deshidratación) constituyen una referencia necesaria para continuar las experimentaciones y obtener altas tasas de sobrevivencia a la congelación.

Literatura citada

Escobar, R.R.; Mafla, G.; Roca, W.M. 1997. A methodology for recovering cassava plants from shoot tips maintained in liquid nitrogen. Plant Cell Rep. 16:474.478.

Gonzalez-Arnao, T.; Moreira, T.; Urra, C. 1996. Importance of pregrowth with sucrose and vitrification for the cryopreservation of sugarcane apices using encapsulation-dehydration. Cryo.Letters 17:141-148.

Maruyama, E.; Kinoshita.I.; Ishii, K.; Ohba, K. 1997a. Germplasm conservation of the tropical forest trees, *Cedrela odorata* L., *Guazuma crinita* Mart., and *Jacaranda mimosaefolia* D. Don., by shoot tip encapsulation in calcium-alginate and storage at 12-25°C. Plant Cell Rep 16:393-396.

Maruyama, E.; Kinoshita.I.; Ishii, K.; Ohba, K.; Sakai, A. 1997b. Germplasm conservation of *Guazuma crinita*, a useful tree in the Peru-Amazon, by the cryopreservation of *in vitro*-cultured multiple bud clusters. Plant Cell, Tiss. Org.Cult. 48:161-165.

Orellana, M. 1998. Desarrollo de un sistema de cultivo *in vitro* para los explantes nodales de caoba (*Swietenia macrophylla* King). Tesis MAG. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 9Ap.

Withers, L.; Engelmann, F. 1998. In vitro Conservation of Plant Genetic Resources. In Altman, A. Agricultural Biotechnology. Marcel Dekker, INC. 57-87.

PLANT REGENERATION BY DIRECT SOWING OF *Coffea arabica* SOMATIC EMBRYOS MASS-PRODUCED IN A BIOREACTOR

Hervé Etienne , Benoît Bertrand, Nelly Vasquez ,
François Anthony, Dominique Etienne-Barry
Unidad de Biotecnología, Área de Agricultura Ecológica

Resumen
Con el objetivo de sembrar directamente en suelo embriones somáticos de *Coffea arabica* L., producidos masalmente en un bioreactor, con inmersión temporal (RITA®), se estudió el efecto de las condiciones de germinación sobre su morfología. La siembra directa mostró una conversión altamente exitosa de los embriones en plantas cuando se utiliza embriones germinados. Densidades superiores a 1,600 embriones/1l-biorreactor afectan positivamente la morfología del embrión provocando un importante alargamiento del eje embrionario (+4-5mm). A esta densidad, la utilización de una concentración elevada de sacarosa (234 mM) dos semanas antes la siembra, estimula una eficiente conversión de los embriones en plantas (78%) y un crecimiento vegetativo vigoroso de las plantas regeneradas. Además, la siembra directa reduce el tiempo de mano de obra a 13% y las áreas de cultivo *in vitro* a 6.3% con respecto a los valores obtenidos por el método de aclimatación convencional de plantas desarrolladas sobre medios gelificados.

Introduction

Due to its considerable multiplication potential, somatic embryogenesis constitutes the greatest possibility for large-scale clonal propagation of elite.The use of liquid media enables embryogenic tissue proliferation and mass production of somatic embryos in bioreactors or Erlenmeyer flasks of about twenty species, including coffee.

Unfortunately, problems with somatic embryo quality and the difficulty in extending embryo development beyond its torpedo stage in liquid medium have been reported for most of these species. To overcome these problems, manual selection of somatic embryos capable of germination and frequent subcultures are required to obtain plants. These laborious manipulations greatly increase the production costs which explain why somatic embryogenesis has never been applied on a commercial scale.

Fujii et al. (1989) and Lai and McKersie (1995) have shown with alfalfa that it is possible to sow somatic embryos produced on a gel medium directly in soil to obtain conversion into plants. Such successful germination of mature somatic embryos directly in soil can improve the cost-effectiveness of somatic embryogenesis as a means for plant production, since the two most expensive stages of the process, *in vitro* germination and acclimatization, could be avoided. Embryo production in a liquid medium would bring further improvements to this technique.

The present series of studies was designed to: 1) define culture conditions in a temporary immersion bioreactor allowing direct sowing of *C. arabica* somatic embryos in soil and 2) determine the effects of such culture conditions on the rate of embryo-to-plant conversion and subsequent vegetative growth of these plants.

Metodology

Plant material and culture conditions

A high frequency somatic embryogenesis procedure was applied to selected *C. arabica* F1 hybrids obtained from crosses between varieties cultivated in Central America and semi-wild trees originating in Ethiopia or Sudan (Bertrand et al. 1997). The Caturra x Ethiopian E531 hybrid was used in all experiments.

A temporary immersion culture system, the RITA®11-bioreactor (Teisson and Alvard, 1995) was used for the entire regeneration phase using embryogenic suspensions. Conditions for embryos production in this bioreactor and direct sowing were described by Etienne-Barry *et al.* (1999).

Experiments

In expt. 1, the objective was to describe the different morphological stages observed in the bioreactor and the plant conversion efficiency under horticultural conditions, after 2 and 5 months of germination at a culture density of approximately 1,000 to 3,000 embryos per bioreactor.

In expt. 2, the objective was to compare morphology and sowing efficiency of somatic embryos cultivated at the following densities: 50; 200; 400; 800; 1,600; 3,200 and 12,000 embryos/bioreactor.

In expt. 3, the effect of enriching the germination medium with sucrose before direct sowing was studied. A 2-week subculture was implemented to test two sucrose concentrations (117 and 234 mM) maintaining the culture density at 1,600 embryos/bioreactor or reducing the density to 160 embryos/bioreactor.

In expt. 4, a test was conduced to compare the efficiency of direct sowing of somatic embryos produced in bioreactors and acclimatization of plantlets produced conventionally on a gel medium

In experiment 5, plant growth obtained either by direct somatic embryo sowing or from sown seeds was compared after nine months in the nursery.

Results and Discussion

Expt 1: Effect of germination stages obtained in a bioreactor on the success rate of direct sowing. Successful germination of mass-cultured coffee somatic embryos was obtained in the temporary immersion bioreactor. Three morphological stages were determined: the "torpedo-shaped", the "germinated" and the "plantlet". When somatic embryos at the torpedo-shaped stage were sown directly in soil in the nursery, only 10% converted themselves into plants. Approximately, 40% of acclimatizated plants were obtained using the germinated and plantlet *in vitro* stages. The germinated stage was more suitable for sowing because it was obtained more rapidly and in larger quantities. A high plant mortality was registered after acclimatization of the plantlet stage. In fact, sowing of germinated embryos is less difficult than the acclimatization of plantlets whose roots and leaves frequently present physiological problems.

Experiment 2: Effect of culture density during germination on somatic embryo morphology and sowing success.

Culture density during germination in the bioreactor strongly affected embryo development. At the highest density (12,000 embryos/bioreactor), the embryos did not progress beyond the torpedo-shaped stage. At intermediate densities, both torpedo-shaped and germinated stages were observed concomitantly. At low densities (fewer than 400 embryos/bioreactor), embryos had expended cotyledons (5 to 12mm) and short embryonic axes were obtained, whereas at high densities (above 1,600 embryos/bioreactor), embryos with smaller cotyledons (<5 mm), significantly longer embryonic axes and higher fresh weight were obtained.

The best density was 1,600 embryos/bioreactor. The embryos cultured at this showed ay, a high rate of conversion into plants in soil and the highest growth after 3 months in the nursery.The analysis of variance revealed a highly significant density effect regarding embryonic axes length, fresh weight and plant size after 3 months in the nursery ($p=0.0001$ for all three parameters). A correlation coefficient matrix analysis showed a strong correlation between the axes length of germinated embryos and plant size after 3 months in the nursery ($R^2= 0.95$, df=5).

Major physical constraints, resulting from the use of high culture densities, greatly affected embryo morphology during germination in the bioreactor. The present results show that the morphology of the germinated embryos strongly influences plant conversion efficiency under soil conditions and subsequent plant growth.

Experiment 3: Effect of sucrose concentration in the germination medium.

Exposing somatic embryos to a high sucrose concentration in the germination medium results in strong positive effects on their conversion into plants in the horticultural substrate and on the subsequent growth of the plants. 78% of the germinated embryos rapidly developed into plants once in soil. A high sucrose concentration, combined with a high culture density, led to an increase of germinated embryos and an enhanced elongation of their embryonic axes. Similar results have been reported for alfalfa (Lai and McKersie 1995), with an immersion in a solution of sucrose and mineral salts prior to germination that greatly enhanced the conversion into plants and the vigor of seedling from somatic embryos.

It is interesting to observe that high sucrose concentrations are not usually utilized during germination. Indeed, for several species, high sucrose levels and/or abscisic acid are utilized before germination to reproduce the maturation events observed in the seeds.

Under the culture conditions used in this study, by merely controlling culture density and sucrose concentration, it was possible to obtain a high frequency (66%) of embryos all at the same developmental stage. Such synchronised development is essential for successful direct sowing and, more generally, for mass propagation. In the present study, this synchronisation was obtained without manual selection or sieving, methods that are routinely used with liquid medium procedures).

Experiment 4: Comparison of efficiency between direct sowing of somatic embryos and conventional acclimatization of plants produced on a gel medium.

Direct sowing of somatic embryos significantly reduced the time of *in vitro* culture by 3 months without adversely affecting somatic embryo conversion into plants. Furthermore, handling time was reduced to 6,3% of that required for plant production on a gel medium

and acclimatization. This is mostly due to a substantial reduction in the time devoted to transfers by using a liquid medium. Moreover, shelving requirements decreased to 13% of the area needed with culture on a gel medium. Sown somatic embryos developed just as quickly as plantlets with 2 to 4 pairs of leaves produced conventionally on a gel medium.
By directly sowing embryos produced in a bioreactor, it is possible to avoid the *in vitro* plantlet production stage, which is the most labor-intensive and expensive aspect of somatic embryogenesis procedures. Therefore, it is reasonable to expect major economic gains, since labour and shelving area usually represent 70% and 10% of the micropropagation costs (Donnan 1990).

Experiment 5: Growth comparison of plants obtained by direct sowing of somatic embryos or from seeds
After 9 months of growth in the horticultural substrate, development of plants obtained by direct sowing of somatic embryos was similar to that of plants from seeds. The length and fresh weight of roots or plants were not significantly different.

There are two ways of reducing production costs generated by handling *in vitro* explants during the last steps of somatic embryogenesis for achieving successful mass propagation: 1) production of artificial seeds that are inexpensive, storable and directly sowable into the field; and 2) production of somatic embryos or young plants in a liquid medium that can be transferred directly to the greenhouse or the nursery. The present study was devoted to exploring the second alternative. This work shows that conditions under which germination is realized in a temporary immersion bioreactor are decisive to obtain plant regeneration after direct sowing of somatic embryos in the nursery. Successfully achieved with a woody plant, direct sowing of uncoated somatic embryos produced in a temporary immersion bioreactor, represents an alternative to the production of artificial seeds and could provide an economically valid solution for many species.

References

Bertrand B, Aguilar G, Santacreo R, Anthony F, Etienne H, Eskes A B, Charrier A (1997) Comportement d'hybrides F1 de *Coffea arabica* pour la vigueur, la production et la fertilité en Amérique Centrale. In: 17th International Scientific Colloquium on Coffee, Kenya, Nairobi. ASIC (ed), Vevey, Switzerland, pp 457-465

Donnan A (1990) Determining and minimizing production costs. In: Zimmerman RH, Griesbach RJ, Hammerschlag RA, Lawson RH (eds) Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture. Tissue Culture as a Plant Production System for Horticultural Crops. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp 167-173

Etienne-Barry D, Bertrand B, Vasquez N, Etienne H (1999) Direct sowing *of Coffea arabica* somatic embryos mass-produced in a bioreactor and regeneration of plants. Plant Cell Reports (in press).

Fujii JA, Slade D, Redenbaugh K (1989). Maturation and greenhouse planting of alfalfa artificial seeds. In Vitro Cell Dev Biol 25:1179-1182

Lai FM, McKersie BD (1995) Germination of alfalfa (*Medica sativa* L.) seed and dessicated somatic embryos. II. Effect of nutrient supplements. J. Plant Physiol. 146:731-735.

Teisson C, Alvard D (1995) A new concept of plant *in vitro* cultivation liquid medium: temporary immersion. In: Terzi M, Cella R, Falavigna A (eds.) Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands (Current Issues in Plant Molecular and Cellular Biology, Vol 22, pp 105-110)

MARCADORES MOLECULARES COMO HERRAMIENTA PARA LA CARACTERIZACION Y MEJORAMIENTO GENETICO DE PLANTAS

Wilbert Phillips Mora
Unidad de Biotecnología, Area de Agricultura Ecológica

Abstract
Efficient utilization of genetic resources of plants depends on their adequate characterization. Traditionally, this characterization has been made using phenotypic traits, which have helped to differentiate various genotypes, but not always in an accurate way because they are affected by environmental effects. DNA markers that are no subjected to these influences, provide an opportunity to examine and describe more precisely the genotypes and their relationships at a genetic level. During last two years, molecular markers have been used in CATIE for studies on different species such as, *Pachyrhizus tuberosus* (yam bean), *Theobroma cacao (cocoa)*, and *Swietenia macrophyla* (mahogany). Studies on *Quasia amara (quasia)* have also started this year. The obtained information is useful to improve organization and utilization of germplasm collections, to design future collection strategies, and to organize better the improvement programs of these species.

Introducción

Durante siglos, el ser humano ha tratado de mejorar selectivamente plantas y animales para producir nuevas formas útiles al hombre, sin embargo, el mejoramiento convencional es un proceso muy lento y las técnicas usadas han estado confinadas a organismos que pueden cruzarse exitosamente (Brock *et al.* 1994).

En plantas, la caracterización, selección y mejoramiento de los individuos se ha hecho tradicionalmente, usando la expresión fenotípica de los caracteres, sin embargo, la eficiencia de la selección basada en este tipo de ensayos se ha visto reducida entre otras causas, por el efecto que tiene el ambiente sobre las características evaluadas (CIMMYT 1996).

Los marcadores de ADN han abierto nuevas posibilidades para el conocimiento de los genotipos a un nivel antes inimaginado, permitiendo examinar y describir directamente su contenido genético sin influencia de factores ambientales (Powell 1992). Los marcadores moleculares son fenotípicamente neutros y presentan una mayor segregación o polimorfismos que los marcadores morfológicos (Tanksley 1993). Pueden ser evaluados desde que la planta está en sus primeros estados de desarrollo, usando toda o una parte de ella (Powell 1992). Aparentemente están libres de efectos epistáticos y virtualmente se puede evaluar un número ilimitado de ellos, o sea, teóricamente permitirían analizar todo el genoma de un individuo.

En sentido amplio, un marcador molecular es cualquier característica química o molecular medible, que es heredada según un modelo mendeliano simple (Walton 1993). Se incluye aquí, tanto a los marcadores de ADN como a aquellos que analizan los productos inmediatos del ADN, que son las proteínas (principalmente las isoenzimas). En sentido más restringido, los marcadores moleculares son segmentos de ADN que se consideran como marcas o puntos de referencia para el análisis del genoma, los cuales pueden ser generados y visualizados

siguiendo procedimientos específicos. Estos segmentos usualmente representan variantes o sitios polimórficos que pueden ser identificados empleando estrategias generales tales como hibridación molecular, o amplificación enzimática del ADN (Caetano-Anollis 1993).

Los marcadores son obtenidos mediante procedimientos de laboratorio que permiten generar a partir del ADN, pequeñas bandas o fragmentos, que se hacen visibles usando diferentes vías, como la tinción con bromuro de etidio y su posterior visualización con luz ultravioleta o la marcación con isótopos radioactivos visualizados mediante radiografías. Es posible distinguir a cada individuo, por patrones determinados de fragmentos que reflejan su contenido genético. Cuando un mismo fragmento está presente en uno de un individuo pero ausente en otro, se dice que estamos en presencia de un polimorfismo de ADN. A mayor cantidad de polimorfismos, mayor separación genética habrá entre dos individuos determinados, pudiendose cuantificar y analizar estadísticamente las diferencias obtenidas entre individuos o entre grupos de individuos.

En síntesis, los marcadores moleculares son útiles para: caracterización e identificar plantas, animales y microorganismos, en estudios filogenéticos y taxonómicos, verificar cultivares, definir grupos genéticos y distancias genéticas entre individuos y entre grupos, determinar la pureza de semillas híbridas, seleccionar individuos con características deseables, construir mapas de ligamiento genético y determinar los QTL. En el área de los recursos genéticos y la biodiversidad, son muy útiles además, para cuantificar la diversidad genética, para eliminar duplicados en las colecciones, para el diseño de estrategias de colecta y conservación de germoplasma, y en la definición de "colecciones núcleo" (Haines 1994, Karp *et al* 1997).

Investigaciones realizadas en CATIE.

Para las investigaciones en el CATIE se utiliza la técnica RAPD ("Random Amplified Polymorphic DNA"), la cual fue originalmente descrita en 1990 por dos grupos independientes de investigadores (Williams *et al.* 1990, Welsh y McClelland 1990). En los últimos años esta técnica se ha popularizado porque carece de las desventajas de otras técnicas como el uso de radioactividad y el costo, y permite generar datos en foma rápida y relativamente barata. El procedimiento consiste en esencia, en usar el ADN extraido de la planta a manera de patrón, para producir gran cantidad de copias de pequeños segmentos del ADN en estudio (amplificación). De cada planta se obtienen diferentes fragmentos, que son separados usando electroforesis en agarosa y visualizados con luz ultravioleta. Normalmente se pueden obtener varios fragmentos por cada individuo analizado, los cuales se ubican en una línea recta de acuerdo con su peso. Con sólo variar uno de los componentes que participa en el proceso (denominado "primer"), se puede obtener un nuevo patrón para cada individuo. El análisis estadístico se realiza a partir de la información generado por la presencia o ausencia de bandas polimórficas.

A continuación se indican las principales investigaciones realizadas en el CATIE en los últimos dos años, las cuales pueden ser consultadas con más detalle en los resumenes incluidos en estas memorias:

- Estudio de la variabilidad genética a escala molecular y cuantitativa de seis procedencias de caoba (*Swietenia macrophyla*) del área de centroamérica y México. Váquez, S., Phillips, W, Navarro, C., Cornellius, J.

- Evaluación de la diversidad genética de la colección de jícama *Pachyrhizus tuberosus* (lam.) spreng. del CATIE usando caracteres morfologicos y moleculares. Tapia, C., Phillips, W., Pérez, J.

- Análisis de la resistencia a Phytophthora palmivora (Butl.) Butl. en cacao usando QTL. Phillips, W., Crouzillat, D.

Adicionalmente, el año pasado se iniciaron investigaciones para definir una estrategia de extracción de ADN en *Quassia amara*, que permitirá realizar este año un análisis de la diversidad genética de la especie en Centroamérica. Al igual que en las investigaciones con caoba y jícama, se caracterizarán los genotipos molecularmente y fenotípicamente, tratando de buscar correlaciones entre ambos grupos de información.

Es importante resaltar que los trabajos se han realizado en coordinación con diferentes contrapartes dentro del CATIE, como son la Escuela de Posgrado, la Sub-Unidad de Recursos Genéticos, el Proyecto Olafo y el Proyecto de Mejoramiento Genético Forestal. Se ha contado también con la valiosa colaboración de la Sub-Unidad de Estadística para el análisis de la información.

Literatura citada

Brock, T.; Madigan, M.T.; Martinko, J.M.; Parker, J. 1994. Biology of microorganisms. Prentice, New Jersey.

Caetano-Anollis, G. 1993. Amplifying DNA with arbitrary oligonucleotide primers. In PCR Methods and applications. Cold Spring Harbor Laboratory. pp 85-94.

CIMMYT. 1996. Molecular marker applications to plant breeding. CIMMYT, México. p.irr.

Haines, R. 1994. Biotechnology in forest tree improvement with special reference to developing countries. Rome, FAO. pp.41-67.

Karp, A.; Kresovich, S.; Bhat, K.V.; Ayad, W.G., and Hodgkin, T. 1997. Molecular tools in plant genetic resources conservation: a guide to the technologies. IPGRI Technical Bulletin N°2. 47 p.

Phillips-Mora, W.; Rodrìguez, H.; Fritz, P.J. 1995. Marcadores de ADN: teorìa, aplicaciones y protocolos de trabajo. Serie Tècnica. Informe Tècnico / CATIE no.252. 183 p.

Powell, W. 1992. Plant genomes, gene markers, and linkage maps. *In* Moss, J.P., ed. Biotechnology and crop improvement in Asia. Patancheru, India, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. pp.297-322.

Tanksley, S.D. 1993. Mapping Polygenes. Ann. Rev. Genet. 27:205-233.

Walton, M. 1993. Molecular Markers: which ones to use. Seed World. pp:22-29.

Welsh, J.; McClelland, M. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. Nuclei Acids Res. 18:7213-7218.

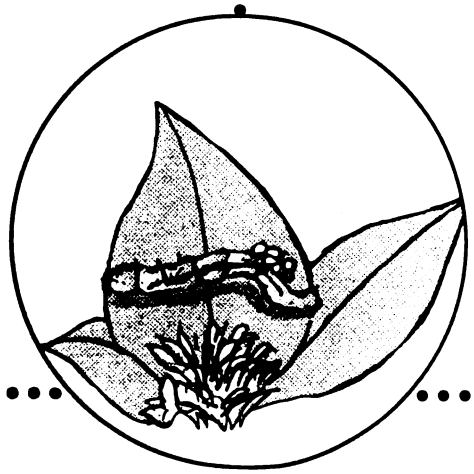
Williams, J.G.K. et al. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nuclei Acids Res. 18:6531-6535.

LINEAS DE INVESTIGACION DE CATIE

CATIE RESEARCH LINES

- Línea 2: Manejo integrado de plagas en sistemas agroforestales y forestales.

- *Line 2: Integrated pest management in agroforestry and forestry systems.*



COBERTURAS VIVAS PARA EL MANEJO DE MALEZAS E INSECTOS, DENTRO DE SISTEMAS AGRICOLAS SOSTENIBLES

Luko Hilje[1], Arnoldo Merayo[1] y Francisco Fonseca[1]
[1]Unidad de Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica, CATIE

Abstract
Living mulches for managing weeds and insects within sustainable agricultural systems. CATIE's experiences on the use of living mulches for managing weeds and insects include research on 20 plant species, especially leguminous ones. They were tested for both perennial (cacao, peach palm, plantains, and coffee) and annual crops (corn and tomatoes). Some mulches offer a good potential for developing sustainable agricultural systems, since they are effective in suppressing weeds or decimating insect pests, and provide satisfactory economic returns. Perennial peanuts (*Arachis pintoi*) associated with several crops, and mucuna (*Mucuna deeringiana*) in corn, have withstood in providing good yields and economic returns. There are also disadvantages with particular species, because of their slow rate and high costs of establishment, as well as their competitive interactions with the crops, that deserve further research.

Introducción

Los agricultores habitualmente emplean prácticas agrícolas o "culturales", como parte de sus sistemas de producción. Dichas prácticas son adecuadas para sus propósitos, pero en general no están orientadas hacia el manejo de plagas. No obstante, a veces basta con modificarlas levemente para que contribuyan a disminuir los problemas de plagas. Una de estas prácticas son las coberturas vivas, mediante las cuales se trata de incorporar en el sistema productivo una o más especies que, por su naturaleza, aporten efectos compensatorios a los problemas intrínsecos de los monocultivos convencionales.

En la búsqueda de opciones ante la crisis del modelo convencional de producción agrícola, que es muy dependiente de insumos externos (plaguicidas y fertilizantes), lo cual lo hace poco viable económica y ambientalmente, la utilización de coberturas vivas es una valiosa táctica para el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles, por lo que en años recientes han sido objeto de investigación en varias instituciones en las zonas neotropicales, entre las que figura el CATIE.

Logros del CATIE

Los aportes del CATIE se asocian con los esfuerzos de generación de tecnologías de manejo integrado de plagas (MIP). El propósito de este documento es sintetizar dichos aportes, los cuales incluyen la evaluación de coberturas vivas tanto en cultivos perennes como en anuales, en relación con el manejo de malezas e insectos. En algunos casos se trata de investigaciones exploratorias, de corto plazo, a través de tesis y, en otros, de proyectos formales de investigación, de mayor alcance.

Cultivos perennes. Los resultados incluyen los siguientes cuatro cultivos: cacao (*Theobroma cacao*), pejibaye (*Bactris gasipaes*), plátano (*Musa* AAB grupo, subgrupo plátano) y café (*Coffea arabica*).

Cacao y pejibaye para palmito. Se evaluó la capacidad de adaptación, desarrollo y la habilidad de ocho especies de leguminosas para controlar malezas durante el establecimiento de ambos cultivos, en la zona Atlántica de Costa Rica (Domínguez 1990, Domínguez y de la Cruz 1990). Dichas especies fueron: maní forrajero (*Arachis pintoi*), *Centrosema acutifolium*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens*, *Desmodium ovalifolium*, *Pueraria montana*, kudzú (*P. phaseoloides*) y pica-pia lisa (*Styzolobium deeringianum= Mucuna deeringiana*). En el caso del cacao, las especies con mejor adaptación y eficiencia para controlar malezas fueron *P. montana*, *S. deeringianum* y *A. pintoi*; no obstante, las que tienen hábito trepador (*P. montana*, pica-pica lisa y kudzú) fueron muy agresivas para el cacao, por lo que se requiere cortar manualmente las guías al menos cada dos meses. En el caso del pejibaye, *C. pubescens* fue la que mostró el mayor índice de adaptación y mayor capacidad para suprimir malezas.

Plátano. Se estudió la capacidad de adaptación y crecimiento de nueve leguminosas para el manejo de malezas durante el establecimiento del cultivo, en Turrialba, Costa Rica (Sánchez 1993). Las especies fueron: maní forrajero, kudzú, canavalia (*Canavalia ensiformis*), *C. macrocarpum*, *C. pubescens*, *D. ovalifolium*, *Mucuna pruriens*, *Neonotonia wightii* y *Vigna unguiculata*. Se determinó que, por su persistencia y crecimiento sostenido, el maní forrajero, kudzú, *D. ovalifolium*, *C. pubescens* y *C. macrocarpum* podrían utilizarse como coberturas vivas durante el establecimiento del cultivo del plátano.

Café. En este cultivo se han evaluado varios aspectos, en la zona Atlántica de Costa Rica. En un caso se estudió la capacidad de establecimiento y la habilidad competitiva del maní forrajero, *D. ovalifolium* y cucaracho (*Zebrina* spp., Commelinaceae) para el manejo de malezas en el cultivo (Vallejos 1993), mientras que en otro se evaluó la capacidad de establecimiento de seis coberturas vivas en una plantación nueva y se determinó su impacto sobre el rendimiento del cultivo (García *et al.* 1997); dichas coberturas fueron cinco leguminosas, maní forrajero, *C. macrocarpum*, *C. pubescens*, *Crotalaria spectabilis* y *D. ovalifolium*, así como el cinquillo (*Drymaria cordata*, Caryophyllaceae).

Vallejos (1993) determinó que las especies con mayor capacidad de establecimiento fueron *D. ovalifolium* y *A. pintoi*, y que en la cobertura de *A. pintoi* se obtuvo el menor porcentaje de agallamiento por nematodos de la raíz de café. Por su parte, García *et al.* (1997) hallaron que durante el primer año del cultivo, las coberturas de *A. pintoi*, *D. cordata* y *C. macrocarpum* fueron eficaces en el control de las malezas, cuy área de cobertura casi siempre fue inferior al 20%; no obstante, las coberturas redujeron el volumen y el peso de la cosecha en el segundo año.

En la zona Pacífica de Nicaragua (Managua y Carazo), se seleccionaron el maní forrajero y *D. ovalifolium*, para ser evaluadas en el control de malezas y la protección del suelo, debido a su crecimiento rastrero (Staver 1993). Ambas mostraron un excelente control de malezas, en comparación con el manejo convencional del productor; la primera cobertura ofreció protección completa del suelo durante todo el año, mientras que la segunda no se recuperó

completamente después de la segunda estación seca. Además, se incorporó el maní forrajero dentro de varios sistemas de manejo de malezas, y se determinó que aquellos sistemas en los que se incluyó dicha especies tuvieron altos costos inicialmente, para la siembra, y ocuparon 2-4 veces más mano de obra que los otros sistemas.

Cultivos anuales. Los resultados incluyen al maíz (*Zea mays*) y al tomate (*Lycopersicon esculentum*).

Maíz. En este cultivo, los estudios sobre coberturas se han orientado hacia el manejo de la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), que es una maleza de amplia distribución en Centro y Sudamérica y el Caribe. En la región de Guanacaste, Costa Rica, se han evaluado las siguientes coberturas, para la supresión de dicha maleza: maní forrajero, canavalia, kudzú, mucuna (*Mucuna deeringiana*), *Centrosema acutifolium*, *C. brasiliensis*, *C. pubescens*, *Desmodium ovalifolium*, *Dolichos lablab*, *Neonotonia wightii*, *Stylosanthes hamata* y *Vigna unguiculata* (Merayo *et al.* 1997).

Los resultados obtenidos permiten proponer un sistema de manejo integrado de la caminadora basado en la combinación de cero labranza, control químico (con un herbicida preemergente, como la pendimetalina) y el control físico o químico durante el período de barbecho. Además, se seleccionó a la mucuna para sembrarse en forma intercalada con el maíz, debido a su rápido cubrimiento del suelo y a la fuerte supresión de la caminadora. En parcelas de validación en campos de agricultores, bajo este sistema de manejo se ha logrado reducir la densidad de dicha maleza, de 100 plantas/m^2, en el primer año, a <5 plantas/m^2, después de cinco ciclos de siembra; además, la cantidad de semillas de caminadora viables en el suelo se logró reducir, de 4,93 a 0,53 semillas/kg suelo (hasta 10 cm de profundidad), para el segundo año. Asimismo, los rendimientos en dichas parcelas por lo general han sido un 30% más altos que los obtenidos normalmente por el agricultor, aunque esto se debe al conjunto de labores dentro de las parcelas y no solamente a la mucuna.

Los beneficios económicos de la mucuna pueden reflejarse más fácilmente al comparar este sistema con el de un agricultor muy dependiente del uso de herbicidas. La aplicación localizada que puede necesitarse en una parcela con mucuna contrasta notablemente con las tres o más aplicaciones requeridas para mantener el cultivo sin la caminadora durante la temporada del cultivo y hasta antes de la cosecha; este manejo químico no impide la reinfestación del terreno con altas cantidades de semillas provenientes de plantas de la caminadora nacidas en forma tardía. En el sistema convencional del agricultor, los herbicidas representan entre 60-85% de los costos por manejo de malezas, mientras que en una sistema con mucuna este rubro podría reducirse a un 15%.

Sin embargo, la dificultad para que este tipo de agricultor adopte esta tecnología radica en su poca disponibilidad de fuerza de trabajo, pues el sistema con mucuna demanda 3-4 veces más fuerza de trabajo. Los mejores candidatos para adoptarla serían aquellos agricultores que combaten las malezas con chapeas, pues la mucuna les representa un ahorro de fuerza de trabajo, que puede ser hasta casi la mitad, y con un mejor control de la caminadora. El establecimiento de la cobertura, así como las labores de mantenimiento posteriores, como la corta de las "guías", implican mano de obra adicional; sin embargo, dicha corta requiere un esfuerzo similar al de hacer una aplicación de herbicida con una aspersora de mochila, y

muy inferior al de una chapea. La siembra de la cobertura equivale a una chapea de maleza. Para los agricultores que solo hacen chapeas, el empleo de mucuna significa un ahorro de fuerza de trabajo y un mejor control de la maleza. En síntesis, en estas parcelas se ha demostrado la eficacia del sistema propuesto y su viabilidad económica.

Tomate. En este cultivo, las investigaciones sobre coberturas se han concentrado en el manejo de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), que es un importante vector de geminivirus en el tomate y otros cultivos en todas las zonas tropicales del mundo. En Turrialba, especialmente, aunque también en Alajuela, Costa Rica, se han evaluado varias coberturas vivas, incluyendo dos leguminosas (maní forrajero y pica-pica lisa) y al cinquillo, las cuales posiblemente enmascaran al cultivo, dificultando su localización por parte del vector. Se recomienda su utilización durante el primer mes después del trasplante del tomate, como complemento de la protección de las plántulas con malla fina durante la fase de semillero.

Se ha demostrado que estas coberturas disminuyen la abundancia de adultos de *B. tabaci*, la incidencia y severidad del moteado amarillo del tomate (ToYMoV), y mejoran los rendimientos (Amador y Hilje 1993, Blanco y Hilje 1995, Cubillo *et al.* 1999); dichos rendimientos pueden ser de hasta 27 t/ha en cinquillo, con beneficios netos de hasta US$ 16.700/ha. Para superar la desventaja que representa su establecimiento lento, se ha evaluado el culantro (*Coriandrum sativum*, Umbelliferae) como cobertura, con resultados positivos; en Turrialba ha aportado beneficios netos de hasta US$ 17.200/ha, los cuales pueden incrementarse mucho (US$ 25.440 /ha) al vender el culantro. Ellas ofrecen ciertas ventajas, especialmente para pequeños productores: menor costo, fácil disponibilidad, nula contaminación ambiental al eliminarlas, el aporte de materia orgánica o nutrimentos al suelo, e ingresos adicionales por la venta de otros productos.

Conclusiones

Los estudios realizados en el CATIE, con 20 especies de coberturas, especialmente de leguminosas, demuestran que algunas coberturas vivas tienen un potencial valioso, ya sea en cultivos perennes o anuales, como una opción eficaz y de bajo costo para el manejo de varias especies de malezas e insectos.

En general, aparte de su eficacia para manejar plagas, de ellas se esperan otros beneficios, como el mejoramiento en la fertilidad y las características del suelo; la diversificación y aumento de las poblaciones de organismos benéficos; y el aumento en el valor agregado del producto cultivado y en los ingresos netos, mediante la reducción de los gastos por la compra de insumos sintéticos. No obstante, las coberturas vivas pueden presentar desventajas, que dependen de la especie, entre las que destacan la lentitud y alto costo de establecimiento, así como la posible competencia con el cultivo (por agua, nutrimentos y luz).

Hasta ahora, entre las 20 especies evaluadas sobresalen el maní forrajero en varios cultivos, y la mucuna en el maíz, lo cual amerita realizar esfuerzos amplios en la validación de estas tecnologías, a corto plazo, con el concurso de las instituciones nacionales. Asimismo, debería efectuarse investigación a mediano y largo plazos, y con mayor profundidad, acerca de sus efectos sobre otros componentes biecológicos y agronómicos de los sistemas agrícolas

sostenibles que son prioritarios para el CATIE, como lo son los cultivos anuales en laderas, y los cultivos perennes bajo sombra.

Literatura citada

AMADOR, R.; HILJE, L. 1993. Efecto de coberturas vivas e inertes sobre la atracción de la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius), al tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 29:14-21.

BLANCO, J.; HILJE, L. 1995. Efecto de coberturas al suelo sobre la abundancia de *Bemisia tabaci* y la incidencia de virosis en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 35: 1-10.

CUBILLO, D.; SANABRIA, G.; HILJE, L. 1999. Eficacia de coberturas vivas para el manejo de *Bemisia tabaci* como vector de geminivirus, en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). (En revisión).

DOMINGUEZ, J.A. 1990. Leguminosas de cobertura en cacao (*Theobroma cacao* L.) y pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.) Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 85 p.

DOMINGUEZ, J.A.; DE LA CRUZ, R. 1990. Competencia nutricional de *Arachis pintoi* como cultivo de cobertura durante el establecimiento de pejibaye *Bactris gassipaes* H.B.K. Manejo Integrado de plagas (Costa Rica) 18: 1-7.

GARCIA, B.; VALVERDE, B.; CHAVES, L.; GARITA, I. 1997. Establecimiento de seis coberturas vivas en una plantación nueva de café (*Coffea arabica* L.) en Juan Viñas, Costa Rica. **In** Actas III Semana Científica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 48-51.

MERAYO, A.; FONSECA, F.; VALVERDE, B.E.; ALVAREZ, T. 1997. Validación y transferencia de técnicas mejoradas para el manejo de la maleza *Rottboellia cochinchinensis* en maíz. **In** Actas III Semana Científica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 95-98.

SANCHEZ, H.R. 1993. Comportamiento de leguminosas de cobertura en establecimiento de plátano (*Musa* AAB grupo, subgrupo plátano, c.v Curraré). Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 72 p.

STAVER, C. 1993. Control de malezas y protección del suelo en café bajo sombra regulada: manejo selectivo de malezas, coberturas muertas y coberturas perennes. **In** Resúmenes Semana Científica. Vol. 1. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 133-136.

VALLEJOS, R.M. 1993. Coberturas vivas en el cultivo de café (*Coffea arabica*), su establecimiento y relación con malezas y *Meloidogyne exigua*. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 71 p.

POTENCIAL DEL CONTROL BIOLÓGICO EN EL MANEJO DE PLAGAS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS SOSTENIBLES

Eduardo Hidalgo, Manuel Carballo, Elkin Bustamante, Vera Sánchez, Galileo Rivas
Unidad de Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica

Abstract
Results of biocontrol research on insects, weeds, nematodes and plant pathogens are presented. Promising entomopathogenic fungal strains and application methods were determined, for use against *Cosmopolites sordidus* and *Anthonomus eugenii. Bacillus popilliae* isolates with potential against *Phyllophaga elenans* and *P. menetriesi* were also selected. A similar selection was carried out for weed pathogens against *Rottboellia cochinchinensis,* finding promising native fungal isolates. A series of antagonistic micro-organisms and soil amendments were tested to induce systemic resistance, to control or to decrease severity of plant diseases caused by *Geminivirus, Pseudomonas solanacearum,* and *Phytophtora infestans* in tomato; *Mycosphaerella fijiensis* in banana and *Rosellinia bunodes* in coffee trees. In all cases promising results were obtained both in screenhouse and field conditions. Plant growth of coffee, tomato and *Musa* spp was improved when nematodes infested soils were treated with endomycorrizic fungi.

Introducción

La producción agrícola ha estado dominada durante muchos años por una dependencia casi total por los plaguicidas, lo cual ha traído consecuencias adversas en la sostenibilidad de los sistemas, tanto económica como ambientalmente, sin olvidar efectos nocivos en la salud de los agricultores y los consumidores de los productos agrícolas. A pesar de la existencia de una serie de enemigos naturales en los agroecosistemas tropicales que actúan en la regulación natural de las plagas, éstos son poco utilizados para el control debido muchas veces al desconocimiento y porque éstos tienen muy poca oportunidad de actuar bajo las condiciones de alto uso de plaguicidas.

En los últimos años, el control biológico está volviendo a tomar importancia en muchas instituciones del trópico entre ellas el CATIE, el cual ha contemplado este enfoque dentro del contexto de manejo integrado de plagas, adonde se integra con una serie de tácticas que incluyen las prácticas culturales y el manejo químico racional, así como un entendimiento adecuado de las plagas y el sistema en que éstas se desenvuelven, para que contribuyan a disminuir su impacto en la producción agrícola. Los objetivos de esta ponencia, son enumerar brevemente los logros obtenidos en la investigación realizada en el control biológico de insectos, malezas y enfermedades en el CATIE durante los últimos años y señalar algunas pautas para el futuro.

Logros del CATIE

El CATIE tiene un historial muy rico en investigación en control biológico de plagas. Muchos de estos trabajos se desarrollaron durante la vida del Proyecto Regional de Manejo Integrado de Plagas que inició en 1985 y continuó fortaleciéndose a través de la Unidad de Fitoprotección y otros proyectos.

Control biológico de insectos

Control de Phyllophaga spp. En una primera fase, se evaluaron 20 cepas de *Bacillus popilliae* contra larvas de tercer estadio de *P. menetriesi* y de *P. elenans*. Se aplicaron mediante una inyección con microjeringa. El 81 % y el 87 % de las larvas de *P. menetriesi* desarrollaron la enfermedad con las cepas 0504 y 0524 respectivamente a los 28 días de inoculación (ddi), las cepas 0393 y 0283 infectaron 75 % y 92 % de las larvas de *P. elenans* a los 16 ddi. En un experimento similar con *P. elenans*, las cepas 0292 y 0359 produjeron un nivel de infección de 80 % a los 20 ddi. En todas las pruebas hubo tratamientos con altos valores de mortalidad asintomática, alcanzando en algunos casos el 69 % al 92 %. En la segunda fase, se evaluó la virulencia en inoculación *per os* con las mejores cepas de la primera fase. Los niveles de infección fueron inferiores a los obtenidos con la inoculación por inyección. A los 35 ddi, la cepa 0292, en dosis de 10^7 esporas / larva, dio el mayor porcentaje de infección 35% en *P. elenans*, mientras la cepa 0504 infectó el 21 % de larvas de *P. menetriesi* con igual dosis y tiempo de incubación (Hidalgo *et al* 1998).

Picudo del plátano (Cosmopolites sordidus). En un estudio previo se seleccionaron los aislamientos de *Beauveria bassiana* RL-9, A4 y 290 como de alto potencial para el control microbiano del picudo del plátano, lo cual fue complementado por Contreras (1996) quien seleccionó el 9205 y 9218. Posteriormente, Contreras *et al* (1997), desarrollaron estudios para buscar el mejor método de aplicación del hongo en el campo mediante la evaluación de dos tipos de trampas atrayentes de adultos del picudo (trampa de disco y trampa longitudinal) y como medio para aplicar el hongo en el campo, utilizando dos formulaciones (emulsión en aceite y en arroz). La trampa tipo disco fue la más eficiente para capturar adultos del picudo y para aplicar el hongo, obteniéndose una mayor mortalidad de picudos con la formulación en emulsión (64 a 74 %), pero una mayor persistencia del hongo en arroz sobre las trampas adonde el hongo vuelve a crecer y esporular.

Picudo del chile (Antonomus eugenii): Se evaluaron aislamientos de *B. bassiana* para el control de adultos del picudo del chile de los cuales resultaron promisorios el 447, el RL-9 y el 9205, con porcentajes de mortalidad cercanos al 100 %. Posteriormente se evaluaron algunas técnicas para su aplicación resultando las mejores aquellas adonde el hongo se aplicó en mezcla con subdosis del insecticida fipronil (Regent), el cual tiene como objetivo aumentar la susceptibilidad del insecto al entomopatógeno. Los estudios desarrollados en el campo utilizando *B. bassiana* con fipronil indican que este tratamiento tiene un alto potencial para el manejo de adultos del picudo (Carballo *et al* 1998; Durán 1998)

Control biológico de nematodos

Interacción micorriza-nematodos. El parasitismo de los nematodos, principalmente endoparásitos, sobre las plantas puede ser influenciado por el establecimiento de la simbiosis micorriza. En algunos casos, se han registrado altas tasas de reproducción del nematodo, asociadas con la presencia de hongos endomicorrízicos; sin embargo, el daño ha sido menor respecto al control (nematodo solo), carente de la simbiosis (Linderman 1992). Investigaciones realizadas en café, tomate y musáceas establecen que los hongos endomicorrízicos *Entrophospora colombiana, Gigaspora margarita* y *Glomus,* spp. promueven satisfactoriamente el crecimiento de las plantas afectadas por los nematodos

Meloidogyne sp y *Radopholus similis*. El factor reproductivo (FR) de los nematodos se reduce considerablemente respecto al testigo, en presencia de esos simbiontes (Rivas-Platero 1998, Rivas-Platero y Cuervo 1998, Rivas-Platero *et al.* 1998). Lo contrario ha ocurrido en el caso de banano, donde el nematodo no afectó su FR, no obstante las plantas mostraron buen crecimiento (Lugo y Rivas 1998).

Control biológico de enfermedades

Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis). Se evaluó el desempeño de cinco microorganismos, a saber, las bacterias *Pseudomonas fluorescens*, *P. cepacia*, *Serratia marcescens*, el hongo *T. harzianum*, los hongos micorrízicos *Glomus* sp y *Gigaspora* sp, así como un extracto orgánico conocido como microorganismos eficaces (M.E.) y una enmienda orgánica (bocashi), sobre el crecimiento de plantas de banano y la severidad de la enfermedad (Camacho 1997). El bocashi dio los mejores resultados tanto en invernadero como en el campo. La bacteria *P. cepacia*, exhibió los mayores incrementos en área foliar en el invernadero. En el campo, los microorganismos promotores de crecimiento e inductores de resistencia presentaron los mejores resultados. Los mejores niveles nutricionales foliares se lograron con los tratamientos de bocashi, *P. fluorescens*, *P. cepacia* y *T. harzianum*. *P. fluorescens* fue el microorganismo que mejor se desempeñó para reducir la severidad de la sigatoka.

Geminivirus en tomate. Se evaluó el efecto de cinco rizobacterias (*Bacillus cereus*, *Pseudomonas cepacia* y tres provenientes de Guayabo (Cartago) y Grecia (Alajuela), a saber *Bacillus* sp., *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas* sp. y dos enmiendas orgánicas (compost y bocashi) en la promoción del crecimiento y en la inducción de resistencia sistémica contra geminivirus en plantas de tomate de una variedad (Hayslip) susceptible al geminivirus y una resistente (8429) (Castro 1998). El geminivirus fue inoculado en las plantas por medio del vector *Bemisia tabaci*. La inducción de resistencia en las plantas de la variedad Hayslip, se dio con las enmiendas orgánicas y con el tratamiento que tenía compost más la mezcla de rizobacterias. Para la variedad de resistencia intermedia 8429 se dio en los tratamientos con la enmienda orgánica más la mezcla de rizobacterias, además con los tratamientos: *B. cereus*, *P. cepacia* y la mezcla de cinco rizobacterias.

Marchitez bacterial (Pseudomonas solanacearum). Se evaluó el efecto de enmiendas orgánicas sobre la severidad de la marchitez bacterial, la producción de antagonistas en la rizosfera de tomate y la fluctuación poblacional de *P. solanacearum* en el suelo (Hernández 1997). Se utilizó la broza de café, cachaza y tres tipos de compost como enmiendas mezcladas con el suelo, utilizando plantas de tomate sembradas en las mezclas de suelo en casa de mallas. El uso de compost redujo la severidad de la enfermedad. Las rizobacterias provenientes del compost presentaron propiedades antagónicas bajo condiciones de laboratorio. La población de *P. solanacearum* fue reducida en ausencia del hospedante con el uso de broza del café y dos tipos de compost. El mejor efecto en el control de la enfermedad se observó al usar materia orgánica en forma de abonos orgánicos fermentados en comparación al uso de substratos como broza de café y cachaza.

Llaga negra radical del cafeto (Rosellinia bunodes). Se evaluó el efecto de diferentes aislamientos de *Pseudomonas* fluorescentes sobre *R. bunodes* (Cárdenas 1997). Se utilizaron aislamientos provenientes de raices de café de Colombia identificadas como *Pseudomonas cepacia* y otras cepas de *Pseudomonas* del CIAT. En condiciones de laboratorio se verificó el efecto inhibitorio del aislamiento PC 9701 sobre el crecimiento micelial de *R. bunodes*. En invernadero se evaluó el antagonismo de los aislamientos PC 9701, PC 9702, PC 9703, PC 9704, F 87, PO3, PO5 y C 88 utilizando plántulas de café inoculadas. Se detectaron diferencias significativas entre los aislamientos del antagonista con menores porcentajes de mortalidad en los aislamientos C 88 y PC 9701 (60 y 74 %, respectivamente). Hubo una alta recuperación de estos aislamientos en la rizosfera de plántulas de café con persistencia de hasta 60 ddi

Control biológico de Phytophthora infestans: Se evaluaron cinco microorgánismos seleccionados previamente como antagonistas de *P. infestans* junto con diferentes substratos para favorecer su establecimiento en la superficie de la hoja. Los antagonistas se evaluaron formulados con aceite, en dos cultivares de tomate (Pieraline y Hayslip). El mejor sustrato evaluado fue celulosa 2 g/l el cual presentó menores niveles de severidad y mayores períodos de incubación al combinarse con los antagonistas evaluados, a excepción de *Trichoderma* sp. (069). No se observó efecto antagónico cuando el sustrato (celulosa 2 g/l) y el antagonista (*Penicillium* sp. 067) fueron aplicados 1 ó 2 semanas antes del patógeno. El cultivar Pieraline presentó tolerancia al ataque de *P. infestans*, pues no presentó síntomas de la enfermedad. Bajo condiciones ambientales naturales, la formulación con aceite y agua favoreció el efecto antagonista, únicamente de *Fusarium* sp. (108).

Control biológico de malezas

Caminadora (Rottboellia cochinchinensis): Se seleccionaron patógenos muy virulentos contra *R. cochinchinensis*, a saber, *Fusarium* (cepas 69 y 127), *Dreschlera* (cepa 99, 130 y 105), *Curvularia* (cepa 2), los cuales no lograron producir la muerte de las plantas. Estas cepas se evaluaron en el invernadero en plantas asperjadas con sub-dosis de herbicidas como factor de estrés para debilitarlas y lograr su muerte. Los mejores resultados se observaron con haloxifop metil a 2 ml Pc/l, el cual presentó un debilitamiento paulatino de la planta hasta su muerte, con un crecimiento abundante del patógeno en el área de macollamiento y signos del patógeno en zonas de crecimiento activo de la maleza, tales como los internudos. Cuando las cepas de *Fusarium* sp. (127 y 69) junto con las sub-dosis de haloxifop metil, se evaluaron en el campo, se observó el mejor efecto de predisposición con 1 ml Pc/l presentando un aumento de la severidad de la enfermedad y la muerte de las plantas para la cepa 127. Las dosis más altas (2 y 1.5 ml Pc/l) fueron letales en ausencia de los patógenos.

Conclusiones

1. Se cuenta con cepas de microorganismos entomopatógenos y algunas técnicas de aplicación para el control de insectos de importancia agrícola, como *Phyllophaga*, el picudo del plátano y el picudo del chile.

2. El uso de la micorriza podría ser incorporado a programas de manejo integrado de plagas con el propósito de ofrecer una alternativa sostenible y ecológicamente apropiada al uso de nematicidas sintéticos..

3. Hay varios organismos fitopatógenos así como enmiendas orgánicas de alto potencial para el control biológico de enfermedades de importancia agrícola.

4. Algunos patógenos nativos, como Fusarium sp (cepas 69 y 127) ofrecen una alternativas para el control de la maleza R. cochinchinensis si se combinan con factores de predisposición de la planta, como sub-dosis de herbicidas y se inoculan en las etapas fenológicas susceptibles de la maleza.

Literatura consultada

CAMACHO, J. C. 1997. Evaluación de microorganismos promotores de crecimiento e inductores de resistencia a sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano (*Musa* sp) y algunas observaciones sobre gutación. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

CARBALLO, M., RODRIGUEZ, L, DURAN, J. 1998. Uso de *Beauveria bassiana* (Bals.) para el control microbiano del picudo del chile (*Anthonomus eugenii*) en el laboratorio. VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. Nicaragua. 26-30 octubre 1998. Memorias. p 109.

CARDENAS L., J. 1997. Efecto de *Pseudomonas* fluorescentes sobre *Rosellinia bunodes* (Berk y Br.) Sacc. En plantas de café. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 86 p.

CASTRO M., M. O. 1998. Las rizobacterias y enmiendas orgánicas en la inducción de resistencia a geminivirus en el cultivo del tomate. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

CONTRERAS R, T. 1996. Evaluación de trampas de pseudotallos y formulaciones de *Beauveria bassiana* (Bals.) en el combate del picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar) en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CATIE. 68 p.

CONTRERAS R., T., CARBALLO, M. HIDALGO, E., BUSTAMANTE, E. 1997. Evaluación de trampas de pseudotallo y formulaciones de *Beauveria bassiana* (Bals.) en el combate del picudo del plátano *Cosmopoites sordidus* en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 46:44-49.

DURAN, J. 1998. Uso de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. como alternativa de manejo del picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CATIE. 111p.

HERNANDES G., L. R. 1997. Control biológico de la marchitez bacterial en tomate con el uso de enmiendas orgánicas. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

HIDALGO, E., SHANNON, P. J., FLORES, L. 1998. Selección de cepas de *Bacillus popilliae* para el control de especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae). En: Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los Coleópteros edaficolas americanos. M. A. Morón y A. Aragón (Eds). Publicación especial de la Universidad Autónoma de Puebla y Sociedad Mexicana de Entomología. Pp. 165-172

LINDERMAN, R.G. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. *In* Mycorrhizae and Suistainable Agriculture. ASA Special Publication no. 54. p: 45-70.

LUGO, L.; RIVAS-PLATERO, G.G. 1998. Hongos endomicorrízicos y materia orgánica para el manejo de *Radopholus similis* en banano. (inédito).

RIVAS PLATERO, G.G. 1998. Interacción de hongos endomicorrízicos con *Radopholus similis* en plátano. (en revisión).

RIVAS PLATERO, G.G.; ROJAS, T.; CUERVO, J. 1998. Interacción del hongo vesículo arbuscular *Glomus* spp. con *Meloidogyne arabicida* en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 47:41-43

RIVAS PLATERO, G.G.; CUERVO, J. 1998. Interacción de hongos endomicorrízicos con *Meloidogyne exigua* en café. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 49:68-72.

DIVERSITY OF HOPPERS (HOMOPTERA: AUCHENORRHYNCHA) IN COFFEE PLANTATIONS WITH DIFFERENT TYPES OF SHADE, IN TURRIALBA, COSTA RICA

Liliana Rojas [1], Carolina Godoy [2], Paul Hanson [3], Christoph Kleinn [4] and Luko Hilje [5] [1] Graduate student, CATIE, [2] Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), [3] Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, [4] Sub-Unidad de Estadística, CATIE, [5] Unidad de Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica

Resumen

Para valorar la importancia de la sombra en la diversidad de especies de insectos, se eligió un grupo de homópteros (suborden Auchenorrhyncha) bien conocido taxonómicamente. En Turrialba, Costa Rica, se estudiaron sus patrones de diversidad y similitud en tres sistemas contrastantes: café sin sombra, café-poró, y café-poró-laurel. Para cada sistema se muestrearon tres fincas comerciales y en tres fechas, entre marzo y octubre de 1997. En el laboratorio se separaron las especies y se contabilizó el número de individuos por especie. Se graficaron las curvas de abundancia de especies para cada sistema, y se calcularon los índices de diversidad (Shannon-Wiener), dominancia (Simpson), equidad y similitud (Jaccard) para cada sistema, componente vegetal y parcela; además, los índices de similitud se complementaron con un análisis de conglomerados. La mayoría de los homópteros, tanto en números de especies como de individuos, perteneció a la familia Cicadellidae, en los tres sistemas estudiados. En cada sistema predominó una especie en particular, así: *Graphocephala* sp. 1 (café sin sombra), *Fusigonalia lativittata* (café-poró) y *Hebralebra nicaraguensis* (café-poró-laurel). Tanto la riqueza como la diversidad de especies de homópteros fueron mayores en el sistema café-poró. La similitud de especies fue mayor entre los sistemas de café-poró y café-poró-laurel, 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).

Introduction

Coffee plantations represent one of the most common agroforestry systems in Middle America and the Caribbean. Shade trees that are a part of these systems play important roles, not only from agronomic and economic standpoints (Beer *et al.* 1998), but also as a refuge for biodiversity, including birds and insects (Perfecto *et al.* 1996). Several insect groups, such as some Hymenoptera and Coleoptera, have been shown to reach high levels of diversity in traditional shaded coffee plantations (Nestel *et al.* 1993, Perfecto and Snelling 1995, Perfecto and Vandermeer 1994, Perfecto *et al.* 1996, 1997).

However, it is important to know if such a pattern holds for other insect groups, in order to make recommendations concerning either species conservation or pest management approaches. Therefore, a taxonomically well known insect group, such as hoppers (Homoptera: Auchenorryncha) was chosen to appraise the importance of shade trees in promoting species diversity in coffee plantations with different types of shade, including poró (*Erythrina poeppigiana*, Leguminosae) and laurel (*Cordia alliodora*, Boraginaceae), in Turrialba, Costa Rica.

Methodology

Homopteran diversity and similarity patterns were studied in three contrasting systems: unshaded coffee (**C**), coffee-poró (**CP**), and coffee-poró-laurel (**CPL**). Three commercial farms, divided in four quadrats, were sampled for each type of system, on three dates, from March through October, 1997; five of them were located at CATIE (Cabiria and La Montaña), two in Pavones, one in La Suiza, and one in Verbena. Experimental plots differed in coffee variety (Caturra, Catimor, or Catuaí, of various ages), planting densities (4000-6000 plants/ha), and size (5000-8000 m^2), as well as in the type of surrounding vegetation.

Sampling included 100 coffee plants (25 consecutive plants in each of four rows, 2-3 rows apart, to prevent insect disturbance while sampling), as well as five poró or laurel trees in each quadrat, depending on the type of system; poró and laurel trees were selected so that they did not exceed 3 m in height, to allow sampling with an aerial insect net. Each coffee plant was beaten three times with the net, at different heights, in order to catch insects present in the upper, medium and lower strata, while the poró and laurel trees were beaten 15 times along the lower edge of their crown. The apical portion of the net was provided with a piece of fine cloth, in order to allow light penetration and easily concentrate captured insects there.

Insect samples were placed in plastic bags and taken to the laboratory, where they were killed. Specimens were separated according to morphospecies, and the numbers of individual per species were recorded. Representative specimens for each morphospecies were mounted on entomological pins for identification; species were determined by Carolina Godoy, M.Sc. (INBio). Species-abundance curves were plotted for each system, and indexes of diversity (Shannon-Wiener), dominance (Simpson), species evenness and similarity (Jaccard) were calculated for each system, plant component and plot (Krebs 1989); in addition, similarity indexes were complemented with a cluster analysis.

Results and discussion

A total of 10,612 specimens were caught during the study, which belonged to 131 species, in 10 families; at least three of them are undescribed species. Overall, 58% of the species and 71% of the individuals belonged to the family Cicadellidae, which was followed by Membracidae and Cercopidae.

The species-abundance curves, with an inverted J shape, had the same pattern in the three systems, and were best fitted by the logarithmic series. This is the typical curve occurring in natural communities, which shows that not all species are equally abundant; a few of them are very abundant, while the bulk of them are represented by a few individuals.

A particular species predominated in each system, as follows: *Graphocephala* sp. 1 (**C**), *Fusigonalia lativittata* (**CP**), and *Hebralebra nicaraguensis* (**CPL**). Except for *F. lativittata*, which was present in coffee regardless of the system, the other two species were barely or not represented at all in the other systems, components or plots. The five most common species for each system were *Graphocephala* sp. 1, *F. lativittata*, *Clastoptera* sp.,

Graphocephala permagna, and *Neocoelidia* sp. (**C**); *F. lativittata*, *Neocoelidia* sp., *Clastoptera* sp., Cicadellidae n.sp., and *Empoasca* sp. (**CP**); *H. nicaraguensis*, *Omegalebra* n.sp., *Empoasca* sp., *Neocoelidia* sp. and *Scaphytopius* ca. *latidens* (**CPL**).

Patterns of hopper species abundance and diversity are probably related to their ability to exploit food resources associated with foliage of coffee, poró and laurel trees, in particular ways. Indeed, members of the suborder Auchenorrhyncha vary in their food preferences and have specific morphological and physiological adaptations to feed upon either leaf phloem and mesophyll, or xylem (Backus 1986).

Hopper species richness was higher for the **CP** system (88 species), followed by **CPL** (74) and **C** (60). Species diversity was also higher for the **CP** system (2.84), excepting in one plot (Verbena), while its values for the other two systems were very close: 2.61 (**C**) and 2.56 (**CPL**); in Verbena, poró density (270 trees/ha) was almost twice the density in the other plots (155 trees/ha). Dominance (Simpson`s index) for **CPL** (0.15) was barely higher than for the other two systems (0.11), perhaps because of the unusually high numbers of *H. nicaraguensis* in laurel. The index of evenness was rather similar among systems: 0.63 (**C**), 0.62 (**CP**) and 0.59 (**CPL**).

Since the Shannon-Wiener`s index accounts for both species richness and evenness (Krebs, 1989), it clearly reflected why the **CP** system was the most diverse in hopper species. Moreover, species diversity was always higher in the coffee component within each system, excepting in **CP** in Verbena, where its value was higher in poró. This finding could be attributed not only to a higher sampling intensity in this crop (1200 net beats, as compared to 300 in both poró and laurel, for each date), but especially to species recruitment in response to planted area, that is, the concept of species-area (MacArthur and Wilson 1967); in Turrialba, typical plant densities are 5000-6000/ha (coffee), 155/ha (poró), and 70-150/ha (laurel). In addition, species diversity in coffee itself in general increased in mixed systems, as compared to the **C** system.

The reason why species diversity was not maximum in the most complex system (**CPL**) is probably due to the fact that this type of system generally receives less external inputs, such as fertilizers. In this would be so, higher fertilizer levels in the other two systems could increase the nutritional value of coffee and coral tree foliage, thus probably favoring certain hopper species.

When examining species composition, it became clear that species similarity was higher between the **CP** and **CPL** systems (0.51), while it was very similar for the other comparisons: 0.38 (**C** and **CPL**) and 0.37 (**C** and **CP**). However, species composition did vary considerably by plant component and the geographic location of each plot, as well as by sampling date (dry or wet season). For example, within the **CP** system species similarity was highest between poró in La Montaña 2 and 3 plots, but it was lowest between them and poró in Verbena; moreover, it was high between coffee in La Montaña 3 and Verbena, but low between them and coffee in La Montaña 2. For the **CPL** system, species similarity was highest between coffee in La Montaña 1 and laurel in La Suiza, which are distant locations.

Conclusions

- The bulk of hopper species and individuals belonged to the family Cicadellidae, in the three systems studied.
- A particular species predominated in each system, as follows: *Graphocephala* sp. 1 (unshaded coffee), *Fusigonalia lativittata* (coffee-poró), and *Hebralebra nicaraguensis* (coffee-poró-laurel).
- Hopper species richness and diversity were higher for the coffee-poró system.
- Species similarity was higher between the coffee-poró and the coffee-poró-laurel systems, but it varied considerably according to plant component, geographic location of each plot, and sampling date.

Literature cited

BACKUS, E.A. 1985. Anatomical and sensory mechanisms of planthopper and leafhopper feeding behavior. **In** The leafhoppers and planthoppers. Nault, L.R. and Rodríguez, J.G. (eds.). New York, John Wiley & Sons. p. 163-188.

BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. Agroforestry Systems 38: 139-164.

KREBS, C.J. 1989. Ecological methodology. New York, Harper & Row. 654 p.

MacARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. 1967. The theory of island biogeography. Monographs in Population Biology No.1. New Jersey, Princeton University Press. 203 p.

NESTEL, D.; DICKSCHEN, F.; 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.; SNELLING, R. 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: Ants in coffee plantations. Ecological Applications 5(4): 1084-1097.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. 1994. Understanding biodiversity loss in agroecosystems: Reduction of ant diversity resulting from transformation of the coffee ecosystem in Costa Rica. Entomol. (Trends in Agril. Sci.) 2: 7-13.

PERFECTO, I.; RICE, R.A; GREENBERG, R.; VAN DER VOORT, M. 1996. Shade coffee: A dissapearing refuge for biodiversity. BioScience 46(8): 598-608.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. ; HANSON, P.; CARTIN, V. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. Biodiversity and Conservation 6: 935-945.

COLLECTION OF *Bacillus popilliae* FROM THE TROPICAL AND SUB-TROPICAL AMERICAS

Eduardo Hidalgo J. [1], Philip J. Shannon [2] and Lorena Flores
[1] Unidad de Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica, CATIE and [2] Pest Management Dep., Natural Resources Institute, University of Greenwich, UK.

Abstract
Se estableció una colección de cepas de *Bacillus popilliae* recolectadas en Colombia, Costa Rica, Nicaragua, Honduras y México, como parte de un programa para el desarrollo de nuevas metodologías de control para *Phyllophaga* spp. en América Tropical. Las cepas se aislaron de larvas de diferentes especies de la familia Scarabaeidae, en su mayoría del género *Phyllophaga*. Muchas de las cepas han sido probadas contra especies de *Phyllophaga* de importancia agrícola en América Central, mostrando buen potencial para su uso en el control microbiológico de estas plagas.

The collection

A collection of *Bacillus popilliae* isolates was made from larvae of *Phyllophaga* spp. collected in Mexico, Honduras, Nicaragua, Costa Rica and Colombia. The genus *Phyllophaga* contains several species of major economic importance to agricultural and forestry species throughout the Americas. Most isolates were collected from larvae turned up during ploughing of infested fields and preserved as air-dried haemolymph smears on microscope slides or as dried haemolymph in microcentrifuge tubes. Other isolates were collected from field larvae reared in the insectary and from larvae reared from eggs laid in the insectary. Species from which samples were collected were *P. crinita* (Tamaulipas, Mexico), *P. valeriana* and *P. hondura* (Zamorano, Honduras), *P. menetriesi* (Zamorano, Honduras; San Isidro, Cervantes and Turrialba, Costa Rica; Estelí, Nicaragua), *P. obsoleta* (Intibucá, Honduras; Medellin, Colombia; Estelí, Nicaragua; Tierra Blanca and Zarcero, Costa Rica) and *P. elenans* (Parrita and Guanacaste, Costa Rica). Incidence of infected larvae showing classic milky symptoms was below 1% at all sites, except for the site in Medellín, Colombia, where over 40% of the *P. obsoleta* larvae sampled were infected. Some of the isolates have been screened using laboratory reared *P. menetriesi* and field collected *P. elenans*. The best strains for *P. menetriesi* caused 87% infection after 28 days in injection assays and 21% mortality after 35 days in feeding assays, while the best isolates for *P. elenans* infected 92% of the larvae after 16 days when injected and 35% infection after 35 days in feeding assays using third instar larvae. The best isolates in the injection bioassays were not necessarily the best when fed to larvae. Several isolates caused mortality of up to 87% without development of the milky symptoms typically associated with infection. This suggests that some *B. popilliae* mortality in the field could be being missed, leading to underestimation of the impact of this pathogen on white grub populations.

DIAGNOSTICO DEL SINALOA TOMATO LEAF CURL VIRUS (STLCV) EN COSTA RICA

Judith K. Brown [1], Gonzalo Galileo Rivas-Platero [2], Mirza O. Castro [3], Elkin Bustamante [4].
[1] Department of Plant Sciences, University of Arizona, USA
[2y4] Unidad de Fitoprotección ,Area de Agricultura Ecológica, CATIE,
[3] Escuela de Postgrado-CATIE

Abstract

In October, 1998, geminivirus-like symptoms were widespread in tomato plantings near Turrialba, Costa Rica. Isolates from several fields were experimentally transmitted to tomato seedlings using whiteflies from a *Bemisia tabaci* (Genn.) colony maintained at CATIE, which resulted in interveinal chlorosis and leaf curling symptoms indistinguishable from those observed in the field. Total DNA was extracted from leaves of sixteen of these experimentally-inoculated plants and assayed by polymerase chain reaction (PCR) for the presence of begomovirus DNA using the degenerate primers AV324 and AC889 amplify the core region o the coat protein gene (core Cp). PCR yielded the expected size core Cp fragment (576 bp) from 16 of 16 samples. The core Cp fragments of six samples were cloned and sequenced. A comparison of the core Cp sequences with reference begomovirus sequences indicated all Costa Rica isolates were >95% identical to Sinaloa tomato leaf curl geminivirus reported in 1994 from Sinaloa, Mexico (STLCV-SINALOA). Virus identity was confirmed by multiple sequence alignments of the viral coat protein gene (Cp) and the common region sequences of A and B components (CR-A and CR-B), respectively, with analogous reference begomovirus sequences. Collectively STLCV-like symptoms in tomato identity between viral Cp sequences, and identical CR iterons indicate that the Costa Rican tomato virus is STLCV, or a closely related strain. This is the first report of a STLCV-like begomovirus in tomato in Costa Rica (STLCVCR).

Key words: *begomovirus*, geminivirus, *Bemisia tabaci*

Introducción

Los geminivirus transmitidos por la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) (GV-TMB) son reconocidos como un importante grupo de patógenos que afectan una gran cantidad de cultivos agrícolas en los trópicos y subtrópicos del mundo (Brown and Bird 1992). La presencia del vector y la existencia de biotipos de éste, han convertido a los geminivirus en un significante problema que afecta la producción de muchos agroecosistemas (Brown 1994).

Los GV-TMB se ubican taxonómicamente en el género *Begomovirus* (subgrupo III), familia *Geminiviridae;* infectan plantas dicotiledóneas, poseen un genoma simple de 2.8 a

5.2 kb, con un arreglo mono o bipartito y tienen dos componentes genómicos: A y B que les confieren la especificidad (Lazarowitz 1992, Padidam *et al.* 1995).

En América Central los GV-TMB se encuentran asociados, principalmente, a frijol, cucurbitáceas y tomate. Los estudios de diagnóstico de los GV-TMB han detectado, con sondas genéricas, geminivirus en tomate y plantas silvestres (Rivas Platero y Lastra 1993; Rivas-Platero *et al.* 1996) y al mosaico amarillo del tomate (ToYMoV) cuando se usaron sondas específicas (Rivas-Platero *et al.* 1997). Sin embargo, dada la amplia diversidad de estos virus, escasos trabajos epidemiológicos documentan la presencia de otros *Begomovirus* en la región.

Con base en lo anterior, este trabajo documenta el primer hallazgo del Sinaloa Tomato Leaf Curl Virus en Costa Rica.

Metodología

Transmisión mecánica del virus. Plantas de tomate variedades Hayslip y 8429 (CATIE, Banco de Germoplasma) fueron inoculadas experimentalmente con vectores virulíferos (adquisición-inoculación: 48h). El número total de plantas por variedad fue de 50.

Extracción del ADN. Cuando las plantas mostraron los síntomas característicos (clorosis internerval y rizado de la hoja) se procedió a realizar aislamientos del ADN de estas . La extracción se hizo macerando el tejido vegetal con nitrógeno líquido, inmediatamente el extracto se suspendió en un tampón de bromuro de cetiltrimetilamonio (60C). Los extractos fueron procesados con cloroformo/alcohol(24:1 v/v) y los sobrenadantes precipitados con alcohol isopropílico. Posteriormente los ácidos nucleicos fueron colectados por centrifugación (9,000xg) (4C). Los "pellets" obtenidos se resuspendieron en Tris-EDTA tampón (pH 8,0) (Doyle y Doyle 1987).

Amplificación del ADN por PCR. Las regiones comunes (CR) de los genomas A y B fueron amplificados por PCR. Para amplificar la región central del gene de la proteína de la cápside (Cp), se utilizaron los siguientes cebadores degenerados: AV324 y AC889 (Universidad de Arizona). La reacción PCR se hizo en un termociclador Perkin-Elmer. Las mezclas de reacción (25µl) contenían 0,5 µl extraído del tejido vegetal, 2,5-3,0 mM $MgCl_2$; 1x tampón de extracción (10 mM Tris HCl, 50 mM KCl, pH 8.0), 150 µl dNTPs y 20 pmol de cada cebador. La *Taq* ADN polimerasa se usó de acuerdo a las especificaciones del fabricante (Perkin-Elmer). La amplificación se hizo usando 30 ciclos de desnaturalización a 95 C x 2min; seguido de 1 min a 95 C , 1 min a 58 C y 1 min a 72 C. La extensión final duró 20 min a 72 C.

Análisis de la secuencia viral. Las secuencias virales se analizaron usando el procedimiento PAUP (Phylogenetic Analysis Using Parsinomy) el cual determinó las distancias genéticas ligadas al geminivirus-muestra (Swofford 1993).

Resultados y discusión

La amplificación de los fragmentos Cp determinó bandas de 576pb; la comparación de las secuencias Cp indicaron que los aislamientos-prueba utilizados fueron idénticos (> 95%) al Sinaloa Tomato Leaf Curl Virus reportado en 1993 en Sinaloa, México (STLCV-SINALOA) por Idris *et al.* (1993). La identidad del virus fue confirmada por la comparación de los alineamientos Cp y secuenciación de las regiones A y B con secuencias semejantes del begomovirus referencial. El componente A del virus-muestra obtuvo el 92.9% de similaridad con el STCLV-SINALOA y la región CR de los genomas del virus-muestra (A y B) fue TGGGGT-AA-TGGGGT; que es la misma del STCLV-SINALOA (Idris y Brown 1998). Lo anterior establece que las muestras analizadas corresponden al STCLV, lo que constituye el primer hallazgo del STCLV en tomate en Costa Rica.

Conclusiones

- La amplificación de los fragmentos Cp del ADN viral de las muestras de tomate infectadas con un geminivirus fue similar a la del Sinaloa Tomato Leaf Curl Virus (STCLV).
- El STCLV se reporta por primera vez en el cultivo de tomate en Costa Rica.

Literatura citada

BROWN, J.K. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a pest and virus vector in world agroecosystems. FAO Plant Prot. Bull. 42:3-32.

BROWN, J.K.; BIRD, J. 1992. Whitefly-transmitted diseases in the Americas and the Caribbean Basin: Past and present. Plant Disease 76:220-225.

DOYLE, J.J.; DOYLE, J.L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochem. Bull. 19: 11-15.

IDRIS, A.M. FLETCHER, D.C.; BROWN, J.K. 1993. Identification and partial characterization of Sinaloa tomato leaf curl virus (STLCV), a new whitefly-trasmitted geminivirus affecting tomato and pepper from Sinaloa, Mexico. (Abstr.) Phytopathology 83:692.

LAZAROWITZ, S.G. 1992. Geminiviruses: Genome structure and function . Crit. Rev. Plant Science 11:327-349.

PADIDAM, M.; BEACHY, R.N.; FAUQUET, C.M. 1995. Classification and identification of geminiviruses using sequence comparisons. J. Gen. Virol. 76:149-263.

RIVAS PLATERO, G.G.; LASTRA, R. 1993. Detección no radiactiva de geminivirus en tomate mediante hibridación de ácidos nucleicos. Manejo Integrado de Plagas 30:7-10.

RIVAS PLATERO, G.G.; RAMÍREZ, P.; CUBILLO, D.; HILJE, L. 1995. Detección de virus en plantas silvestres asociadas con el tomate y chile dulce en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas 38: 37-39.

RIVAS PLATERO, G.G.; VILLALBA VELÁSQUEZ, V.; RAMÍREZ, P. 1997. Evaluación de líneas de tomate y su respuesta a la infección con geminivirus. In: Actas de la III Semana Científica (3-5, Febrero, 1997). p:335-338.

SWOFFORD, D.L. 1993. PAUP: Phylogenetic Analysis Using Parsimony. Illinois Natural History Survey, University of Illinois, Champaing.

HISTOPATOLOGIA DE GEMINIVIRUS EN TOMATE

Gonzalo Galileo Rivas-Platero[1]; Nelly Vásquez Morera[2]; Vladimir Villalba Velásquez[3]; Luko Hilje[4] y Pilar Ramírez[5].

[1,2 y 4] Area de Agricultura Ecológica, CATIE; [3] Buckman Laboratories. Costa Rica y [5] Centro de Biología Celular y Molecular. UCR. Costa Rica.

Abstract

This paper described the geminivirus histopathology in tomato plant cell. The geminivirus histological studies showed that the virus modified the host cell provoking deformations and precipiting granular bodies in the cytoplasm.

Keys words: geminivirus, histopathology

Introducción

Los geminivirus son reconocidos como un importante grupo de patógenos que afectan una gran cantidad de cultivos agrícolas en los trópicos y subtrópicos americanos (Brown and Bird 1992). La presencia de su vector, *Bemisia tabaci,* y la existencia de biotipos de éste, los han convertido en un significante problema que afecta la producción de muchos agroecosistemas (Brown 1994).

Los geminivirus transmitidos por *B. tabaci* se ubican taxonómicamente en el género *Begomovirus* (subgrupo III), familia *Geminiviridae;* infectan plantas dicotiledóneas, poseen un genoma simple de 2,8 a 5,2 kb, con un arreglo mono o bipartito y tienen dos componentes genómicos: A y B que les confieren la especificidad (Lazarowitz 1992, Padidam *et al.* 1995).

Los estudios histopatológicos contribuyen al conocimiento del proceso infeccioso de los patógenos en sus hospedantes y también aportan metodologías que pueden ser empleadas, cuando no se dispone de técnicas moleculares, como herramienta de diagnóstico (Overman *et al.* 1992).

Este trabajo describe la histopatología de un geminivirus en tejidos de plantas de tomate.

Metodología

Plantas de tomate var. Hayslip fueron inoculadas con vectores virulíferos durante 48h; las muestras de tejido vegetal enfermo se tomaron a los 5, 15 y 30 días después de la inoculación (n= 20 plantas). Las observaciones histológicas se realizaron fijando el material (hojas) en FAA, luego se deshidrató en una serie ascendente de alcohol (50-70-80-90-95-100; 1h en cada alcohol). Posteriormente se realizaron montajes en historresina a 4C durante 12 h y cortes a 3µm de grosor en el micrótomo. Los cortes se ubicaron en láminas

portaobjetos y se tiñeron con la tinción Shift-Naphtol/Blue Black; después se observaron al microscopio.

Resultados y discusión

Las secciones transversales evidenciaron las presencia de inclusiones granulares, atribuibles a la presencia de partículas virales. Anatómicamente se observaron deformaciones de la epidermis, células oclusivas y tricomas. Los espacios intercelulares en el ámbito del mesófilo fueron más grandes. Existió evidencia de un precipitado oscuro en el núcleo de las células del floema, el cual corresponde a la presencia de partículas virales observada en otros geminivirus (Lastra y Gil 1981, Chistie *et al.* 1986, Rodríguez Pardina *et al.* 1998).

Conclusión

Los geminivirus inducen alteraciones morfoanatómicas en las células de tejidos de plantas de tomate infectados y se evidencian mediante precipitados granulares en el citoplasma.

Literatura citada

BROWN, J.K. 1994. Current status of *Bemisia tabaci* as a pest and virus vector in world agroecosystems. FAO Plant Prot. Bull. 42:3-32.

BROWN, J.K.; BIRD, J. 1992. Whitefly-transmitted diseases in the Americas and the Caribbean Basin: Past and present. Plant Disease 76:220-225.

CHRISTIE, R.; EDWARDSON , J. 1986. Light microscopic tehcniques for detection of plant virus inclusions. Plant Disease 70:273-279.

LASTRA, R.; GIL, 1981. Ultrastructural host cell changes associates with tomato yellow mosaic. Phytopathology 71:524-528.

LAZAROWITZ, S.G. 1992. Geminiviruses: Genome structure and function . Crit. Rev. Plant Science 11:327-349.

OVERMAN, M.A.; KO, N. J.; TSAI, H. J. 1992. Identification of viruses and mycoplasmas in maize by use of ligth microscopy. Plant Disease 76: 318-322.

PADIDAM, M.; BEACHY, R.N.; FAUQUET, C.M. 1995. Classification and identification of geminiviruses using sequence comparisons. J. Gen. Virol. 76:149-263.

RODRÍGUEZ-PARDINA, P.E.; PLOPER, G.A.; TRUOL, G.A.; HANADA, K.; RIVAS PLATERO, G.G.; RAMÍREZ, P.; HERRERA, P.S.; LAGUNA, I. 1998. Detección de geminivirus en el cultivo de soja en e noroeste argentino. INTA. Argentina (en prensa).

EFICACIA DE COBERTURAS VIVAS PARA EL MANEJO DE MOSCA BLANCA EN TOMATE

Luko Hilje [1], Douglas Cubillo [2] y Guido Sanabria [1]
[1] Unidad de Fitoprotección, Area Agricutura Ecológica, [2] Standard Fruit Co., Costa Rica

Abstract
Efficacy of living ground covers for managing *Bemisia tabaci* as a geminivirus vector in tomatoes. A management scheme for the B. tabaci-geminivirus complex, which is based upon minimization of contact between the vector and the host plant, is being pursued in Costa Rica. Three-year field data on transplanting tomatoes have shown that two living ground covers associated with the crop, either "cinquillo" (*Drymaria cordata*, Caryophyllaceae) or coriander (*Coriandrum sativum*, Umbelliferae), significantly reduce whitefly adult numbers, delay geminivirus dissemination, decrease disease severity, and provide yields as high as 27-30 t/ha, with very satisfactory net benefits. The main advantages and disadvantages of this approach are discussed.

Introducción

El efecto de los geminivirus sobre el rendimiento del tomate es más serio cuanto más joven es la planta, por lo que se recomienda proteger ésta sobre todo durante los primeros dos meses (***período crítico***). Por tanto, se debe procurar un enfoque preventivo, que minimice el contacto entre el vector (*Bemisia tabaci*) y la planta, para retrasar la epidemia y así obtener buenos rendimientos.

Actualmente hay tecnologías para producir plántulas de casi un mes de edad, sin geminivirus, en túneles cubiertos con malla fina (Cubillo *et al.* 1999a). Además, para el primer mes en el campo, con el uso de coberturas plásticas plateadas se logrado reducir la afluencia de vectores, así como la incidencia y severidad del moteado amarillo del tomate (ToYMoV), y aumentar los rendimientos. Aunque esto se comprobó también con algunas coberturas vivas, los datos eran aún preliminares (Amador y Hilje 1993, Blanco y Hilje 1995). Este trabajo resume tres años de datos que confirman dichos hallazgos, y discute su valor práctico.

Metodología

Se efectuaron cuatro experimentos, entre 1995 y 1997, en parcelas de agricultores, en Guayabo de Turrialba, Costa Rica. Se sembró la var. Hayslip, excepto en el experimento II (var. Dina Guayabo), en semilleros protegidos con malla fina (Tildenet IN50). La siembra se realizó en cartuchos de papel periódico de 162 ml. Las plántulas de tomate se trasplantaron a los 26 días después de siembra (dds). No se aplicaron insecticidas, excepto contra vaquitas (Chrysomelidae), en forma ocasional.

En los dos primeros experimentos hubo un solo tratamiento, el cual se comparó con un testigo (TT), que fue una parcela adyacente de tomate, con el suelo desnudo. En el experimento I, dicho tratamiento correspondió a un plástico plateado coextruido (PP), de

1,25 milésimas de pulgada (Olefinas S.A., Guatemala). En el experimento II el tratamiento fue el cinquillo (*Drymaria cordata*, Caryophyllaceae) (CQ).

En cada uno de los otros dos experimentos hubo tres tratamientos y dos testigos (TT). En el experimento III, fueron el plástico plateado (PP), un plástico verde claro (PV) (también de 1,25 milésimas de pulgada), y el cinquillo (CQ). Al aleatorizarlos, su distribución fue CQ-TT-PV-TT-PP. En el experimento IV, fueron el plástico plateado (PP), el cinquillo (CQ) y el culantro de castilla (*Coriandrum sativum*, var. Slow-bolt, Umbelliferae) (CU); su distribución fue TT-PP-CU-CQ-TT.

La unidad experimental midió 600, 450, 420 y 402 m^2, en los experimentos I, II, III y IV, respectivamente, con distancias de siembra de 1,6 m entre surcos y 0,4 m entre plantas.

Las variables evaluadas fueron: abundancia de adultos de *B. tabaci* (en la hoja más alta totalmente desplegada, en 30 plantas); incidencia de virosis (en toda la parcela); severidad, según la siguiente escala: sin síntomas (0), leve (1), moderado (2), fuerte (3) y muerte (4); y rendimiento (según tres categorías comerciales).

Resultados y discusión

Por brevedad, se priorizan los datos del experimento IV, pues hubo mucha congruencia entre los resultados de todos los experimentos. La información pertinente aparece discutida ampliamente en Cubillo *et al.* (1999b).

El número de adultos de *B. tabaci* fue menor en las parcelas con coberturas, en todos los experimentos (Fig. 2). Las excepciones se presentaron ocasionalmente, al final de la temporada del cultivo. Esto podría explicarse porque, al cerrarse el dosel del cultivo, las coberturas quizás dejaron de ser percibidas por el insecto; también, porque las plantas de tomate en las parcelas con coberturas, al estar menos afectadas por la enfermedad, eran más suculentas y quizás más atractivas.

La cobertura de plástico plateado (que actúa como repelente de los adultos, al reflejar la luz ultravioleta) fue la mejor. Por lo general, las plantas de tomate tuvieron menor afluencia de adultos, mayor retardo de la epidemia viral y menor severidad del ToYMoV, así como mayores rendimientos (21-50 t/ha) y beneficios netos (US$ 19.000-22.600/ha) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Incidencia y severidad del moteado amarillo del tomate (ToYMoV), rendimientos del tomate y beneficios netos, según la cobertura. Guayabo de Turrialba, Costa Rica. 1997.

Cobertura	Incidencia (ABCPE)	Severidad (ABCPE)	Rendim. (kg/ha)	Benef. neto ($/ha)
Testigo	2054	2699	17.150	10.331
P. plateado	191	1308	36.352	21.569
Cinquillo	658	1655	26.837	16.714
Culantro	316	988	30.256	17.238

ABCPE= Area Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad.

Los resultados con las coberturas vivas, las cuales posiblemente enmascaran al cultivo, confirmaron los hallazgos previos en Costa Rica (Amador y Hilje 1993, Blanco y Hilje 1995). Ellas también permitieron reducir la afluencia de adultos, retrasar la epidemia y aminorar la severidad de la enfermedad, así como obtener buenos rendimientos (25 y 27 t/ha en cinquillo, y 30 t/ha en culantro) y beneficios netos (US$ 8.250-16.700/ha y US$ 17.200/ha, respectivamente).

Las coberturas vivas ofrecen ciertas ventajas, especialmente para pequeños productores: menor costo, fácil disponibilidad, nula contaminación ambiental al eliminarlas y, en algunos casos, el aporte de materia orgánica y nutrimentos al suelo, y de ingresos adicionales por la venta de semilla, forraje y otros productos.

Sus desventajas principales son el lento establecimiento y la posible competencia con el cultivo (lo cual se está investigando en la actualidad). La sustitución de coberturas silvestres por un cultivo, como el culantro, por su porte bajo, sistema radical somero, rápido crecimiento y ciclo corto, es una opción llamativa. Además, la venta de éste puede aportar un ingreso adicional para el agricultor (US$ 8.200/ha), como en realidad ocurrió en el experimento IV.

Estos datos, aunque promisorios, deben ser tomados con cautela y validados bajo otras condiciones socioeconómicas y agroclimáticas. Esto sería especialmente crítico en zonas donde sean muy altas las densidades de *B. tabaci* y haya problemas no solo de transmisión de geminivirus (adultos), sino también del síndrome de la maduración irregular del tomate (ninfas).

Literatura citada

AMADOR, R.; HILJE, L. 1993. Efecto de coberturas vivas e inertes sobre la atracción de la mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius), al tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 29:14-21.

BLANCO, J.; HILJE, L. 1995. Efecto de coberturas al suelo sobre la abundancia de *Bemisia tabaci* y la incidencia de virosis en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 35: 1-10.

CUBILLO, D.; SANABRIA, G.; HILJE, L. 1999a. Evaluación de recipientes y mallas para el manejo de *Bemisia tabaci* mediante semilleros cubiertos, en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). (Aceptado).

CUBILLO, D.; SANABRIA, G.; HILJE, L. 1999b. Eficacia de coberturas vivas para el manejo de *Bemisia tabaci* como vector de geminivirus, en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). (Aceptado).

FAGODISUASION DE EXTRACTOS VEGETALES SOBRE LARVAS DE *Hypsipyla grandella* (ZELLER)

Fernando Mancebo [1], Luko Hilje [2], Gerardo Mora [3] y Rodolfo Salazar [4] [1] Fertilizantes Químicos Dominicanos (FERQUIDO). Santo Domingo, República Dominicana, [2] Unidad de Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica, CATIE , [3] Centro de Investigación en Productos Naturales (CIPRONA), Universidad de Costa Rica, [4] Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR)

Abstract

Antifeeding activity of some plant extracts on *Hypsipyla grandella* larvae. The inhibitory effect of some plant extracts on the mahogany shoot borer (*Hypsipyla grandella*) larval feeding and growth was studied. A general screening with 29 substances was carried out on *H. grandella* third instar larvae, by exposing them to *Cedrela odorata* leaf discs impregnated with one concentration of each substance (10%). Six substances with possible anti-feeding or inhibitory effects on growth were selected, and treatments were arranged in a completely randomized design. Substances were: bitterwood (*Quassia amara*) wood and leaf extracts, common rue (*Ruta graveolens*) leaf extract, *Sechium pittieri* fruit extract, and two commercial products (Azatin and Nim 80) derived from the neem tree (*Azadirachta indica*, Meliaceae). In addition, a greenhouse experiment was carried out in which terminal shoots of *C. odorata* plants were treated with the same concentration (10%) of each substance and exposed to three first instar *H. grandella* larvae. Plants were distributed in a completely randomized design, with a split plot arrangement through time, with 10 plants per treatment. The bitterwood wood extract showed anti-feedant activity and Azatin caused direct larval mortality; a few attacks were observed in plants treated with the common rue extract. The bitterwood leaf extract, Nim 80 and *S. pittieri* extract did not show activity as either anti-feedants nor growth regulators. Laboratory bioassays with increasing concentrations (0,1, 0,316, 1,0, 3,162 and 10%) of each extract confirmed the antifeeding activity of both bitterwood extracts, as well as that of common rue foliage.

Introducción

Hypsipyla grandella (Lepidoptera: Pyralidae) es considerada como una de las principales plagas forestales en América Latina y el Caribe, ya que ataca maderas preciosas, como las caobas y los cedros (*Swietenia* spp. y *Cedrela* spp.). El daño principal es causado por la perforación de los brotes nuevos, especialmente el brote terminal, lo cual provoca su deformación o ramificación, reduciendo de esta forma el valor comercial del árbol.

Se han investigado varias opciones para el control de esta plaga (Newton *et al.* 1993), con resultados poco factibles operativa y económicamente. Dado el nivel de tolerancia tan bajo, de apenas una larva por árbol, se justificaría el empleo de un enfoque preventivo, basado en sustancias que afecten el comportamiento o la fisiología de *H. grandella*.

En tal sentido, cabe la posibilidad de explorar el efecto inhibidor de dichas sustancias sobre la alimentación (fagodisuasión), el cual se observó en pruebas preliminares (Shannon *et al.* 1997), y eventualmente existiría la posibilidad de utilizar extractos vegetales en forma

rústica o semi-rústica, como se hace con el nim (*Azadirachta indica*, Meliaceae) para otras plagas (Schmutterer *et al.* 1982). Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de algunos extractos vegetales sobre la alimentación de la larva de *H. grandella*.

Metodología

Los experimentos se realizaron en el CATIE, en Turrialba, Costa Rica. Tanto para el tamizado general de sustancias como para el bioanálisis se utilizó una cámara bioclimática (Percival I-35L), a 22°C, 80-90% HR y fotoperíodo de 12:12 (L:O). El experimento de invernadero, se hizo a 18,5 y 45°C (mínima y máxima) y 42-98% HR.

Inicialmente se evaluaron 29 sustancias vegetales, extraídas de diferentes estructuras (hojas, madera, botones florales, bulbos, frutos y semillas) de plantas pertenecientes a las familias Alliaceae, Chenopodiaceae, Compositae, Cucurbitaceae, Labiatae, Lamiaceae, Leguminosae, Meliaceae, Myrtaceae, Poaceae, Rutaceae, Simaroubaceae, Solanaceae, Umbelliferae y Winteraceae; la preparación de los extractos se hizo en el Centro de Investigación en Productos Naturales (CIPRONA), de la Universidad de Costa Rica. Además se incluyeron varios productos comerciales derivados de la semilla del árbol de nim (*A. indica*, Meliaceae), el ajo (*Allium sativum*, Alliaceae), la jojoba (*Simmondsia chinensis*, Buxaceae), el Eugenol U.S.P. (Guayacolato de glicerilo) y el Biomel (mezcla de aceites vegetales y extractos de varias plantas). Todas las sustancias se seleccionaron según sus efectos demostrados y bien documentados contra otros insectos, o por su disponibilidad, ya que habían utilizado en experimentos con otros insectos.

En los tres experimentos se utilizaron como testigos el agua y el agente tensoactivo ("surfactante"), que fue el Nu film 17, a una concentración de 0,03% (60 ml/ 200 l de agua). Los extractos se aplicaron con el agente tensoactivo, para favorecer su distribución sobre la superficie de la hoja.

El tamizado general incluyó las 29 sustancias, y se hizo sobre larvas de tercer instar de *H. grandella*, mediante la exposición de las larvas a discos foliares de cedro (*Cedrela odorata*) impregnados con una sola concentración (10%) de cada sustancia; se utilizó un diseño completamente al azar.

Del tamizado se seleccionaron seis sustancias en las que se detectaron posibles efectos fagodisuasivos o inhibidores del desarrollo: extractos de madera y follaje de hombre grande (*Quassia amara*, Simaroubaceae), follaje de ruda (*Ruta graveolens*, Rutaceae), fruto de tacaco cimarrón (*Sechium pittieri*, Cucurbitaceae), y dos productos comerciales (Azatín y Nim 80) derivados del nim.

Con ellas se efectuó un experimento en el invernadero, colocando tres larvas del primer instar de *H. grandella* en brotes terminales de cedro tratados con la concentración más alta de cada sustancia (10%). Las plantas se distribuyeron en un diseño completamente al azar, en un arreglo de campo de parcelas divididas en el tiempo, con diez plantas por cada tratamiento. Además, en el laboratorio, para cada una de estas sustancias se realizaron bioanálisis con concentraciones crecientes (0,1, 0,316, 1,0, 3,162 y 10%), a las cuales se

expusieron larvas de tercer instar, seleccionadas de colonias criadas sobre follaje tierno de cedro y dieta artificial; se utilizó un diseño de bloques completos al azar.

Tanto para el tamizado como para el bioanálisis, las variables de respuesta fueron el porcentaje del área foliar del disco consumida (a las 24 h), según una escala visual predefinida, el número de larvas muertas (cada 24 h), el tiempo de duración de cada instar larval y la pupa, y el peso de la pupa. Para el experimento en el invernadero, se determinó el número de perforaciones en el brote terminal y en las axilas de las ramas, de montículos, y de brotes y ramas desprendidos al alimentarse las larvas; esto se hizo a los 2, 4, 8 y 16 días después de la aplicación de las sustancias.

En todos los casos se realizaron análisis de varianza (ANAVA), utilizando la prueba de F, y para comparar las medias de cada tratamiento se utilizó la prueba de jerarquización múltiple de Tukey, con un valor de significancia fijo de 5% (α= 0,05). Además, se efectuaron correlaciones entre el consumo de discos foliares y la mortalidad de larvas. Se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS Institute 1985).

Resultados y discusión

En el análisis se pretendió discriminar entre tres tipos de efectos, que podrían manifestarse, solos o combinados: fagodisuasión, inhibición del desarrollo y toxicidad. Aunque en el tamizado general la mayoría de las sustancias no mostró claramente ninguno de estos efectos, no se puede descartar que los pudieran tener; por razones de tipo práctico ellas se evaluaron a una sola dosis, elegida con base en resultados previos en un experimento con *Q. amara* sobre *H. grandella* (Shannon *et al.* 1997). Aunque, por ejemplo, el Eugenol causó un efecto tóxico casi inmediato sobre la larva, no fue seleccionado para las evaluaciones posteriores, ya que la prioridad era hallar sustancias fagodisuasivas.

Por tanto, para las pruebas posteriores se eligieron las seis sustancias que sobresalieron con posible efecto fagodisuasivo: madera y follaje de hombre grande, dos derivados del nim (Azatín y Nim 80), follaje de ruda y fruto de tacaco cimarrón. Cuando estas sustancias se aplicaron directamente a plantas en el invernadero, hubo grandes diferencias en el daño provocado por la larva de primer instar (F= 5,46, g.l.= 7, 72, $p \leq 0,0001$), y sobresalieron los tratamientos con Azatín y madera de *Q. amara*; en éstos apenas una planta fue atacada, y ellos difirieron de los demás tratamientos, excepto de la ruda, donde hubo cinco plantas atacadas.

Los bioanálisis posteriores, en el laboratorio, revelaron que algunas sustancias, dependiendo de su concentración, pueden tener efectos mixtos, como fagodisuasivas, inhibidoras del desarrollo o insecticidas, sobre la larva de *H. grandella.* Casi todas las concentraciones del Azatín provocaron mortalidad directa de la larva, al igual que el extracto de tacaco cimarrón al 10%. Por su parte, el Nim 80 actuó como un regulador del crecimiento en casi todas sus concentraciones, inhibiendo el desarrollo de la larva; en ésta la exuvia quedaba adherida al cuerpo de la larva, formando una especie de constricción, lo cual causaba su muerte.

Las únicas sustancias que causaron fagodisuasión fueron los extractos de madera y follaje de *Q. amara*, así como el de ruda. Dicho efecto fue más notorio con la madera de *Q. amara*, para cuyas dos mayores concentraciones los valores de consumo fueron de apenas 0,14 y 0,68%. Sin embargo, se detectó para sus cuatro mayores concentraciones, así como para las tres mayores del follaje de *Q. amara*, y las cuatro mayores de la ruda.

Las discrepancias entre algunos de estos datos y los del invernadero posiblemente obedecieron a que en éste hubo mayor riesgo de volatilización de los compuestos activos, y a que las larvas tenían la oportunidad de de emigrar hacia partes de la planta no tratadas con las sustancias.

Desde el punto de vista del manejo de *H. grandella*, estas sustancias fagodisuasivas, e incluso aquellas inhibidoras del desarrollo, podrían tener un potencial importante, dentro de un enfoque preventivo, complementadas con otras tácticas, como el mejoramiento genético, las prácticas silviculturales y el control biológico. Aunque ellas tendrían varias de las restricciones de los insecticidas convencionales en dicho manejo, su principal ventaja es su carácter preventivo, al actuar rápidamente, antes de que la larva penetre en los brotes y cause daños de importancia económica.
Aunque estos resultados son promisorios, deberían considerar la disponibilidad de estas sustancias para los productores de caoba y cedro, su costo económico, y algunos aspectos operativos y de salud pública.

Dichos extractos quizás podrían utilizarse de manera rústica o semi-rústica, y buscando coadyuvantes que aumenten su persistencia en el campo. Hay evidencias preliminares de que el extracto de madera de *Q. amara* puede transportarse de manera sistémica en el cedro (Shannon *et al.* 1997), lo cual abriría la posibilidad de formularlos como materiales de liberación controlada, para aumentar su vida media. Otra posibilidad sería la de identificar el gen o genes responsables de la producción del principio activo fagodisuasivo en *Q. amara*, y transferirlos a árboles de caobas y cedros, mediante ingeniería genética.

En cuanto a los riesgos para la salud humana, al menos los extractos acuosos de la madera de *Q. amara*, en dosis de hasta 1000 mg/kg administradas oralmente, no causan efectos tóxicos agudos en ratones (García *et al.* 1996), lo cual indica que no implican riesgos si se ingieren.

Conclusiones

- Hay principios químicos fagodisuasivos sobre la larva de *H. grandella* en los extractos de madera y follaje de *Q. amara* y de ruda.
- Algunas sustancias de origen vegetal, dependiendo de su concentración, pueden tener efectos mixtos, como fagodisuasivas, inhibidoras del desarrollo o insecticidas sobre la larva de *H. grandella.*
- Dependiendo de su concentración, el Azatín y el extracto de tacaco cimarrón provocan mortalidad directa de la larva, mientras que el Nim 80 inhibe el desarrollo de la larva de *H. grandella.*

Literatura citada

GARCIA, M.; GONZALEZ, S. M.; PAZOS, L. 1996. Actividad farmacológica del extracto acuoso de madera de *Quassia amara* (Simarubaceae) en ratas y ratones albinos. Rev. Biol. Trop. (Costa Rica) 44(3)/ 45(1): 47-50.

NEWTON, A.C.; BAKER, P.; RAMNARINE, S.; MESEN, J. F.; LEAKEY, R.R.B. 1993. The mahogany shoot borer: Prospects for control. Forest Ecology and Management 57: 301-328.

SAS INSTITUTE. 1985. SAS User Guide: Statistics, Version 5 ed. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina. 956 p.

SCHMUTTERER, H. 1982. Ten years of neem research in the Federal Republic of Germany. **In** Schmutterer, H., Ascher, K.R.S. and Rembold, H. (eds.).. Natural pesticides from the neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss). (1.1980. Rottachegern, Germany). [Proceedings]. Eschborn, Germany. p. 21-31.

SHANNON, P.J.; VARGAS, C.; CUBILLO, D.; HILJE, L.; WA MASABO, M. A.; SANABRIA, G. 1997. Actividad biológica de hombre grande (*Quassia amara*) sobre *Hypsipyla grandella* (Lep.: Pyralidae). (Inédito).

MÉTODOS DE INOCULACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN *in vivo* DE *Bacillus popilliae* EN LARVAS DE *Phyllophaga menetriesi.*

Eduardo Hidalgo[1], Lorena Flores[1]
[1]Unidad de Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica, CATIE

Abstract
A laboratory experiment was carried out to compare three inoculation methods of spore suspensions of two *Bacillus popilliae* strains. Third instar *Phyllophaga menetriesi* larvae were inoculated with a dose of 2.5×10^6 Bp spores/larva by injection, topical application and fed with inoculated artificial diet. The highest infection was obtained in the injected treatment with the strain 524 (67%), follow by the strain 504 in the artificial diet treatment with 50% infection. A high percentage of asymptomatic mortality was observed with the strain 504 when topically inoculated.

Introducción

Bacillus popilliae (Bp) es un bacteria formadora de esporas que infecta exclusivamente estadios larvales de diversos géneros dentro de la familia Scarabeidae. La proliferación de esporas refractarias dentro del cuerpo de las larvas le confiere una coloración blanco-leche a la hemolinfa, originando los nombres con que vulgarmente se conocen este patógeno y la enfermedad que causa: espora lechosa y enfermedad lechosa, respectivamente.

La alta especificidad de esta bacteria así como la demostrada persistencia de sus esporas en el suelo, la convierten en un agente con gran potencial para ser utilizada en el control de poblaciones de larvas (Klein, 1992). *B. popilliae* muestra ventajas relativas sobre otros medios de control, debido a su capacidad para reproducirse en las larvas infectadas incrementando así su inóculo en el campo, lo cual permite un efecto multiplicativo en su disponibilidad para infectar un mayor número de larvas (Dutky, 1963). Se han observado aumentos considerables en los niveles de infección natural en periodos relativamente cortos aumentando, por ejemplo, de 29% a 69% en un lapso de 2 años en campos infestados con larvas de *Phyllophaga obsoleta* (Londoño, 1995), esta es una muestra evidente del potencial de la espora lechosa para el control de estas plagas.

Desde los primeros reportes en 1940, describiendo la enfermedad causada por *B. popilliae* (Dutky, 1940), ha aumentado el número de reportes de infección en varias especies incluyendo el género *Phyllophaga* (Shannon, 1994) y se hacen esfuerzos por adaptar el uso de esta bacteria a estrategias de control de estas plagas (Hidalgo *et al,* 1998). Sin embargo, una de las mayores limitaciones para el uso de este patógeno ha sido su característica intrínseca de ser un parásito obligado, para el cual no se ha podido desarrollar una metodología confiable y eficiente de producción *in vitro.*

La reproducción de *B. popilliae* en el laboratorio se ha basado principalmente en la inoculación, vía inyección, de suspensiones acuosas de esporas en el hemocele de las

larvas. Este proceso implica una alta inversión en mano de obra que eleva el costo del producto, por lo cual es necesario maximizar el rendimiento o buscar alternativas más viables para hacer este producto más accesible para los agricultores. Hidalgo *et al* (1998), han trabajado en la adaptación y mejoramiento de este sistema de producción para larvas de *Phyllophaga* spp, logrando niveles altos de infección y rendimientos aceptables en la producción de esporas por larva, sin embargo, es necesario mejorar el sistema aun más o bien experimentar con otras alternativas para la producción.

En este trabajo se comparan tres métodos de inoculación para la producción in vivo de dos cepas promisorias de *B. popilliae* sobre larvas de *P. menetriesi* de tercer estadio.

Metodología

Dos cepas promisorias de *B. popilliae* (504 y 524) aisladas originalmente de larvas de *P. menetriesi*, tercer estadio colectadas en Estelí, Nicaragua y Turrialba, Costa Rica respectivamente fueron preparadas en solución acuosa a una concentración de $5x10^8$ esporas/ml y probadas contra larvas de *P .menetriesi* de tercer estadio. Se comparó la efectividad de tres diferentes métodos de inoculación: 1- Inyección en el hemocele, 2- Inoculación tópica con jeringa y 3- Inoculación oral con dieta artificial. La inyección fue realizada a nivel del tercer segmento abdominal utilizando una microjeringa Hamilton de 250 µl graduada para dispensar 5µl por aplicación. Para la inoculación tópica se uso el mismo tipo de jeringa y volumen de aplicación, eliminando la punta de la aguja para disminuir el daño mecánico a las partes bucales de las larvas. La dieta artificial fue preparaba a base de agar y frijol y el inóculo fue colocado sobre secciones circulares de 2x3 mm con microjeringa. En todos los casos la dosis por larva fue de $2.5x\ 10^6$ esporas.

El inóculo se extrajo de larvas previamente inyectadas con las cepas requeridas y fue sometido a cuatro cambios alternos de temperatura (70° y 4°C) con el fin de eliminar posibles bacterias contaminantes de la suspensión.

Después de inoculadas las larvas permanecieron por 24 horas en celdas individuales de bandejas plásticas para cubitos de hielo; posteriormente se pasaron a vasos plásticos con suelo y una plántula de maíz como alimento. La incubación se realizó en un cuarto con temperatura controlada a 24-26°C. Las evaluaciones se realizaron cada siete días, contabilizando y separando las larvas infectadas y proporcionando nuevo alimento a las larvas en cada revisión. El experimento se prolongó hasta 35 días después de la inoculación.

Resultados y discusión

El patrón de infección fue diferente en cada método de inoculación para las dos cepas utilizadas. Los mejores resultados fueron obtenidos con la cepa 524 con un porcentaje de infección de 67%, 35 días después de la inoculación (DDI) por inyección, seguido por el la

cepa 504 inoculada en la dieta artificial, para la cual se observó un porcentaje de infección del 58% (figura 1).

La cepa 524 produjo infección con los tres métodos de inoculación, mientras que la cepa 504 no produjo síntomas típicos de infección por *B. popilliae* cuando se inoculó tópicamente. Sin embargo en este tratamiento se observó un elevado nivel de mortalidad asintomática (92%).

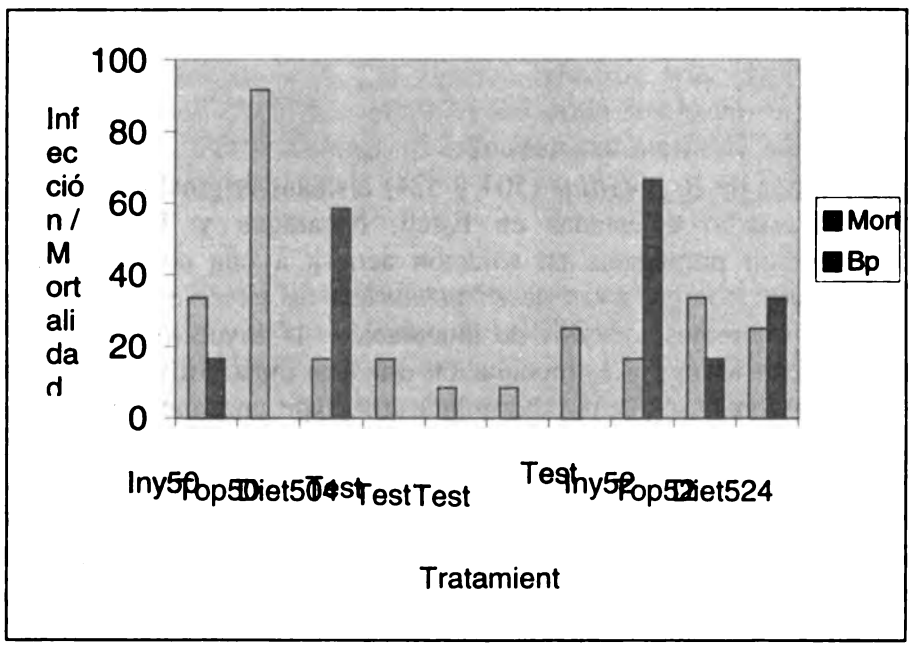


Figura 1. Porcentaje de infección y mortalidad asintomática de larvas de *P.menetriesi*, tercer estadio, 35 días después de inoculadas con una dosis de 2.5×10^6 esporas/larva de 2 cepas de *Bacillus popilliae*, utilizando 3 métodos de inoculación: inyección (Iny), inoculación tópica (Top) y dieta artificial (Diet).

Los porcentajes de infección obtenidos en este experimento con el tratamiento de inoculación por inyección, son menores a los observados en pruebas anteriores con las mismas cepas (Hidalgo *et al*, 1998), sin embargo la inyección del inoculo directamente en el hemocele se mantiene como la metodología más efectiva para la producción in vivo de *B. popilliae* . Es necesario realizar más investigaciones para superar las inconsistencias en los resultados.

Conclusiones

La inoculación vía inyección es el método más eficiente para la producción *in vivo* de *B. popilliae* en *P. menetriesi*, pese a que aún se deben determinar los factores que inducen la falta de consistencia

La inoculación tópica puede ocasionar altos niveles de mortalidad asintomática, dependiendo de la cepa que se esté utilizando. Se debe investigar si este fenómeno se debe a factores inherentes a la cepa o a algún tipo de contaminante con efecto tóxico al ser ingerido por las larvas.

El método de inoculación por ingestión (vía natural de entrada del patógeno en las larvas) produjo altos niveles de infección corroborando el potencial de *B. popilliae* para uso en el control de esta plaga.

Literatura citada

DUTCKY, S. 1940. Two new spore forming bacteria causing milky desease of japanese beetle larvae. J. of Agricultural Research (USA) 60(1): 57-68.

DUTKY, S. 1963. The milky disease. In Steinhaus, A., ed. Insect pathology. An Advanced Treatise Vol. 2. New York, EE.UU. Academic Press. P. 75-114.

HIDALGO, E.; SHANNON, P.; FLORES, L.. 1998. Selección de cepas de *Bacillus popilliae* para el control de especies de *Phyllophaga* (Col:Melolonthidae). En: Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleopteros edafícolas americanos. M.A. Morón y A. Aragón (Eds.) 1998. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Sociedad Mexicana de Entomología, A.C. Puebla, México. pp.165-172.

KLEIN, M.G., 1992. Use of *Bacillus popilliae* in japanese beetle control. pp 179-189 *In*: JACKSON T.A. & GLARE, T.R. (eds), Use of pathogens in scarab pest management. Andover, U.K., Intercept.

LONDOÑO, M. 1996. Estrategias para el manejo de la chiza (Col: Scarabaeidae). Informe técnico. CORPOICA, Rionegro. 1996. Antioquia. Colombia. P 15-18

SHANNON, P. 1994. Annual Technical Report. En Informe Proyecto MIP-Plagas del suelo. pp. 14-17.

EFECTO DE *Beauveria bassiana* SOBRE LA MORTALIDAD DEL PICUDO DEL CHILE *Anthonomus eugenii.*

Joaquín Durán[1], Manuel Carballo[2].Escuela de Postgrado CATIE[1], Unidad Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica[2],

Abstract

A bioessay was carried out, under laboratory conditions, to evaluate the effect of *B. bassiana* alone, in mixture with insecticide fipronil and oil agrol on mortality of pepper weevil adults (*A. eugenii*). Regent (fipronil) alone or in combination with *B. bassiana*, and *B.bassiana* in formulation with agricultural oil Agrol, were efficient in controlling pepper weevil adults. The mean lethal time varied of 6.48 hours, for the insecticide Regent in mixed with *Beauveria bassiana*, to 50.64 hours, for fungus alone. The treatments with the insecticide alone produced 100% mortality on the same day of application.

Key words: *Anthonomus eugenii*, pepper weevil, *Beauveria basssiana*, microbial control, fipronil.

Introducción

El picudo del chile *A. eugenii* (Cano) es una plaga originaria de Mesoamérica, localizándose en Norte América, Centro América, y el Caribe. De reciente introducción en Costa Rica, su importancia se ha incrementado debido a que los daños ocurren en las épocas de floración y fructificación ya que causa la caída de yemas florales, flores y frutos pequeños. En muchas ocasiones la plaga se hace incontrolable alcanzando pérdidas totales en el cultivo. El control químico es el más utilizado para reducir las pérdidas de producción en cantidad y calidad de frutos debido al relativo bajo costo y disponibilidad de los mismos (Stansly, 1998). La baja eficacia del control químico plantea la necesidad de contar con nuevas alternativas de control como el uso de hongos entomopatógenos. Trabajos preliminares de laboratorio demuestran el alto potencial de estos hongos para el control microbiano del picudo (Schuster *et al.*, 1996, Carballo *et al.*, 1998). Gómez y Jiménez (1995), comprobaron la patogenecidad de *B. bassiana* sobre adultos de *A. eugenii*, donde la inmersión de adultos del picudo en soluciones del hongo ($1x10^8$ conidios/ml), causó mortalidades mayores a 80%. En Costa Rica, se evaluaron 12 cepas de *B. bassiana* provenientes de la colección de hongos entomopatógenos del CATIE (Carballo, 1996).

En esta investigación se evaluó el efecto de la mezcla de formulaciones de *B. bassiana* con dosis del insecticida Fipronil en comparación con el control químico usado por el agricultor, sobre la efectividad y patogenecidad de *B. bassiana* y la mortalidad de adultos del picudo del chile.

Metodología

Este estudio se realizó en el Laboratorios de Control Microbial de la Unidad de Fitoprotección del CATIE, entre setiembre y octubre de 1998. Se evaluaron ocho tratamientos en un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas y 4 repeticiones, para un total

de 32 unidades experimentales. Los tratamientos fueron: Aceite Agrícola Agrol (Ag, 20cc/l agua), Aceite Agrícola Agrol con *B. bassiana* (Ag+Bb, 20cc/l agua +1,2x10^7 conidios/ml), *B. bassiana* en agua (Bb, 1.2x10^7 conidios/ml), Regent dosis baja (Rb, 0.02cc ia /l agua), Regent dosis alta (Ra, 0.1cc ia /l agua), Regent dosis baja con *B. bassiana* (Rb+Bb, 0,02cc ia /l agua +Bb), Regent dosis alta con *B. bassiana* (Ra+Bb, 0,1cc ia /l agua) y un Testigo Absoluto (T). Se colocaron diez adultos del picudo en viales plásticos y a cada grupo de adultos se les aplicó los tratamientos descritos mediante aspersión utilizando un aerógrafo Junior 03 (5923, Lukas), acoplado a un compresor Pulmo-Aide (561, Devilbiss), con una presión máxima de 1,8 kg/cm^2. Los adultos se alimentaron con hojas de chile durante los días del experimento. Se evaluó la mortalidad acumulada diaria, y la efectividad de los tratamientos se indicó por el porcentaje de mortalidad y el tiempo medio letal en un periodo de siete días. Se estimó el número de conidios por insecto muerto, colocándose éstos en recipientes con la humedad necesaria para permitir la esporulación del hongo y calcular la producción de conidios. Esporulado el hongo, los insectos se sumergieron en agua destilada con Tween 80 (0.3%) y se agitaron por tres minutos. Luego se colocaron 10 µl de la solución en un hematocímetro para realizar el conteo de esporas liberadas por insecto.

Se realizó un Análisis de Varianza, y Prueba de Tukey (α = 0,05) y la efectividad de los tratamientos fue evaluada por el porcentaje de mortalidad y el tiempo letal medio (TL50), mediante el análisis de próbitos (SAS Institute 1985).

Resultados y discusión

El porcentaje de mortalidad de adultos varía de 45 a 100%, obteniéndose la mayor mortalidad (100%) un día después de la inoculación utilizando Regent solo (dosis alta) y en mezcla con *B. bassiana*, mientras que a los siete días, la mortalidad en solo *Beauveria* fue de 97.5%, y en el Testigo de 45% (Fig. 1). El tiempo letal medio (TL50) para los tratamientos del insecticida Regent en dosis alta solo y en mezcla con *B. bassiana*, no pudo ser determinado estadísticamente debido a la mortalidad total de los individuos desde el primer día, mientras que para tratamiento *B. bassiana*-solo este fue de 2.11 días.

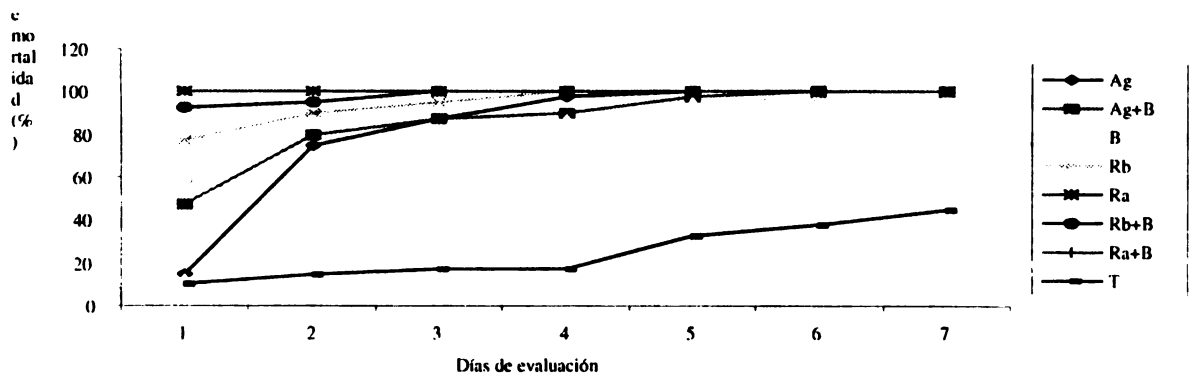


Figura 1. Porcentaje de mortalidad de adultos de *Anthonomus eugenii*, bajo los tratamientos aplicados. CATIE, Turrialba, 1998.

La mayor mortalidad de adultos de picudo por día corresponde a los tratamientos de insecticida Regent en dosis alta y en mezcla con *B. bassiana*, los cuales desde el primer día después de la inoculación la mortalidad fue del 100%. El tratamiento Regent en dosis baja y Regent dosis baja+Bb presentan mortalidades también del 100%, pero alcanzado a los 0,56 y 0,27 días, después de la inoculación. El tratamiento que utilizó solo esporas de Bb en agua aplicados sobre los adultos del picudo, mostraron la mayor cantidad de esporas producidas por insecto, mientras que el tratamiento Regent dosis baja con el hongo fue el que produjo menor cantidad, con $8{,}77 \times 10^6$ y 2.25×10^6 esporas respectivamente. Los tratamientos de Agrol+Bb y Regent dosis alta+Bb, presentan cantidades intermedias de producción de esporas.

Conclusiones

El insecticida Regent solo o en combinación con *B. bassiana* y *Beauveria* en formulación con el aceite agrícola (Agrol), mostraron ser efectivos para el control de adultos del picudo del chile.

El uso de dosis baja de insecticida en mezcla con *B. bassiana* predispone al insecto al ataque del hongo, provocando la muerte lenta de los individuos y la permanencia de inóculo infectivo en el ambiente.

El tratamiento *Beauveria*-sola aplicado a adultos del picudo del chile, produjo la mayor cantidad de esporas sobre los insectos muertos, mientras el tratamiento de Regent en dosis baja con el hongo fue el que produjo la menor cantidad. Sin embargo, en ambos casos el hongo tiene la oportunidad de aumentar sus estructuras infectivas en el campo, incrementando su potencial de control natural de la plaga en el tiempo.

Literatura Citada

CARBALLO, M. 1996. Control microbiano de adultos de picudo del chile *Anthonomus eugenii* mediante el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. Proyecto de Investigación MIP-CATIE. 6p. (Inédito).

CARBALLO, M.; RODRÍGUEZ, L.; DURÁN, J. 1998. Uso de *Beauveria bassiana* (Blas) para el control microbiano del picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano) en el laboratorio. *In.* VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas (1998, Managua, Nicaragua). Memorias. Ed. J. C. Mercado. Managua, Nicaragua. p. 109.

GÓMEZ, V. M.; JIMÉNEZ, C. M. 1995. Patogenecidad de *Beauveria bassiana* sobre adultos del picudo del chile (*Anthonomus eugenii*). Presentado en I Taller Nacional de Control Biológico. León, Nicaragua. Proyecto CATIE/INTA-MIP. Avances técnicos. Tomo 4. 95-97 p.

SAS INSTITUTE. 1985. SAS User guide: Statistics, Version 5 ed. Cary, NC, SAS Institute Inc. 956p.

STANSLY, P. 1998. Management of pepper pests in Florida. Citrus & Vegetable Magazine (April) 1-4.

SCHUSTER, D. J ; SEAL, D. R. ; STANSLY, P. A.; CRUZ, C. 1996. Development of biological control techniques for management of the pepper weevil. University of Florida, University of Puerto Rico. 8p.

EFECTO DE FUNGICIDAS SOBRE LA GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO DE *Beauveria bassiana*.

Joaquín Durán[1], Manuel Carballo[2],Escuela de Postgrado, CATIE[1], Unidad de Fitoprotección,

Area de Agricultura Ecológica

Abstract

The effects of fungicides on growth, germination of *Beauveria bassiana* was evaluated in laboratory conditions. The results demonstrated that the fungicides Benlate, Curzate, Acrobat, Daconil, Antracol and Dithane have an inhibitory effect over the fungi germination and growth. The fungicides Aliette, Previcur and Kocide did not affect the growth and the germination of the fungus in a significant way.

Key words: *Beauveria bassiana*, growth, inhibition, fungicides

Introducción

La susceptibilidad de agentes microbiológicos a fungicidas, se ha documentando desde hace treinta años, cuando se observó la inhibición de *Cephalosporium aphidicola* utilizado en el control microbial de *Aphis gossypii*, por los fungicidas benomyl y triarimol (Wilding 1972). Tedders (1981), observó la inhibición en germinación y crecimiento conidial de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, por los fungicidas triphenyltin hydroxide, zineb y benomyl, utilizados en el cultivo de la peca (*Carya illioensis)*, para el control del picudo *Curculio caryae*.

En Cuba, Calderón *et al* (1991), demostraron que los fungicidas benomyl, propiconazol y zineb afectan la germinación conidial y formación de biomasa de *B. bassiana*. Rivera (1993), demostró que la geminación *B. bassiana* fue inhibida por los fungicidas cyproconazol, hexaconazol, triadimefon y oxicloruro de cobre. Por otro lado, Todovora (1997) cita que los fungicidas clorotalonil, maneb, tiofanato-metil, mancozeb, metalaxyl-mancozeb y zineb, inhiben el crecimiento micelial y esporulación de *B. bassiana*.

Carballo *et al.* (1998), indican que el crecimiento del hongo *B. bassiana* es inhibido por fungicidas siendo el Antracol, Dithane y Benlate los más perjudiciales, mientras que los fungicidas Daconil y Previcur no tienen un efecto drástico sobre el hongo.

El presente documento determinó el efecto de los fungicidas utilizados en el cultivo del chile sobre la germinación de esporas, crecimiento diametral y la tasa de crecimiento diario del hongo entomopatógeno *B. bassiana*.

Metodología

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Control Microbial de la Unidad de Fitoprotección del CATIE, entre agosto y setiembre de 1998.

Prueba de germinación de B. bassiana. Se realizó la prueba en medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) conteniendo los fungicidas Acrobat, Curzate, Aliette, Kocide, Antracol, Dithane, Benlate, Previcur y Daconil, en tres dosis (100, 500 y 1000 ppm), un tratamiento testigo y se utilizó una solución de *B. bassiana* (B-447) de 1.2×10^5conidios/ml. en agua destilada, para un total de 28 tratamientos, con tres repeticiones. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar. Se preparó el medio de cultivo utilizando 40 g de PDA por litro de agua destilada, y autoclavando la solución a130ºC, presión de 15 bares/30 min. El medio fue repartido en volúmenes de 100 ml, manteniéndolos a 50ºC con el propósito de agregar cada uno de los fungicidas a evaluar y posteriormente depositarlo en los platos Petri. Se distribuyó 200µl de la solución del hongo sobre cada uno de los medios. El porcentaje de germinación de 100 esporas, se estimó a las 16 y 24 horas de la inoculación. Las repeticiones se almacenaron en incubadora a temperatura controlada (26ºC).

Ensayo de susceptibilidad de B. bassiana a fungicidas. La susceptibilidad *B. bassiana* se determinó con los mismos tratamientos usados en el ensayo anterior y un testigo, para un total de 28 tratamientos, con cuatro repeticiones, distribuidos en un diseño de bloques completos al azar. Los platos Petri se prepararon de igual forma que el ensayo anterior. Previamente, se sumergieron por 15 minutos, círculos de papel de filtro esterilizado de 0.6 mm en una solución de agua esterilizada con esporas del hongo (1.2×10^7 conidios/ml). Luego se colocó el círculo de papel filtro en cada uno de los tratamientos. La susceptibilidad se evaluó mediante el crecimiento diametral del hongo en cada tratamiento. La medición del crecimiento del hongo (centimetros) se realizó diariamente, durante dos semanas, iniciando un día después de colocado el hongo sobre cada tratamiento. Los datos fueron analizados utilizando la medición diamétrica máxima y la tasa de crecimiento diario (diámetro final - diámetro inicial)/Número de días) por cada repetición, mediante un Análisis de Varianza y pruebas de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Efecto de los fungicidas sobre la esporulación. Finalizada la fase de crecimiento del hongo, se realizó el conteo de esporas de los tratamientos que mostraron un crecimiento y esporulación visible del hongo. Se mezcló el medio de agar con 50 cc de agua y mediante agitación y ayuda de un ultrazonificador se separaron los conidios y se colocaron 10 µl de la solución en el hemacitómetro para realizar el conteo de las esporas.

Resultados y discusión

Prueba de germinación de B. bassiana. El análisis de varianza mostró un efecto de los fungicidas a diferentes concentraciones sobre el porcentaje de germinación. Alliette, Previcur y Kocide mostraron una alta germinación de esporas, tanto a las 16 como a las 24 horas, para las tres concentraciones evaluadas, mientras que los demás fungicidas inhibieron la germinación. Benlate (100 ppm) no inhibe la germinación en ninguno de los dos periodos de evaluación, pero si es capaz de inhibirla a 500 y 1000 ppm.

Ensayo de susceptibilidad de B. bassiana a los fungicidas. Aliette, Previcur y Kocide no inhiben el crecimiento del hongo en las concentraciones de estudio. Los demás productos produjeron una completa inhibición del hongo a lo largo del periodo de experimentación,

mostrando diferencias en el crecimiento. Previcur presenta el mayor crecimiento diametral de los fungicidas evaluados en 100, 500 y 1000 ppm, variando significativamente de los demás productos de estudio, pero no de Kocide en 1000 ppm. No existen diferencias sobre la tasa de crecimiento entre los fungicidas Previcur, Kocide y el Testigo, mientras que si existen diferencias significativas entre los demás fungicidas. El fungicida Previcur presenta la mayor tasa de crecimiento, incluso que el tratamiento testigo.

Efecto de los fungicidas sobre la esporulación. Los fungicidas Aliette, Previcur y Kocide mostraron un crecimiento visible y a su vez esporularon después del periodo de evaluación. El fungicida Previcur (500 ppm) muestra las mayores cantidades de esporas producidas, mientras que Aliette (1000 ppm) produjo la menor cantidad. El testigo produjo la mayor cantidad de esporas que todos los fungicidas. . Algunos de los fungicidas que demostraron tener un efecto negativo sobre la germinación, esporulación y crecimiento de *B. bassiana*, concuerdan con los estudios realizados por Wilding, 1972 y Calderón et al, 1991.

Conclusiones

Aliette, Previcur y Kocide, no afectaron en forma significativa la germinación y el crecimiento de *B. bassiana*. Por otro lado, la inhibición en el crecimiento y la germinación fue demostrada por los fungicidas Benlate, Curzate, Acrobat, Daconil, Antracol y Dithane. Esto permite tomar decisiones de aplicación en el campo de la compatibilidad de los fungicidas sobre *B. bassiana*, y además sobre la formulación o mezcla más adecuada en el combate de plagas agrícolas.

Literatura citada

CALDERÓN, A.; CASTIÑEIRAS, A.; LÓPEZ, M. 1991. Efecto de los biocidas y fertilizantes empleados en el cultivo del plátano en Cuba sobre los hongos entomopatógenos. 1. *Beauveria bassiana*. Protección de Plantas (Cuba) 1(1): 21-31.

CARBALLO, M.; DURÁN, J.; RODRÍGUEZ, L. 1998. Efecto de fungicidas de uso común en el cultivo del chile sobre el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. 6p. (En prensa).

RIVERA, M. A. 1993. Estudio sobre la compatibilidad del hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. con formulaciones comerciales de fungicidas e insecticidas. Revista Colombiana de Entomología 19(4): 151-158.

TEDDERS, W. L. 1981. *In vitro* inhibition of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* by six fungicides used in pecan culture. Environmental Entomology 10(3): 346-349.

TODOVORA, S. I.; CODERRE, D.; DUCHESNE, R. M.; CÔTE, J. C. 1997. Compatibility of the *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin with selected fungicides and herbicides. *In.* Annual Meeting Society for Invertebrate Pathology (30, 1997, Alberta Canadá). Programmand Abstracts. p. 64.

WILDING, N. 1972. The effect of systemic fungicides on the Aphid Pathogen, *Cephalosporium aphidicola*. Plant Pathology 21(3): 137-139.

EFECTO DE SUSTRATOS Y ANTAGONISTAS SOBRE TIZON TARDÍO EN TOMATE

Juana Elizabeth Pérez Mancia[1],

Vera Sánchez Garita[2],Escuela de Postgrado, CATIE[1],Unidad de Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica[2],

Abstract

This investigation evaluated the effect of two foliar amendments, cellulose (1 and 2 g/L) and glucane (40 and 80 g/L of colloidal glucane 0.28% p/v), and five antagonists obtained from the CATIE's collection namely, *Serratia* sp. (054), *Penicillium* spp. (067 y 071), *Trichoderma* sp. (069) and *Fusarium* sp. (108), on the development of *Phytophthora. infestans* in tomato plants cvs. Hayslip and Pieraline. All the antagonists evaluated showed a clear effect of interfering with disease development under controlled. *Penicillium* sp. (067) was the best antagonist having presented the least severity when applied with foliar amendments and, in addition, did not allow disease development when applied without foliar amendments. irrespective of the concentration used. The best foliar amendment evaluated was cellulose (2 g/L) because lower levels of disease severity and longer incubation periods were observed when combined with the evaluated antagonists, except with *Trhichoderma* sp. (069). Tomato cv. Pieraline was tolerant to *P. infestans* infection because no disease symptoms were observable. These results provide important information on the biological control of *P. infestans* and suggest the need to continue working with other antagonist and combinations of foliar amendments.

Introducción

El tomate es un cultivo muy rentable y ampliamente distribuido en toda el área centroamericana, su producción se ve limitada por el ataque de patógenos, como *phytophthora infestans*, causante del tizón tardío. En costa rica y en la mayoría de los países del área el control de esta enfermedad, depende principalmente de la aplicación de fungicidas, sin embargo con el propósito de mantener la sostenibilidad del cultivo es necesario involucrar otras practicas de cultivo que permitan disminuir el uso de agroquímicos. El uso de control biológico de este patógeno se ha estudiado (rodgers, 1989; jindal et al., 1988, jongebloed *et al.*, 1993 y clulov et al. 1995). El catie realizó una búsqueda de antagonistas de este patógeno y en la actualidad cuenta con una colección de 32 microorganismos seleccionados por su capacidad de disminuir la severidad causada por este patógeno en tomate (sánchez garita *et al.*, 1998). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de sustratos y antagonistas sobre el desarrollo de tizón tardío en tomate.

Metodología

En condiciones bajo techo se evaluó el efecto de dos sustratos, celulosa (1 y 2 g/L) y glucano (40 y 80 g/L de glucano coloidal 0,28% p/v), cinco organismos antagonistas provenientes de la colección de CATIE: *Serratia* sp. (054), *Penicillium* spp. (067 y 071), *Trichoderma* sp. (069) y *Fusarium* sp. (108), sobre el desarrollo de *Phytophthora infestans* en los cultivares de tomate Hayslip y Pieraline. Veinticuatro horas después de aplicados los sustratos se inocularon los antagonistas (10^5 esporas y 10^7 unidades formadoras de colonias

de los aislamientos de hongos y bacterias respectivamente) y 48 horas después el inóculo de *P. infestans* (8 x 10^3 esporangios/ml) en los tres foliolos terminales de las hojas tercera y cuarta de cada planta. Además se evaluó el efecto de la formulación (1:9 aceite en agua) sobre la actividad de los antagonistas.

El inóculo del patógeno se mantuvo *in vivo* en hojas de tomate del cultivar Hayslip. Se hicieron observaciones diarias de la severidad de la enfermedad según el porcentaje de área foliar afectada (PAFA) en los foliolos inoculados y del período de incubación.

Resultados y discusión

Todos los antagonistas evaluados mostraron un efecto claro de interferencia sobre el desarrollo de la enfermedad en condiciones bajo techo, pues disminuyeron la severidad de la enfermedad en más de un 200% respecto al testigo. *Penicillium* sp. (067) fue el mejor antagonista ya que presentó la menor severidad cuando fue aplicado con sustratos y no permitió el desarrollo de la enfermedad cuando se aplicó sin sustratos, características que le dan un alto potencial como agente de control biológico de *P. infestans*.

Los sustratos ejercieron un efecto negativo sobre *Trichoderma* sp. (069) ya que la severidad de la enfermedad aumentó cuando dicho antagonista se inoculó posteriormente a la aplicación de sustratos. La severidad observada con los antagonistas fue mayor cuando se aplicó glucano que cuando se usó celulosa, independientemente de las concentraciones evaluadas.

El mejor sustrato evaluado fue celulosa 2 g/L en donde se observaron los menores niveles de severidad y mayores períodos de incubación al combinarse con los antagonistas evaluados, a excepción de *Trichoderma* sp. (069). No se observó efecto antagónico cuando el sustrato (celulosa 2 g/L) y el antagonista (*Penicillium* sp. 067) se aplicaron 1 ó 2 semanas antes del patógeno.

El cultivar Pieraline presentó tolerancia al ataque de *P. infestans* pues no mostró síntomas de la enfermedad. Bajo condiciones ambientales naturales la formulación con aceite - agua favoreció el efecto antagonista, únicamente de *Fusarium* sp. (108).

Conclusiones

Los resultados obtenidos aportan información importante para el control biológico de *P. infestans* y demuestran el potencial de los microorganismos previamente seleccionados como agentes de control de este patógeno, así como la importancia de usar sustratos que favorezcan el establecimiento y actividad de los antagonistas. Además justifican la necesidad de continuar investigando con otros antagonistas y combinaciones de sustratos.

Literatura citada

CLULOW, S.A.; STEWART, H. E.;DASHWOOD, E.P.; WASTIE, R.L. 1995. Tuber surface microoganisms influence the susceptibility of potato tuber to late-blight. Annuls of Applied Biology 126:33-43.

JINDAL, K.K.; SINGH, H. MADHU, M., MEETA, M. 1988. Biological control of *Phytophthora infestans* on potato. Indian Journal of Plant Pathology 6(1):5962.

JONGEBLOED, P.H.J.; KESSEL, G.J.T.; VAN DER PLANS; C.H.; MOLHOEK, W.M.L. FOKKEMA, NJ. 1993. Biological control of *Phytophthora infetans* with selected bacterial antagonists. IN Proceedings ICPP 6 Montreal (Resumen)

Rodgers, P.B. 1989. POTENTIAL OF BIOLOGICAL CONTROL AS A SOURCE OF ANTIFUNGAL COMPOUNDS FOR AGOCHEMICAL AND PHARMACEUTICAL PRODUCT DEVELOPMENT. PESTICIDES SCIENCE 27:155-164.

ROY, S., SINGH, B.D.;BHATTACHARYYA, S.K. 1991. Biological of late-blight of potato . Phytothora Newsletter 17:18.

SANCHEZ GARITA, V; BUSTAMANTE, E.; SHATTOCK, R. 1998. Selección de antagonistas para el control biológico de *Phytophthora infestans* en tomate, Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 48:25-34.

EVALUACIÓN DE MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO E INDUCTORES DE RESISTENCIA EN BANANO (*Musa* sp.)

Juan Carlos Camacho Agüero[1],Elkin Bustamante Rojas[2],Francisco Jiménez Otárola[3], Nelly Vásquez Morera[4].Escuela de Posgrado, CATIE[1],Unidad de Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica[2],Area de Cuencas y Sistemas Agroforestales[3], Unidad Biotecnología, Area Agricultura Ecológica[4]

Abstract

This study evaluated ten treatments, which included six plant growth-promoting and inducted resistance microorganisms, one organic amendment, two micorrhycic fungi and two controls, one for each type of substrate used. Their capacity to increase growth in banana plants and resistance to black leaf spot disease was measured. The experiment was conducted in two stages, first in the screenhouse, and later in pots in a field highly affected by the disease. In the first stage, results did not show clear differences in growth variables, except in bocashi and *Pseudomonas cepacia*, which showed advantages to increase leaf area and plant height. In the second stage, the treatment with bocashi was again the one which had the greatest increases in growth variables. However, *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma harzianum* also achieved good results. *P. fluorescens* was able to significantly decrease the disease's severity.

Key words: Plant growth promotion, induced resistance, bacteria, *P. fluorescens*, *P. cepacia*, *Trichoderma harzianum*, micorrhyzas, bocashi, black leaf spot disease.

Introducción

En el cultivo del banano el control de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) es un factor determinante en los costos, por ser altamente dependiente del uso de agroquímicos (Agne 1995).

Algunas bacterias, como *Serratia marcescens* ha probado controlar la Sigatoka mediante la degradación de la pared del hongo por la acción quitinolítica de las sustancias que produce la bacteria.

La posibilidad de que algunas bacterias conocidas como promotoras de crecimiento e inductoras de resistencia, logren una colonización endofítica que permita una respuesta de control de Sigatoka motivó a llevar a cabo el presente trabajo.

Metodología

El experimento consistió de diez tratamientos y cuatro repeticiones con diseño completamente al azar. Se hizo en dos etapas. En la primera las plantas, sembradas en macetas, se mantuvieron en una casa de mallas de CATIE y se evaluaron variables de crecimiento. En la segunda las mismas plantas fueron trasladadas a una plantación de banano altamente infectada con Sigatoka, ubicada en la Finca "La Montaña" de CATIE, se evaluó además de las variables de crecimiento la severidad de ataque del Sigatoka.

Las bacterias *S. marcescens*, *Pseudomonas florescens* y *P. cepacia*, se aplicaron en suspensiones de 10^9 unidades formadoras de colonias (ufc) $^{-1}$, el hongo *Trichoderma harzianum* se inoculó en suspensiones de 10^6 conidios ml $^{-1}$ y los microorganismos Eficaces (E.M) se aplicaron en soluciones de 1:1000. Los tratamientos anteriores se aplicaron a razón de 150 ml por semana al sustrato en que estaban sembradas las planta de banano micropropagadas, el cual consistía en una mezcla de 75 partes de suelo por 25 de broza ambos esterilizados en autoclave; la broza contenía además un suplemento alimenticio para las bacterias a base de sacarosa, aceite y melaza. Dos tratamientos consistían en la inoculación de los hongos micorrícicos *Glomus* sp y *Gigaspora* sp., en este caso al suelo esterilizado se le incorporó 6 g de inóculo de micorrizas. Un tratamiento más consistió en la utilización de la enmienda orgánica conocida como "Bocashi", en mezcla con suelo estéril a razón de 85 partes de suelo por 15 partes de bocashi. Finalmente se utilizaron dos testigos, uno de ellos de suelo esterilizado (testigo absoluto) y otro de suelo esterilizado y broza (testigo sustratado).

Resultados y discusión

En la primera etapa el tratamiento con bocashi favoreció las variables de área foliar (Fig.1) y altura de planta, en otras variables las diferencias no fueron significativas. En el caso del área foliar, la bacteria *P.cepacia* presentó diferencias significativas con respecto al testigo sustratado y al absoluto. Estudios realizados por Gutiérrez (1996), muestran que al utilizar un sustrato a base de bagazo de caña inoculado con la bacteria *S. marcescens*, se logró incrementar significativamente el área foliar.

En la segunda etapa, las diferencias entre los tratamientos fueron más obvias; Alexánder (1997) atribuye a condiciones físicas del suelo la capacidad de afectar la población bacterial y su potencial bioquímico. El bocashi, al igual que en la etapa anterior fue el tratamiento que más favoreció las variables de área foliar (Fig. 2) y altura (Fig 3). Sin embargo, el desempeño de las bacterias y el hongo *T. harzianum* si difirió. Para esta etapa el tratamiento con la bacteria *P. fluorescens* presentó un incremento en área foliar y altura igual al bocashi y superior a *P. cepacia*.. Estos resultados sugieren una ventaja de *P. fluorescens* sobre *P. cepacia* para mostrar su efecto en condiciones de campo. En esta etapa también se debe distinguir el efecto positivo que exhibió el tratamiento inoculado con *T. harzianum*. Broadbent *et al* (1997), *Chun et al* (1986) y Cuervo (1997) reportaron resultados similares

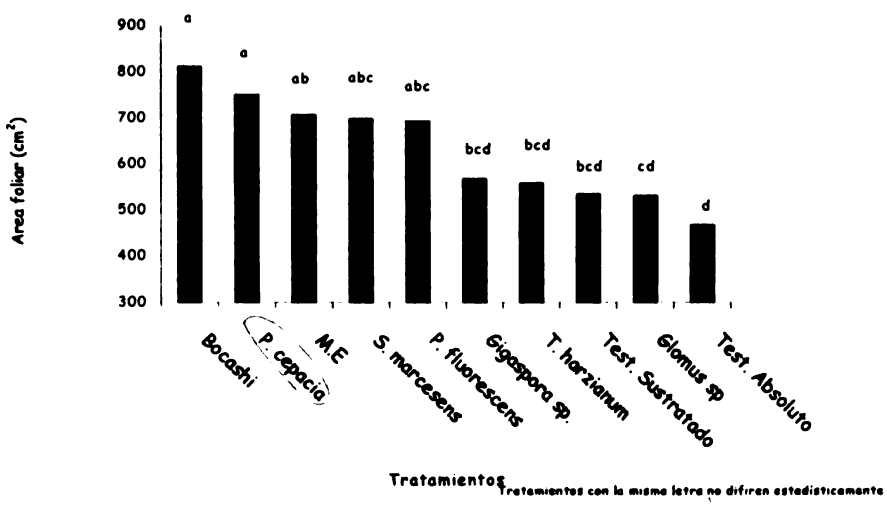


Fig 1. Incremento en el área foliar de los diez tratamientos en la fase de invernadero

al observar que microorganismos promotores de crecimiento favorecían estas variables.

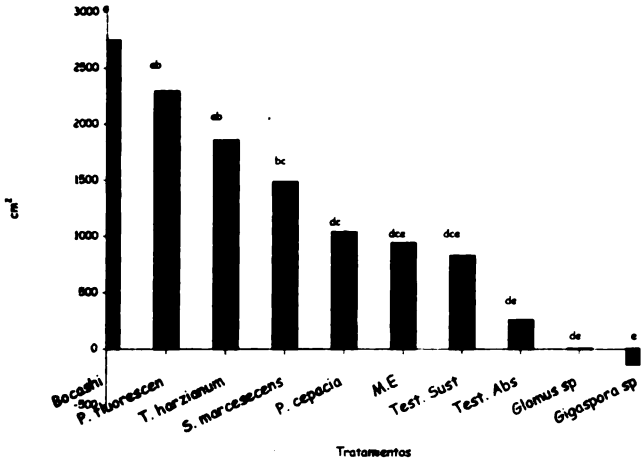


Fig. 3 Incremento en el área foliar (cm²) en macetas en el campo.

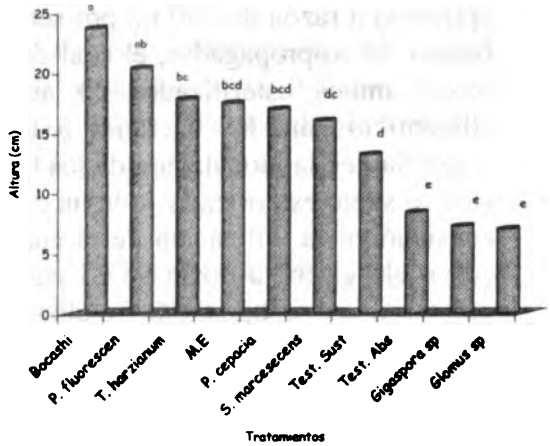


Fig 4. Incremento en la altura de la planta en la etapa de macetas en el campo

La figura 4 muestra que el tratamiento inoculado con la bacteria *P. fluorescens* presentó un ataque menos severo que su testigo de referencia (sustratado); sin embargo no se diferencia mucho de otros grupos de microorganismos; en este caso, el tratamiento con sustrato de bocashi presentó niveles de severidad igual que el testigo sustratado pero menores que su testigo de referencia (absoluto). Resultados similares han sido reportados para el ataque de mancha angular en pepino utilizando las bacterias *P.putida*, *S. marcescens* y *Bacillus pumilus* (Wei et al 1995).

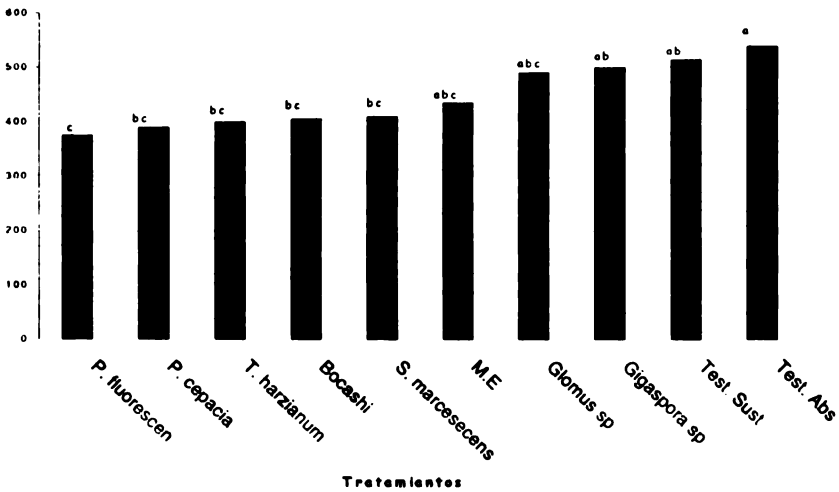


Fig. 5 Severidad de promedio sigatoka negra (*M. fjiensis*) en la etapa de macetas en el campo

Conclusiones

El bocashi tiene un efecto positivo sobre la altura de plantas de banano y su área foliar tanto en invernadero como en campo. Mientras la bacteria *P. cepacia* se desempeña de manera similar al bocashi pero en condiciones de invernadero. En cuanto a los microorganismos inoculados en las macetas en el campo, es la bacteria *P. fluorescens* y el hongo *T. harzianum* quienes mostraron los mejores resultados para las variables de altura y área foliar.

El tratamiento con inóculo de *P.cepacia* logra disminuir significativamente la severidad del ataque de sigatoka; sin embargo el bocashi también logra reducir la severidad del ataque con respecto a su testigo.

Literatura citada

AGNE, S. 1995 . Economic analysis of crop protection policy in Costa Rica. Weibel, H; Engelhart, T. eds. Institute of Hoerticultural Economics. UniDruck Hannover. Germany. 49 p.

ALEXANDER, P. 1997. Soil Microbiology. John Wiley & Sons. 467 p.

BROADBENT, P; BAKER, K; FRANKS, N; HOLLAND,J. 1997. Effect of bacillus sp on increased growth of seedlings in steamed and non treated soil. Phytopathology 67: 1027-1034.

CHUN, Y, CHANG, Y; BAKER, R. 1986. Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. Plant Disease. 70:145-148.

GUTIERREZ, F. 1996. Estudio de los factores de inducción de resistencia a Mycosphaerella fijiensis y promoción de crecimiento en plantas de banano. Tesis. M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

WEI, G; KLOEPPER, J; TUZUN, S. 1996. Induced systemic resistance to cucumber diseases and increased plant growth by plant growth promoting rhizobacteria. Phytopathology. 86: 221-224

ENMIENDAS ORGANICAS: UNA OPCION PARA EL MANEJO DE LA MARCHITEZ BACTERIAL EN EL CULTIVO DE TOMATE

Livia Hernández Garboza[1];Elkin Bustamante[2];Gonzalo Galileo Rivas-Platero[3];Vera Sánchez[4]
[1] Escuela de Postgrado CATIE; [2,3 y 4] Unidad de Fitoprotección, Area de Agricultura Ecológica, CATIE

Abstract

The bacterial wilt, a plant disease caused by *Pseudomonas solanacearum*, has long been considered as one of the main problems in tomato production in the world. The effect of organic amendment over disease severity were evaluated. Coffee pulp, sugar cane filter cake and three compost were tested as amendments. The tomato bacterial wilt severity decreased under screenhouse conditions with compost use. Composts were better to control the tomato bacterial wilt than coffee pulp or sugar cane filter cake as organic amendments.

Key words: Bacterial wilt, organic amendment *Pseudomonas solanacearum*

Introducción

La marchitez bacterial causada por *Pseudomonas solanacerum* es una de las más devastadoras enfermedades bacterianas de muchos cultivos agrícolas, como es el caso del tomate, papa, musáceas (Trigalet *et al.* 1994).

En el caso del tomate, la producción de éste se ve afectada por *P. solanacearum*; las prácticas de manejo orientadas al control químico no han sido exitosas. Asimismo se ha encontrado dificultad en la obtención de cultivares resistentes (Grimault *et al.* 1994). Sin embargo, una de las opciones que muestra alto potencial es el control biológico con organismos antagonistas (Kempe y Sequeira 1993).

Bajo esta perspectiva una de las opciones de control biológico lo constituye el uso de abonos orgánicos, que favorecen el crecimiento y la biodiversidad de microorganismos presentes en el ámbito de la rizosfera.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar diferentes abonos orgánicos en función de la disminución de la marchitez bacterial en plantas de tomate.

Metodología

El experimento se instaló en un invernadero de la Unidad de Fitoprotección del CATIE. Los materiales utilizados como enmiendas orgánicas fueron : broza de café, cachaza, bokashi, composts artesanales (1y 2) y una mezcla de los tres primeros. Estos se combinaron con suelo desinfestado con dazomet (40g/m^2) en una proporción 4:1.

La combinación mencionada determinó los tratamientos (Cuadro 1). El diseño experimental fue un DCA con 10 tratamientos y cinco repeticiones. La unidad experimental fue cada maceta y la unidad de muestreo la planta.

Cuadro1 . Descripción de tratamientos

No.	Descriptor	Descripción
1	SE	Suelo estéril (testigo)
2	SEBr	Suelo estéril + broza de café
3	SECh	Suelo estéril + cachaza
4	SEBk	Suelo estéril + bokashi
5	SEC1	Suelo estéril + compost 1
6	SEC2	Suelo estéril + compost 2
7	SEBrCh	Suelo estéril + broza de café + cachaza
8	SEBrBk	Suelo estéril + broza de café + bokashi
9	SEChBk	Suelo estéril + cachaza + bokashi
10	SEBrChBk	Suelo estéril + broza de café + cachaza + bokashi

Las plantas de prueba fueron de tomate var. Hayslip; estas se sembraron en macetas plásticas (5 Kg de capacidad). El inóculo de *P. solanacearum* se obtuvo a partir de plantas de tomate con síntomas típicos de marchitez bacterial en condiciones de campo. Las colonias de *P. solanacearum* seleccionadas se purificaron y mantuvieron en viales con agar nutritivo más aceite mineral estéril. Antes de hacer la inoculación , las cepas se reprodujeron por 48h en cloruro de Tetrazolio (TZC) a 28 C. A los 45 días después de la siembra se realizó la inoculación de las plantas con la bacteria, esta se hizo con 25 ml de una suspensión 10^8 ufc/ml.

Para propósitos de este experimento se considera la medición de las variables severidad (%) y área bajo la curva de progreso de enfermedad (ABCPE). La severidad se midió con la escala propuesta por Kempe y Sequeira (1983) y el ABCPE se calculó mediante la fórmula propuesta por Shaner y Finney (1977). Además se analiza la relación del contenido foliar de nutrientes con la variable severidad.

Resultados y discusión

Efecto de enmiendas orgánicas sobre la severidad de la marchitez bacterial. Las plantas desarrolladas en SEBk, SEC1, SEC2 y SEBrBk presentaron el menor grado de severidad de la marchitez bacterial. Los tratamientos que presentaron el sustrato cachaza sola y en mezcla con broza no mostraron diferencias con el testigo y en ellos, el grado de severidad de la enfermedad fue mayor (Cuadro 2).

Cuadro 2. Area bajo la curva de progreso de la marchitez bacterial en plantas de tomate en invernadero inoculadas con *P. solanacearum* en respuesta al uso de enmiendas orgánicas en el suelo. CATIE, Turrialba. 1999.

Tratamiento	ABCPE
Suelo estéril (SE)	94,8 a[1]
SE + broza (SEBr)	46,9 b
SE + cachaza (SECh)	89,8 a
SE + bokashi (SEBk)	26,8 bc
SE + compost 1(SEC1)	4,2 c
SE + compost 2 (SEC2)	23,1 bc
SE + broza + bokashi (SEBrBk)	22,8 bc
SE + broza + cachaza (SEBrCh)	110,8 a
SE + cachaza + bokashi (SEChBk)	42,9 b
SE+broza+cachaza+bokashi(SEBrChBk)	36,1 b

[1]Medias con letras iguales no difieren significativamente entre sí por la prueba de Bonferroni ($p<0,05$). SE: testigo.

La marchitez bacterial producida por *P. solanacearum* fue reducida de forma considerable cuando se añadió al suelo abono orgánico fermentado. Esta respuesta en el desarrollo de la enfermedad, además de estar relacionada con los aportes de nutrimentos hechos por las enmiendas orgánicas, puede estar influenciada por el componente biológico, ya que se incorporan microorganismos al suelo cuando se aplica composts; u otra posible explicación es el balance existente entre el componente biológico y la nutrición del suelo ideal para el desarrollo del cultivo.

Los contenidos de N, P, K, Ca y Mg foliar fueron mayores cuando se incorporó composts tipo 1 y 2 al suelo (Cuadro 3). Huber y Watson (1974), demostraron que además del contenido de N en las plantas también es importante la fuente del material nitrogenado que se aplica, esto por que la marchitez bacterial es menos favorecida cuando se aplica N en forma amoniacal que en forma nítrica. Para el caso del bokashi, donde los contenidos de N fueron bajos tanto en el suelo como en el tejido de las plantas, podría indicar que el N aportado por este compost haya sido predominantemente de formal amoniacal.

Cuadro 3. Contenido de nutrimentos en el tejido foliar de plantas de tomate sometidas al inóculo de *Pseudomonas solanacearum* según la enmiendas orgánicas. CATIE, Turrialba. 1999.

Tratamiento	Ca	Mg	K	P	N	Cu	Mn	Zn
	%	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Suelo estéril (SE) (Testigo)	0,9	0,3	2,0	0,2	1,6	12,4	127,5	28,6
SE + broza	2,1	0,7	1,4	0,2	1,9	16,5	138,6	38,8
SE + cachaza	2,1	0,5	2,8	0,2	1,8	14,5	100,2	40,1
SE + bokashi	2,1	0,4	2,9	0,3	1,4	10,3	97,8	37,0
SE + compost 1	2,8	1,0	2,4	0,5	2,0	12,4	127,5	58,1
SE + compost 2	2,6	0,8	2,7	0,4	2,0	12,4	69,3	50,6
SE +broza+bokashi	1,6	0,4	1,6	0,2	2,0	10,3	78,0	28,6
SE +broza+cachaza	1,6	0,4	2,6	0,3	1,4	14,5	73,0	38,3
SE +cachaza+bokashi	2,1	0,4	2,9	0,3	1,3	10,3	53,2	32,6
SE +broza+cachaza+bokashi	1,5	0,3	1,9	0,3	1,5	10,3	81,7	34,0

El P es un elemento esencial en muchas funciones del metabolismo de las plantas, pudiendo afectar su crecimiento, a través de la participación de este elemento en la síntesis de proteínas. La alta concentración de K favorece la turgencia de las células, proceso que limita la penetración de patógenos a los tejidos de las plantas. Las plantas crecidas en el tratamiento con bokashi presentaron los niveles más altos de este elemento tanto en el suelo como en los tejidos (Hernández Garboza 1997).

Los tratamientos con abonos orgánicos fermentados presentaron altos contenidos de Ca y Mg en el tejido de las plantas. El efecto del Ca sobre la severidad de la marchitez bacterial ya es conocido. Tanto cultivares de tomate susceptibles como resistentes a la marchitez bacterial han presentado mayor severidad a la enfermedad cuando crecen bajo condiciones de deficiencia de Ca y Mg (Mercadal 1989, Michel *et al.* 1997).

Las enmiendas orgánicas incorporadas al suelo, frecuentemente influyen sobre las enfermedades por medio de las interacciones nutricionales, ya sea supliendo nutrimentos de forma directa o aumentando su disponibilidad a través de cambios en la actividad microbiana del suelo. También se conoce que los suelos con contenidos adecuados de

nutrimentos presentan comunidades de microorganismos abundantes que participan en el reciclaje de nutrientes que son esenciales para las plantas (INPOFOS 1997).

Conclusión

Los menores grados de severidad de marchitez bacterial se registraron en los tratamientos que contenían abonos orgánicos fermentados.

Literatura citada

GRIMAULT, V.; PRIOR, P. 1993. Bacterial wilt resitance in tomato associated with tolerance of vascular tissues to *Pseudomonas solanacearum.* Plant Pathology 42:589-594.

HERNÁNDEZ GARBOZA, L.R. 1997. Control biológico de la marchitez bacterial en tomate con el uso de enmiendas orgánicas. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 77p.

HUBER, D.; WATSON, R. 1974. Nitrogen form and plant disease. Ann. Rev. of Phytopathology 60:22-26.

INPOFOS. 1997. Los fertilizantes y la salud del suelo. Informaciones Agronómicas. 29:13.

KEMPE, J.; SEQUIERA, L. 1983. Biological control of bacterial wilt of potatoes: attempts to induce resistance by treating tubers with bacteria. Plant disease 67:499-503.

MERCADAL, R. 1989. Incidencia de la marchitez bacterial en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en respuesta a niveles de estiércol y cal en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. . CATIE. Turrilaba, Costa Rica. 115p.

MICHEL, V.; WANG, F.; MIDMORE, D.; HARTMAN, G. 1997. Effects of intercropping and soil amendment with urea and calcium oxide on the incidence of bacterial wilt of tomato and survival of soil-borne *Pseudomonas solanacearum in Taiwan.* Plant Pathology 46:600-610

TRIGALET, A. ; FREY, P.; TRIGALET-DEMEY, D. 1994. Biological control of bacterial wilt caused by Pseudomonas solanacearum: State of the art and understanding. In: Hayward A. and Hartman, G. eds. Bacterial wilt: the disease and its causative agent, *Pseudomonas solanacearum.* CAB. UK. p: 225-233.

SHANER, G.; FINNEY, R. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-midewing resistance in knox wheat. Phytopathology 67:1051-1056.

AISLAMIENTO DE *Pseudomonas* FLUORESCENTES ANTAGONISTA POTENCIAL DE *Rosellinia bunodes* EN RAICES DE CAFÉ EN COLOMBIA

Jaime Cárdenas Lopez[1], Elkin Bustamante Rojas[2], Gonzalo Galileo Rivas P.[2],Carlos Alberto Rivillas O.[3], Claudia Marcela Pérez L.[3]
[1]Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Sanidad Vegetal, Armenia, Colombia, [2]Unidad de Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica, CATIE, [3]CENICAFE, Manizales, Caldas, Colombia

Abstract

Three culture media, for the isolation of fluorescent *Pseudonomas* from roots of healthy and *Rosellinia bunodes* infected coffee, were evaluated. The isolates obtained were identified as *P. cepacia* and *P. aeraginosa.* The results obtained present a reliable alternative for the isolation, identification and preservation of microorganisms such as fluorescent *Pseudomonas*, which may be used, after verification of their antagonistic potential, as biological control agents in integrated managment programs.

Key words: *Coffees arabica, Rosellinia bunodes,* fluorescent *Pseudomonas,* Isolates, Iyophilization.

Introducción

Rosellinia tiene un ámbito muy amplio de plantas hospedantes, ataca numerosas especies cultivadas, incluyendo árboles utilizados para sombra en plantaciones de café. Algunos hospederos de *R. bunodes* son: café (*Coffea arabica*), yuca (*Manihot esculenta*), cacao (*Theobroma cacao*), cítricos (*Citrus sp.*) y macadamia (*Macadamia integrifolia*). El ataque es muy severo en árboles de sombra, especialmente del género *Inga,* frecuentemente utilizado en zonas cafetaleras (Kannan 1986, Bermudez y Carranza 1990, Villegas 1996).

Considerando la importancia que tiene el cultivo del café para Colombia, América Central y más de 20 países productores, en los cuales este cultivo tiene gran influencia social, genera empleos y ocupa un lugar preponderante en la economía (Sáenz 1985, Graff 1986), es necesario profundizar las investigaciones que permitan encontrar métodos eficientes de control de *R. bunodes* mediante microorganismos antagonistas, entre ellos *Pseudomonas fluorescentes.* El objetivo del estudio fue determinar una metodología confiable para aislar, identificar y conservar *Pseudomonas* fluorescentes con efecto antagónico potencial sobre *R. bunodes.*

Metodología

Localización del experimento. El trabajo se realizó en fincas de la zona central cafetera del municipio de Palestina, Colombia y en los laboratorios del Centro Nacional de Investigaciones del Café, CENICAFE, localizado en el municipio de Chinchiná, Colombia, a 5° latitud Norte, 75° 36' longitud Oeste, 1420 msnm, con temperatura promedio anual de 20°C, 80% de humedad relativa y una precipitación media anual de 2540 mm.

Muestreo, aislamiento e identificación de Pseudomonas fluorescentes. En las fincas La Merced y Santa Inés del municipio de Palestina, Caldas, se recolectaron muestras de raíces de árboles de café variedad Colombia, de 3 y 4 años, sanos y muestras de raíces de plantas con sintomatología inicial de *R. bunodes.*

Procesamiento de las muestras. Las raíces fueron empacadas y rotuladas en bolsas plásticas para su procesamiento en el laboratorio.

Las raíces se sacudieron para retirar el exceso de suelo. Algunas raíces gruesas y la mayoría de las secundarias y terciarias se cortaron en fracciones de 8-10 cm. En un beaker se colocaron 100 g de raíces, las cuales se aforaron con agua destilada estéril hasta 500cc. El beaker se agitó durante 20 min. a 150 rpm, del contenido se tomaron 10 ml para iniciar el proceso de diluciones hasta 10^3. De cada dilución se obtuvo 0,1 ml para ser sembrado (técnica de superficie) en cajas de Petri que contenían uno de los siguientes medios de cultivo: cetrimid agar, agar F y agar sangre. Se usaron cinco cajas de Petri por dilución, 5 cajas por medio de cultivo y 5 cajas por tipo de raíz. Estas se inclubaron a 37°C durante 24 h. Posteriormente, las colonias se seleccionaron utilizando como parámetro principal su capacidad de fluorescencia, condición verificada con una lámpara de luz ultravioleta (UV) de 365 nm.

La fluorescencia se verificó para iniciar el proceso de identificación utilizando el sistema BBL Crystal E/NF, empleado para identificar bacilos gram negativos fermentadores y no fermentadores. (Becton Dickinson Microbiology Systems 1994).

Resultados

De 162 cajas de Petri, en tres medios de cultivo, se obtuvieron 33 colonias con fluorescencia (20,4%).

Con respecto a los tres medios de cultivo evaluados, con Cetrimid se obtuvo el 90,9% de las colonias con fluorescencia (30 colonias); con agar-sangre (el 6,1% dos colonias) y en Agar F se aisló una colonia.

De los dos tipos de raíces utilizados (de arbustos enfermos y arbustos sanos) 15 colonias con fluorescencia (45,4%) se aislaron de raíces de árboles afectados por *R. bunodes* y 18 (54,6%) de árboles sanos.

Del total de colonias obtenidas (33), el 18,2%, además de fluorescentes, reaccionaron oxidasa positiva e índole negativo, requisitos indispensables para continuar el proceso de identificación de microorganismos del género *Pseudomonas.*

Identificación de los microorganismos aislados. En el proceso de identificación de las colonias recolectadas en las fincas La Merced y Santa Inés, seis reaccionaron oxidasa positiva e índole negativo. Se determinó que *Chromobacterium violaceum, P. cepacia* y *P. aeruginosa* estaban presentes (Cuadro 1).

Conservación de los aislamientos de Pseudomonas fluorescentes

Los resultados del control de calidad efectuado al proceso de liofilización indican que todos los aislamientos fueron viables y la humedad de las muestras inferior a 5%.

Discusión

El proceso de aislamiento permitió obtener bacterias fluorescentes del género *Pseudomonas,* a partir de raíces de arbustos de café sanos y afectados por *R. bunodes.* De manera similar, Valencia (1996) determinó la presencia de colonias fluorescentes en el rizoplano de raicillas de plantas de café sanas y enfermas. Kloepper (1991) encontró *Pseudomonas fluorescens* asociada a la rizosfera de diferentes cultivos. Cook (1991) utilizó *Pseudomonas* fluorescentes aisladas de raíces de trigo, para el control de *Gaeumannomyces graminis var. tritici.*

Cuadro 1. Identificación de seis bacterias, seleccionadas por su reacción oxidasa positiva e índole negativo, procedentes de aislamientos realizados en raíces de café. CENICAFE, Colombia. 1997.

Código CENICAFE	Movilidad	Perfil	Identificación	Confiabilidad (%)**
PC9702	+	7413311153	*Pseudomonas cepacia*	100
PC9701	Débil	7413311113	*P. cepacia*	96
PC9703	-	7412311153	*P. cepacia*	100
ChV01	-	7413311153	*Chromobactenum violacoum*	100
PC9704	+	7413311153	*P. cepacia*	100
PA9701	-	3003111113	*P. cepacia*	79,6

** De la identificación hasta especie dada por la base de datos del sistema BBL Crystal.

Las técnicas para la identificación de los organismos evaluadas en esta investigación, tienen un nivel de confiabilidad superior al 90%, tanto a nivel de género como de especie. Pérez (1997), Blandón (1996) y Porras (1996) con "BBL Crystal" lograron identificar, con niveles de confiabilidad superiores al 80%, especies de bacterias fluorescentes del género *Pseudomonas* aisladas de hojas, almendras y pulpa de café. Esta técnica permite la clasificación de bacterias aerobias gram negativas e incluye pruebas para la fermentación, oxidación, degradación e hidrólisis de varios sustratos.

El proceso de liofilización aseguró la conservación adecuada de los aislamientos de *Pseudomonas* spp. En todas las muestras, la viabilidad fue positiva y el porcentaje de humedad inferior al 5%. Porras (1996) conservó satisfactoriamente aislamientos de *Pseudomonas* fluorescentes, con potencial antagonista de *Hemileia vastatrix* mediante liofilización. Esto demuestra las ventajas de su uso para conservar microorganismos promisorios para programas de Manejo Integrado. Antheunisse (1973) y Supriadi *et al.* (1989) lo mencionan como uno de los métodos más usados para la preservación de microorganismos como *Pseudomonas.*

El contenido óptimo de materia orgánica varía de 11,4 a 12,6%, el fósforo entre 6 y 14 ppm, el potasio entre 0,29 y 0,41 me/100g y el calcio y magnesio entre 1,6 y 2,6 y 0,6 a 1,4 me/100g, respectivamente (Valencia 1995).

Las características físico-químicas de los suelos de la zona cafetera evaluada en este experimento proporcionan a *Pseudomonas* las condiciones adecuadas para el establecimiento e interacción con las raíces de las plantas de café. Vargas (1996) destaca la textura franco arenosa (FA) como condición favorable para la presencia de *Pseudomonas.* Además estos suelos tienen niveles óptimos de elementos como hierro y fósforo así como de materia orgánica, tanto para la bacteria como para la planta, lo que garantiza su interacción. *Pseudomonas* participa en la nitrificación, es solubilizadora de fósforo y proveen el Fe^{+++}, que es la forma que la planta asimila el hierro, debido a la producción de quelatantes como los sideróforos (Chet 1990, Chao *et al.* 1986, Blandón 1996, Valencia 1996). Para facilitar la disponibilidad de hierro, es necesario que el pH del suelo permanezca entre los límites de 4,6 y 5,6.

Conclusiones

En el suelo de la zona central cafetera de Colombia existe gran cantidad de microorganismos que interactúan de manera diversa con raíces de café sanas y afectadas por *R. bunodes,* entre los que están *Pseudomonas* spp. fluorescentes. La metodología sin lavado de raíces con hipoclorito de sodio y el medio de cultivo cetrimid agar, permitieron obtener aislamientos, varios de los cuales fueron identificados como *Pseudomonas* spp. La técnica de liofilización de los aislamientos de *Pseudomonas* fluorescentes es un método adecuado para su conservación.

Literatura citada

BECTON DICKINSON. 1994. BBL Crystal Identification Systems Enteric/Nonfermenter ID Kit. Becton Dickison Co. Maryland, USA. 62 p

BERMUDEZ, M.; CARRANZA, J. 1990. Patogenicidad de *R. bunodes* en el jaúl (*Alnus acuminata*). Agronomía Costarricense 14(2):181-188.

BLANDON, G. 1996. Caracterización microbiológica cualitativa de la flora presente en el lombricompuesto. Chinchina, Colombia, CENICAFE 142 p.

CHAO, W.L.; NELSON, E.B.; HARWANS, G.E.; HOCH, H.C. 1986. Colonization of the rhizosphere by biological control agent applied to seed. Phytopathology 76:60-65.

CHET, H.L. 1990. Mechanisms of biocontrol of soil-loom plant pathogens by rhizobacteria. Plant and Soil 129:85-92.

COOK, R.J. 1991. Success with biological control requires new thinking by industry. Counterpoint. Impact AgBioBusiness. Oxon, UK, CABI. p. 3-4.

GRAFF, J. 1986. The economics of coffee crops in developing countries. Wageningen, The Netherlands. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. No. 1.294 p.

KANNAN, N. 1986. Root disease of coffee. Indian Coffee 50(12):21-24.

KLOEPPER, J.W. 1991. Plant growth-promoting rhizobacteria as biological control agents of soil-bome diseases. *In* J. Bay-Petersen, ed. The biological control of plant diseases. Taipei, Taiwan. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Book series No. 42. p. 142-156.

SAENZ, N. 1985. Memorias sobre el cultivo del cafeto. Guía para la fundación de un cafetal en Colombia incluyendo dos cultivos accesorios de plátano, cañas y pastos. 3 ed. Bogotá, Col. 70 p.

VALENCIA, M. 1996. Estudio del antagonismo de *Pseudomonas* spp. fluorescentes a *Rosellinia bunodes* (Berk. y Br.) sacc. Tesis Bacteriología. Manizales, Colombia, Universidad Católica de Manizales. 79 p.

VARGAS, E. 1996. Hongos y bacterias aislados de raíces corchosas de cafeto y cítricos en suelos con diferentes características. *In* Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturalesw (1996, San José, C.R.). Memorias. p. 67-68.

VILLEGAS GARCIA, C. 1996. Enfermedades de la macadamia en la zona cafetera central. Avances Técnicos. CENICAFE (Colombia) No. 228. 8p.

HONGOS ENDOMICORRIZICOS: UNA OPCION PARA EL MANEJO DE *Meloidogyne exigua* EN CAFE.

Gonzalo Galileo Rivas-Platero[1]

Unidad de Fitoprotección, Area de Agricultura Tropical Sostenible

Abstract

The interaction between two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi *Entrophospora colombiana* and *Gigaspora margarita* and the root-knot nematode, *Meloidogyne exigua* and their effects on the growth of coffee plants was studied. Both mycorhizal fungi decrease the multiplication rate of *M. exigua* and the gall index. Plant's foliar area and dry weight were greater with *Gigaspora*.

Key words: *Entrohpospora colombiana, Gigaspora margarita, Meloidogyne exigua,* coffee.

Introducción

Los nematodos fitoparásitos y los hongos micorrízicos coexisten en la rizosfera de muchas plantas. En el cultivo del café *Meloidogyne exigua* es importante por el daño que ocasionan al sistema radicular (Luc *et al.*1990). Los hongos vesículo arbusculares (VA) coadyuvan al crecimiento y mejoran la nutrición de sus hospedantes. Así mismo, pueden ejercer un efecto antagónico con otros microorganismos de la rizosfera (Hussey y Roncadori 1982); su uso puede ser una opción ecológicamente sostenible y alternativa al uso de nematicidas sintéticos.

Este trabajo planteó evaluar la interacción de *Entrophospora colombiana* y *Gigaspora margarita* sobre *Meloidogyne exigua* en plantas de café y determinar el efecto de la aplicación de hongos micorrízicos en el crecimiento y desarrollo de plántulas de café.

Metodología

El experimento se realizó en una casa de mallas del Area de Agricultura Tropical del CATIE(CR). Se utilizaron plantas de café (*Coffea arabica*) var. Costa Rica 95. Los VA utilizados fueron *Entrophospora colombiana* (ECLB) y *Gigaspora margarita* (GMRG). El nematodo fue *M. exigua* (ME). El suelo utilizado presentó un pH de 4.7 y P=8.8 mg/l; fue esterilizado con calor a 120 °C y 15 psi x1h. El inóculo mixto de cada hongo VA, al trasplante, fue 4 g/maceta,. A los 30 días después de trasplantar (ddt) se inoculó ME (3000 juveniles J2/maceta).

El diseño experimental fue un completamente al.azar con r= 5. Los tratamientos fueron: Testigo, ME, ME+ECLB, ME+GRMG, ECLB y GRMG. A los 100 ddt, se evaluó: el índice de agallamiento, el factor reproductivo de ME (Población final/inicial; Pf/Pi); la

colonización VA (%), el No. de esporas de los hongos VA.; el peso seco de las plantas y el contenido de Fósforo en hojas (%). El área foliar se evaluó a los 30, 60 y 100 ddt. *M. exigua* fue recuperado del suelo por el método descrito por Niblack y Hussey (1985). Las esporas de los hongos VA se extrajeron y cuantificaron usando la técnica del tamizado (Brundrett *et al.* 1994). El porcentaje de infección en raíces se estimó a través del método y tinción con azúl de tripano al 0.05% (Koske y Gemma 1989).

Resultados y discusión

La tasa de multiplicación de *M. exigua* se redujo en un 88% en presencia de GRMG y en 56% con la influencia de ECLB. La razón Pf/Pi fue estadísticamente diferente ($p<0.05$) (Rivas-Platero *et al.* 1998). *G. margarita* ejerció un efecto positivo al afectar marcadamente la multiplicación de *M. exigua*; resultados similares fueron observados por Rivas Platero *et al.* (1998) y Siddiqui y Mahmood (1998) cuando evaluaron *Glomus* y *G. mosseae* contra *M. arabicida* y *M. javanica* en tomate.

Los hongos VA redujeron en un 20% el índice de agallamiento en las raíces de café (Cuadro 1). El área foliar y el peso seco fueron más altos con GRMG ($p<0.05$). La producción de esporas de ambos VA no se afectó por la influencia de ME; la colonización de los VA mostró diferencias ($p <0.05$) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Indice de agallamiento en raíces de café y factor reproductivo de *M. exigua*, con y sin hongos VA. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1998.

Tratamientos	Agallamiento (indice)	Pf/Pi
ME	4,34 a+	59,84 a
ME+ECLB	3,53 b	26,38 b
ME+GRMG	3,47 b	6,92 c

+Medias con la misma letra en una misma columna, no difieren entre si con α=5% según la Prueba Duncan.

Cuadro 2.Area foliar, peso seco de plantas, colonización y número de esporas por tratamiento. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1998.

Tratamientos	Area Foliar (cm^2) (a los 100 ddt)	**Peso seco** (g)	Col. (%)	NESP *
T	39,90c+	0,42 c	-	-
ME	31,96 e	0,37 d	-	-
ME+ECLB	29,73 f	0,42 c	93,67 a	215,30 a
ME+GRMG	46,89 b	0,57 a	91,00 b	188,33 b
ECLB	36,03 d	0,40 c	91,67 ab	64,26 d
GRMG	49,58 a	0,53 b	93,67 a	108,66 c

*Número de esporas por 100 g de suelo

+Medias con la misma letra en una misma columna, no difieren entre si con α=5% según la Prueba Duncan.

La información obtenida revela que los hongos micorrízicos muestran un potencial muy alto como opción al manejo integrado de nematodos y actuan como promotores del crecimiento de las plantas. Sin embargo, es importante recordar que el efecto del simbionte puede variar por efectos del ambiente, el patógeno y el hospedante (Linderman 1992).

Conclusión

Los hongos VA evaluados, mostraron un efecto positivo en la interacción nematodo-planta-hongo VA, ya que afectaron drásticamente el factor reproductivo de *M. exigua* y promovieron el crecimiento de las plantas de café.

Literatura citada

BRUNDETT, M.; MELVILLE, L.; PETERSON, L. (eds.)1994. Practical methods in mycorrhiza research. Mycologue Publications.161p.

HUSSEY, R.S.; RONCADORI, R.W. 1982. Vesicular-arbuscular mycorrhizae may limit nematode activity and improve plant growth. Plant Disease 66(1): 9-14.

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. Mycol Res. 92(4): 486-505.

LUC, M.; SIKORA, R.A.; BRIDGE, J. 1990. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CAB International. UK 629p.

LINDERMAN, R.G. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. In Mycorrhizae in Suistainable Agriculture. American Society of Agronomy. ASA Special Publication No. 54. p:45-70.

NIBLACK, T.L.; HUSSEY, R.S. 1985. Extracción de nematodos del suelo y tejidos vegetales. In B.H. Zuckerman, W.F. Mai y M.B. Harrison (eds). CATIE. Turrialba, costa Rica. p: 235/246.

RIVAS PLATERO, G.G.; ROJAS MIRANDA, T.; CUERVO ANDRADE, J. 1998. Interacción del hongo vesículo arbuscular *Glomus* spp. con *Meloidogyne arabicida* en tomate. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 47:41-43.

SIDDIQUI, Z.A.; MAHMOOD, I. 1998. Effect of a plant growth promoting bacterium, an AM fungus and soil types on the morphometrics and reproduction of *Meloidogyne javanica* on tomato. Applied Soil ecology 8(1-3):77-84.

HISTOLOGIA DE RAICES DE CAFE Y MUSACEAS, COLONIZADAS POR HONGOS MICORRIZICOS Y NEMATODOS.

Gonzalo Galileo Rivas-Platero[1] y Nelly Vásquez Morera[1]

Area de Agricultura Ecológica

Abstract

The mycorrhizal and nematode characteristics root colonising pattern are described. The mycorrhizal fungi showed branching pattern and several vesicles between root cortex cells and provoked modifications in cellular morphology. The nematodes provoked invagination of the cytoplasm cell and giants cells when the damage was associated to *Melodogyne* .

Key words: myorrhizal fungi, root cortex cel, nematode.

Introducción

El término micorriza involucra una serie de interacciones entre las raíces de una planta y el micelio de un hongo. La asociación es usualmente considerada una simbiosis mutualista, porque la planta hospedante recibe nutrientes minerales a través del micelio fúngico (micotrofia) y el hongo obtiene compuestos carbonados a través del proceso fotosintético (Aszcón-Aguilar y Barea 1997). En el caso de las endomicorrizas, el hongo penetra las células corticales a través de un haustorio. Posteriormente forma un arbúsculo entre el citoplasma del hospedante y la pared celular del hongo, eventualmente pueden formar vesículas y colonizar intracelularmente el cortex radical (Linderman 1992).

En el ámbito de la rizosfera el establecimiento de la micorriza facilita la concomitancia de varios organismos en determinado hospedante, p.e. los nematodos. Ambos organismos interactúan en términos del crecimiento y producción de la planta; mientras la micorriza estimula estos factores, los nematodos los deprimen (Hussey y Roncadori 1982). Uno de los mecanismos por los que los hongos micorrízicos aumentan la tolerancia a nematodos fitopatógenos es la estimulación del crecimiento de la raíz e incremento en la capacidad de absorción de agua y nutrientes (Hayman 1983), compensando de esta forma el parasitismo del nematodo.

Intracelularmente, nematodos y hongos micorrízicos modifican las células hospedantes ya sea destruyéndolas como en el caso de los primeros; o modificándolas y compitiendo por sitios de infección que impiden la colonización parasítica de los nematodos, que es el mecanismo que ejercen los simbiontes micorrízicos (Dehne 1982).

Este trabajo describe la histología de raíces de café y musáceas colonizadas por hongos endomicorrízicos y nematodos.

Metodología

El estudio se realizó en el Lab. de Histología (CATIE, Costa Rica). Se consideró una muestra de raíces de café (40 g) y musáceas (60g) micorrizadas e infectadas con *Meloidogyne exigua* (café) y *Radopholus similis* (musáceas). Los hongos micorrízicos estudiados fueron: en café: *Gigaspora margarita* y en musáceas: *Glomus* spp., y *G. margarita.*

Para la observación de la colonización endomicorrízica, las raíces se tiñeron con azúl de tripano al 0,05% (Koske y Gemma 1989). Las observaciones histológicas se realizaron fijando el material en FAA , luego se deshidrató en una serie ascendente de alcohol (50-70-80-90-95-100; 1h en cada alcohol). Posteriormente se realizaron montajes en historresina a 4C durante 12 h y luego se realizaron cortes de de 3µm de grosor en el micrótomo de resina. Los cortes se ubicaron en láminas portaobjetos y se tiñeron con la tinción Shift-Naphtol/Blue Black; después se observaron al microscopio.

Resultados y discusión

Los patrones de colonización de los hongos endomicorrízicos evaluados, en ambos hospedantes, se caracterizaron en el caso de *Glomus* spp. por presentar hifas ramificadas a lo largo del cortex radical y vesículas ovales formadas entre las células de dicho cortex. *Gigaspora* presentó hifas delgadas con muchas ramificaciones, se observaron además típicas células auxiliares (Sylvia 1994). Con ambos hongos se observaron agrandamientos del núcleo en la células hospedantes. Esto coincide con lo señalado por Berta *et al.* (1990) y obedece a la expansión de la cromatina, aunque el núcleo conserva su ploidía.

En el caso de los nematodos, la histología correspondiente determinó en las células colonizadas por *Meloidogyne* la existencia de hiperplasias (células gigantes) inducidas por el parásito; además se observó la presencia de células multinucleadas (Moroz y Hussey 1996). Mientras que con *R. similis* se observó la ruptura y destrucción de la pared celular en las células radicales, células multinucleadas y presencia de precipitados oscuros y granulaciones en el citoplasma (Blake 1969).

El trabajo demuestra que el uso de hongos micorrízicos puede ser una estrategia para el manejo de nematodos fitoparásitos. La inoculación temprana de las plantas, anticipa la competencia por sitios de infección del parásito, volviéndose de esta manera disminuida o anulada por la presencia del hongo; además de esto se presume que la reproducción del nematodo puede ser retardada (Dehne 1982) y el daño reducido (Rivas-Platero y Cuervo 1998).

Conclusiones

El estudio histológico de la interacción micorriza-nematodos es importante para la comprensión de la simbiosis micorriza como opción biológica para el manejo de los procesos patogénicos involucrados en el parasitismo de los nematodos fitoparásitos en sus hospedantes.

Literatura citada

AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J.M. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. Scientia Horticulturae 68:1-24.

BERTA G.; SGORBARTI, S.; SOLER, V.; FUSCONI, A.; TROTTA, A. ; CITTERIO, A.; BOTTONE, M.G.; SPARVOLI, E.; SCANNERINI, S. 1990. Variations in chromatin structure in host nuclei of a vesicular-arbuscular mycorhhiza. New Phytologist 15: 199-205.

BLAKE, C.D. 1969. Nematodes parasites in banana and their control. In: J.E. Peachey (Ed.) Nematodes of Tropical Crops. CAB. UK. Technical Commnunication no. 40. p: 109-132.

DEHNE, H.W. 1982. Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. Phytopathology 72 (8): 1115-1119.

HAYMAN, D.S. 1982. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorryzal symbiosis. Canadian J. Botany 61:944-963.

HUSSEY, R.S.; RONCADORI, R.W. 1982. Vesicular-arbuscular mycorrhizae may limit nematode activity and improve plant growth. Plant Disease 66(1): 9-14.

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. Mycol Res. 92(4): 486-505.

LINDERMAN, R.G. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. In Mycorrhizae in Suistainable Agriculture. ASA Special publication no. 54. p:45.70.

MOROZ WILLIAMSON, V.; HUSSEY, R.S. 1996. Nematode pathogenesis and resistance in plants. The Plant Cell 8:1735-1745.

RIVAS PLATERO, G.G.; CUERVO ANDRADE, J. 1998. Interacción de hongos endomicorrízicos con *Meloidogyne exigua* en café. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 49:68-72.

SYLVIA, D. M. 1994. Vesicular-arbuscular mycorrhiza. In: Methods of Analysis. Part II Microbial and Biochemical Properties. Madison, USA. SSA Book Series no. 5 p: 351-378.

ENDOMICORRIZAS Y COMPOST: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO ECOLÓGICO DE *Radopholus similis* EN BANANO.

Larry Lugo Urribarrí[1], Gonzalo Galileo Rivas Platero[2],
Elkin Bustamante[3], Tomás Rojas Miranda[4], Nelly Vázquez[5]
[1, 2, 3 y 5]Área de Agricultura Ecológica, CATIE,[4] Ministerio de Agricultura,
Dirección de Investigaciones. Costa Rica.

Abstract

This study was carried with the purpose of evaluating thre endomycorrizal fungi and one organic amendment and their effects on the growth of banana plants form in vitro culture as well as their biocontrol properties on Radopholus similis. The endomycorrhizal fungi were Glomus occultum, Entrophospora colombiana and Gigaspora margarita. The compost utilized as an organic amendment increased the water content and significantly improved plant growth. The symbiosis encourage tolerance to R. similis trough the compensation for damage caused by nematode, increase olant nutrition absorrption and competition endomycorrhizal fungi-nematodo for space and nutrient at the radical cortex level. The endomycorrhizae provoked significant modification in cellular morphology. The arbuscles developed densely with within corticall cells. R. similis provoked the invagination of the cytoplasm and nuclear growth.

Keys words: banana, endomycorrhizal fungi, *Entrophospora, Gigaspora, Glomus, Radopholus similis*

Introducción

Entre los patógenos más importantes del banano se encuentra el nemátodo barrenador, *Radopholus similis* (Cobb) Thorne (Marín *et al.* 1998). Debido a este problema la producción de fruta para exportación sólo es posible mediante el uso de nematicidas químicos. En la actualidad se aplican con más frecuencia productos organofosforados y carbamatos. En 1977 el DBCP fue descontinuado por razones toxicológicas en Estados Unidos (Gowen y Quénéhervé 1990). Existen opciones al uso de agroquímicos que pueden elevar la sostenibilidad de los agrosistemas, basadas en un enfoque ecológico. En este sentido las endomicorrizas, asociación simbiótica mutualista entre hongos del suelo (HVA) y las plantas superiores, han mostrado su efectividad para incrementar los mecanismos de torelancia-resistencia tanto a nemátodos fitoparásitos como a otros patógenos del suelo (Azcón-Aguilar y Barea 1996). Así mismo, el compost se ha empleado en la supresión de enfermedades (Hoitink *et al.* 1997).

Esta investigación se condujo para evaluar el efecto de tres hongos endomicorrízicos y sus interacciones con una enmienda orgánica sobre el manejo de *R. similis* en banano.

Metodología

El experimento se desarrolló en una casa de mallas del Área de Agricultura Tropical Sostenible del CATIE, Costa Rica. Se emplearon plántulas provenientes de cultivo *in vitro* las cuales se endurecieron por espacio de 30 días. Finalizado este período se transplantaron en macetas de 3 kg conteniendo un sustrato estéril y se colocó 4 g de inóculo mixto de *Glomus occultum* (LOCT), *Entrophospora colombiana* (ECLB) y *Gigaspora margarita* (GRMG). Transcurridos 60 días después del transplante (ddt), se inocularon 1000 *R. similis* entre formas juveniles y adultas. Los tratamientos de establecieron de la manera siguiente: Rs=plantas no simbióticas inoculadas con *R. similis* y suplementadas con P, Rs+MO=plantas no simbióticas inoculadas con *R. similis* a las cuales se les adicionó 688 g de compost como fuente de materia orgánica (MO) al momento del transplante y suplementadas con P; LOCT+Rs, ECLB+Rs y GRMG+Rs, plantas micorrizadas con los hongos respectivos e infectadas con *R. similis*; finalmente estos mismos tratamientos conteniendo compost, es decir LOCT+Rs+MO, ECLB+Rs+MO y GRMG+Rs+MO. Se incluyó un noveno tratamiento (Counter CE_{50}+Rs) generado por plantas infectadas por el parásito, suplementadas con P y a las cuales se les aplicó la concentración efectiva media (CE_{50}=10 ppm, Rivera y Vílchez 1995) del nematicida Counter (Terbufos) a los 100 ddt. Se eligió un diseño completamente al azar, con un arreglo pseudofactorial, replicado seis veces. La unidad experimental fue una vitroplanta de banano y a los 120 ddt se determinó el número de esporas/100 g de suelo seco (NESP) aplicando el método del tamizado (Brundrett *et al.* 1996), la colonización micorrízica (Col %) mediante tinción de las raíces con azul de tripano 0.05% en ácido láctico (Koske y Gemma 1989), el número de *R. similis*/100 g de raíz (Rs_{100}) y su tasa de multiplicación (Pf/Pi), el daño en las raíces primarias (DRP) según el método propuesto por Speijer y Gold (1996), y la biomasa expresada en términos de peso seco total (PST). Rs_{100} y NESP se transformaron con log(valor original+1) y Pf/Pi, DRP, DRS y Col (%) con $\sqrt{(\text{valor original}+0,5)}$. Se determinó, además, el contenido de nutrientes en la parte aérea y se llevó a cabo un estudio histológico.

Resultados y discusión

Las endomicorrizas redujeron en forma significativa el DRP causado por *R. similis*, actuando con o sin compost, coincidiendo con las investigaciones de Umesh *et al.* (1988) y Jaizme-Vega y Pinochet (1998). Dicho efecto superó al del Counter (Cuadro 1), con excepción de GRMG+Rs que fue similar a Rs. El compost por sí solo (Rs+MO) disminuyó el DRP a 36,5%, equivalente al nivel del Counter (Cuadro 1). Los mejores resultados se obtuvieron combinando la MO con los HVA, particularmente en el caso de LOCT+Rs+MO cuyo DRP apenas alcanzó 13.17%. La tasa de multiplicación (Pf/pi) y la población de nemátodos (Rs_{100}) se incrementaron en las plantas simbióticas, suplementadas o no con la enmienda orgánica. La materia orgánica incrementó la biomasa en plantas simbióticas y no simbióticas. El PST fue inferior en las plantas micorrizadas lo que podría atribuirse al costo biológico de la simbiosis y a la falta de suplementación con P en estos tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rs_{100}, Pf/Pi, DRP y PST por tratamiento. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1998.

Tratamiento	Rs_{100} g	Pf/Pi	DRP (%)	PST
Rs	33625 abc*	18,28 ab	53,00 a	17,71 cdef
Rs+MO	33625 abc	23,29 ab	36,50 abc	23,36 a
LOCT+Rs	34458 abc	16,21 ab	23,83 cd	16,75 ef
ECLB+Rs	42833 ab	21,03 ab	27,00 bcd	17,29 def
GRMG+Rs	64583 a	27,21 ab	52,17 a	15,72 f
LOCT+Rs+ MO	39625 ab	22,03 ab	13,17 d	20,89 abcd
ECLB+Rs+ MO	67681 a	37,49 a	21,00 cd	20,93 abcd
GRMG+Rs MO	59375 a	29,51 ab	22,92 cd	21,62 ab
Counter CE_{50}+Rs	18695 bc	9,27 bc	39,33 abc	17,55 cdef

* En una columna, medias con la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p<0.05$).

La efectividad de los HVA para reducir el DRP no estuvo relacionada con la Col (%) puesto que en esta variable no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 2). Más aún, el compost redujo el NESP, particularmente lo inhibió en ECLB, pero en todo caso la colonización también tuvo lugar. Esto demuestra que las raíces fueron micorrizadas por esporas de HVA acarreadas por la enmienda orgánica. Así se pone de manifiesto la importancia de esta última no sólo por su aporte nutricional, sino también como fuente de microorganismos benéficos, entre ellos hongos endomicorrízicos nativos.

Cuadro 2. NESP y Col (%) por tratamiento. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1998.

Tratamiento	NESP	Col (%)
Rs	-	-
Rs+MO	556,83 abc*	65,67 a
LOCT+Rs	1437,67 a	49,76 a
ECLB+Rs	272,33 bcd	62,33 a
GRMG+Rs	88,50 cd	71,33 a
LOCT+Rs+ MO	107,33 bcd	63,67 a
ECLB+Rs+ MO	0,00 e	63,33 a
GRMG+Rs MO	90,50 d	69,67 a
Counter CE_{50}+Rs	-	-

*En una columna, medias con la misma letra no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p<0.05$).

En cuanto al contenido de nutrientes en la parte aérea, los HVA inoculados aumentaron el contenido de Ca y Mg y produjeron una concentración de P en el follaje similar al de las plantas suplementadas con este elemento. El compost elevó de forma significativa la concentración de N, P, K, Ca y Mg. El estudio histológico reveló una densa colonización del córtex radical. Se identificaron arbúsculos, vesículas, esporas y micelio, así como

células auxiliares en el exterior de la raíz. Los arbúsculos provocaron los cambios morfológicos más notorios.

Conclusión

Las endomicorrizas, el compost y su interacción redujeron el daño provocado por *R. similis* en las raíces de vitroplantas de banano durante su desarrollo bajo condiciones controladas. Este efecto fue comparable, y en algunos casos mejor, que el producido por la dosis de Counter aplicada. La incorporación de las endomicorrizas y las enmiendas orgánicas en los agrosistemas de producción podría reducir el uso de agroquímicos, y con ello sus efectos detrimentales sobre el medio ambiente y su biota.

Literatura citada

AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J.M. 1996. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. Scientia Horticulturae 68:1-24.

BRUNDRETT, M.; BOUGHER, N.; DELL, B.; GROVE, T.; MALAJCZUCK, N. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. ACIAR Monograph 32. p. 184-186.

JAIZME-VEGA, M.C.; PINOCHET, J. 1998. Growth response of banana to three mycorrhizal fungi in *Pratylenchus goodeyi* infested soil. Nematropica 27(1):69-76.

HOITINK, H.A.J.; STONE, A.G.; HAN, D.Y. 1997. Supresión de enfermedades mediante el uso de compost. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 43:31-39.

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. Mycol. Res. 92(4):486-505.

MARÍN, D.H.; SUTTON, T.B.; BARKER, K.R. 1998. Disemination of bananas in Latin America and the Caribbean and its relationship to the occurrence of *R. similis*. Plant Disease 82(9):964-974.

GOWEN, S.; QUÉNÉHERVÉ, P. 1990. Nematode parasites of bananas, plantains and abaca. *In* Luc, M.; Sikora, A.; Bridge, J. 1990. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Luc, M.; Sikora, A.; Bridge, J. eds. CAB International, Wallingford, United Kindom. 629 p.

RIVERA, M.; VÍLCHEZ, H. 1995. Determinación de la concentración efectiva media (CE_{50}) de Counter (terbufos) y sus metabolitos para *Radopholus similis* a nivel de bioensayo. *In* ACORBAT Meeting (XI, 1994, San José, Costa Rica). 1995. Proceedings. Morales S., V. ed. San José, Costa Rica. ACORBAT. p. 339-345.

SPEIJER, P.R.; GOLD, C.S. 1996. *Musa* root healtn assessment: a technique for the evaluation of *Musa* Germplasm for nematode resistance. *In* New frontiers in resistance breeding for nematode, fusarium and sigatoka (1995, Kuala Lumpur, Malaysia). 1996. Proceedings. Frison, E.A.; Horry, J.P.; De Waele, D. eds. Kuala Lumpur, Malaysia. IPGRI-INIBAP. p. 62-78.

UMESH, K.C.; KRISHNAPPA, K.; BAGYARAJ, D.J. 1988. Interaction of burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne 1949, and VA mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* (Thaxt.) Gerd. and Trappe in Banana (*Musa acuminata* Colla.). Indian J. Nematol. 18(1):6-11.

UN MÉTODO DE MUESTREO DE MALEZAS PARA PRODUCTORES DE MAIZ Y FRIJOL EN CENTROAMERICA

Méndez, E.; Staver, C.; Morales, S.
Unidad Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica

Abstract

A simple weed scouting method was designed for group participatory IPM training. In 50 circular quadrats (diameter 35 cm) along a zigzag route, farmers observe total weed cover and presence and phenology of weed species and types. To validate the method, weed biomass, density and cover were measured in 100 quadrats in 4 fields before first weeding. The fields had 17 to 31 species with 3.5 to 4.7 species/quadrat. Weed cover varied from 23 to 34% with 134 to 214 individuals and 171 to 213 g biomass/m^2. No quadrats were weed-free. The CV for weed cover as estimated from 5 randomly constructed sets with 25, 50, and 75 quadrats for each field declined from 11 to 8 to 4%. The correlation of weed cover with weed biomass and with density ranged by field from 0.62-0.77 and from 0.59-0.78.

Introducción

Los productores de granos básicos en Nicaragua y en Centroamérica enfrentan complejos de malezas muy diferentes de región a región y de campo a campo. Inclusive en el mismo campo un ciclo puede ser bueno para malezas, mientras en el siguiente, la presión de malezas no esta tan fuerte. Igualmente variables son los precios, la disponibilidad de crédito, de insumos y el mercado para granos. Todos estos factores dificultan un manejo eficiente de malezas, sumado a que en las últimas décadas los productores han enfrentado malezas tolerantes a herbicidas, la introducción y propagación de malezas nuevas como *Rottboellia* y en general complejos de malezas cada vez mas problemáticas debido a la intensificación del uso de la tierra. Los productores tratan de invertir el mínimo necesario en el control de malezas, empleando umbrales visuales e intuición que dependen de su experiencia y sus expectativas. Es común observar plantíos con una alta carga de malezas cuando el cultivo tiene varias hojas primarias y todavía cuando está cerrando calle, etapas límites del período crítico (Zimdahl 1980:46-49).

En la búsqueda de métodos más efectivos para elevar rendimientos y reducir costos en granos básicos, diversas instituciones en Nicaragua (CATIE 1998) y en otros continentes (Kenmore 1991) están empleando la capacitación participativa grupal por etapa del cultivo. Grupos de productores priorizan sus problemas y planifican sus prácticas antes de sembrar el cultivo y en 4-5 momentos durante el ciclo observan el cultivo, las plagas y los factores de control natural y analizan las causas de diferentes niveles de plagas y posibles prácticas de manejo. Una herramienta clave en este enfoque es la cuantificación de los niveles de las plagas. El método empleado en maíz consiste de 5 sitios de 1 metro lineal ubicados en diferentes puntos en el plantío, en los cuales los productores o productoras cuentan las plantas y su estado fitosanitario. Para ciertas plagas se cuenta su presencia en 20 plantas en los mismos 5 sitios. Aunque el recuento es integral, no plantea la observación del estado de las malezas.

Comúnmente los métodos de muestreo en malezas se han diseñado para la aplicación post-emergente de herbicidas (Johnson et al. 1996). En la capacitación grupal se requiere una herramienta sencilla que permita a un productor cuantificar diferentes aspectos de las malezas en su plantío en diferentes momentos. Con sus observaciones, un grupo de productores puede analizar si sus prácticas se están realizando en el momento oportuno y dirigidas a las malezas más problemáticas. Entre los aspectos a observar se incluyen el nivel total de malezas, el nivel de las principales malezas y la producción de semilla. En vez de pocos puntos de muestreo de gran tamaño, en malezas es preferible un mayor número de puntos de observación de menor tamaño (Lemieux, Cloutier & Leroux, 1992).

En el método planteado por los autores el productor inicia el muestreo de malezas caminando de la primera a la segunda de las cinco estaciones integrales. Despúes de dos pasos observa las malezas en un círculo de 30-35 cm en diámetro frente a su pie. De manera visual estima la cobertura total según las cuatro categorías indicadas en la Figura 1. También entre las dos columnas anota la presencia de las especies de mayor daño al cultivo y otros tipos de malezas dependiendo de su estado de floración. Entre una estación y otra el productor debe observar 10 puntos para un total de 50 puntos en el plantío. Al final del recorrido cuenta las rayitas en cada casilla y multiplica cada número por dos para calcular la frecuencia.

Figura 1: Formato para el muestreo de malezas en 50 aros con un diámetro de 30-35 cm. El formato está llenado para ilustrar la colocación de rayitas de cada círculo de observación.

	< 5 %	5-25%	25-50%	>50%
Anote Cobertura total de malezas por categoría	IIIII IIIII IIII	IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII III	III	
Anote malezas presentes por su estado de floración	sin flores		con flores y/o semilla	
maleza # 1 *Digitaria*	IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII II 47x2=97%			
maleza # 2 *Bidens*	IIIII IIIII IIIII IIIII IIII 24x2=48%			
maleza # 3 *Cyperus*	IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII IIII			
otras hojas anchas anuales	IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII IIIII III			
otras hojas anchas perennes	III 3x2=6%			
otros zacates	L			

Aunque en pruebas preliminares con productores y técnicos el método resultó ser de fácil aplicación, planteamos realizar una validación biológica y estadística más rigurosa con los siguientes objetivos: 1.) determinar si una muestra de 50 círculos es adecuada; 2.) analizar la relación entre la cobertura de malezas, su biomasa y densidad; y 3.) examinar la frecuencia como indicador de composición botánica.

Metodología

Cuatro campos con maíz o frijol localizados en diferentes zonas agroecológicas del país, fueron muestreados en octubre 1997 dos semanas despúes de la siembra y antes del primer deshierbe o

cualquier uso de herbicida. En 100 círculos ubicados aleatoriamente de 35 cm de diámetro en cada campo, medimos biomasa y densidad de malezas por especie y estimamos la cobertura total de malezas. Los campos fueron ubicados en Masatepe (450 msnm, 935 mm precipitación promedio agosto-noviembre), Telica (110 msnm, 975 mm), Estelí (870 msnm, 530 mm) y Santa Rosa de Condega (610 msnm, 485 mm).

El análisis de los datos consistió de varios pasos. Primero, calculamos las medias y desviaciones estándares de la muestra total de 100 puntos para cada campo. Para analizar el tamaño de muestra, tomamos cinco sub-muestras de los 100 círculos con 25, 50 y 75 círculos para cada campo. Comparamos el coeficiente de varianza de las cinco submuestras para cada tamaño de muestra en cada campo. Con una submuestra de 50 circulos de cada campo correlacionamos la cobertura de malezas en cada círculo con su densidad y biomasa. Finalmente seleccionamos las malezas presentes en mas de 20 círculos en cada campo y graficamos su frecuencia contra su densidad y biomasa promedio para el campo.

Resultados y discusión

Los cuatro campos muestreados resultaron ser similares en su diversidad, densidad, cobertura y biomasa de malezas (Cuadro 1). A pesar de las diferencias en altura y precipitación de cada zona, todos los campos se caracterizan por factores comunes que influyen en la cantidad y composición botánica de las malezas. Estos factores incluían un clima con 5-7 meses de verano, una preparación del suelo 1-2 veces al año durante los últimos 5-10 años, siembra de granos principalmente y el uso infrecuente o nulo de herbicidas. Ningún aro-círculo de los 400 muestreados tuvo cero malezas, contrario a resultados obtenidos en campos mecanizados con uso frecuente de herbicidas en zonas agrícolas en climas templados (Johnson et al. 1995).

Cuadro 1: Características de diversidad, cobertura, biomasa y densidad de malezas en 4 plantíos de granos básicos 2 semanas despúes de sembrados en el Pacifico y Norte de Nicaragua

	Especies totales	especies/círculo	% cobertura	biomasa/círculo	densidad/círculo
Masa	31	4.7 (1.6)	34 (22)	19.7 (15)	18.2 (9)
Telica	26	3.5 (1.7)	23 (18)	15.9 (15)	12.5 (8.7)
Esteli	17	3.7 (1.1)	28 (24)	19.8 (15)	19.9 (8.3)
SaRo	22	3.8 (1.5)	27 (19)	17.6 (16)	18.4 (14.4)

El coeficiente de varianza calculado con cada grupo de cinco sub-muestras para cobertura de malezas con 25, 50 y 75 círculos declinó de 11 a 8 y a 4 % en promedio con poca variación en las medias (Cuadro 2). Consideramos que una muestra de 50 círculos es adecuada, aunque la estimación se mejoraría con más círculos. En los cuatro campos la muestra de 50 circulos tuvo un coeficiente de varianza igual o menor a 10%.

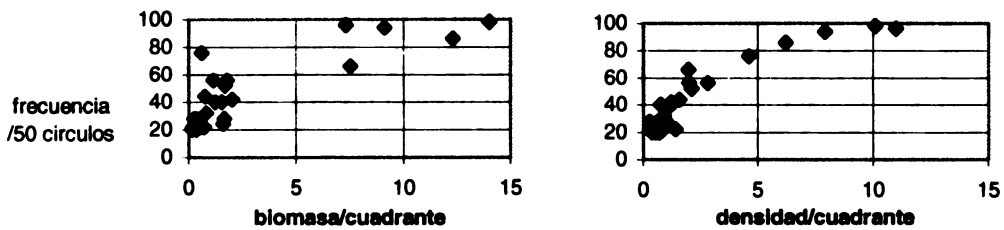
Referente a la medición de frecuencia para estimar las proporciones de cada especie o tipo de maleza la Figura 2 demuestra que la relación es muy estrecha entre la frecuencia de las especies con más de 20 % y su biomasa o densidad. Cuando la frecuencia es alta, también son altas la

biomasa y densidad, cuando la frecuencia es baja, igualmente la biomasa o densidad son bajas. La medición de frecuencia parece ser de utilidad para permitir a productores hacer seguimiento de la composición botánica de malezas y su influencia en sus plantíos de granos básicos. También es un dato que se presta para comparaciones cuando los productores se juntan para analizar el estado de sus campos. Las especies más frecuentes fueron *Cyperus rotundus, Bidens pilosa, Digitaria sanguinalis y Baltimora recta.*

Cuadro 2: Promedios de porcentaje de cobertura y desviaciones estándares calculados de 5 submuestras de 25, 50 y 75 círculos tomadas de 100 círculos en cada campo.

	25 círculos		50 círculos		75 círculos	
	promedio	s.d.	promedio	s.d.	promedio	s.d.
Masatepe	34.3	8	33.2	6	34.7	1.6
Telica	23.7	12	22.8	8.8	22.4	5
Estelí	31.4	12.9	27.2	9.2	28.5	6.9
Santa Rosa	27.2	11	26.3	10	27.5	4

Figura 2: Relación entre la frecuencia de las malezas presentes en más de 20% de los cuadrantes y su biomasa o densidad para los 4 plantíos muestreados.



Conclusiones

En términos estadísticos el muestreo de malezas en plantíos antes del primer desyerbe basado en 50 círculos ofrece una información representativa. Aún falta probar el mismo método en plantíos en el cierre de calle despúes del primer desyerbe cuando las malezas estan más grandes y en los mismos campos durante varios años. También esperamos emplear el método con grupos de productores experimentadores para documentar la relación entre el uso de métodos de muestreo, el dialogo entre productores y productoras y los cambios en la eficiencia de manejo de malezas.

Literatura citada

INTA, UNA, CATIE/MIP, UNAN-León, Zamorano-COSUDE. 1998. *Manual de manejo integrado de plagas en el cultivo de maíz.* Zamorano Academic Press, Honduras.

CATIE. 1998. *Informe Final.* Project CATIE/INTA-MIP. Managua, Nicaragua

JOHNSON, G., MORTENSEN, D., YOUNG, L., & MARTIN, A. 1995. The stability of weed seedling population models and parameters in eastern Nebraska corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) fields. Weed Science, 43, 604-611.

JOHNSON, G., MORTENSEN, D., YOUNG, L., & MARTIN, A. 1996. Parametric sequential sampling based on multistage estimation of the negative binomial parameter *k*. Weed Science, 44, 555-559.

KENMORE, P., 1991. *Indonesia's IPM-A Model for Asia*. FAO, Manila.

LEMIEUX, C., CLOUTIER, D., & LEROUX, G. 1992. Sampling quackgrass (*Elytrigia repens*) populations. Weed Science, 40, 534-541.

ZIMDAHL, R. 1980. *Weed-Crop Competition*. International Plant Protection Center. Corvalis, Oregon.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE PATÓGENOS NATIVOS Y FACTORES DE ESTRÉS EN EL CONTROL DE *Rottboellia cochinchinensis*

Cristhian Zúñiga[1], Vera Sánchez Garita[1], Elkin Bustamante[1], Unidad de Fitoprotección, [3]Area Agricultura Ecológica

Abstract

The biological control strategy against *Rottboellia cochinchinensis* using native pathogens is discussed and the results obtained to date from investigations realised in. During the first phase of these investigations, the identification of native pathogens with potential as biological agents was achieved and in the second stage, studies with stress factors to increase the severity of the pathogens were realised. Strains 69 and 127 (*Fusarium* sp) together with sub-dosis of the herbicide haloxifop, demonstrated potential as control agents of *R. Cochinchinensis*.

Introducción

Rottboellia cochinchinensis se considera una maleza importante en muchos países, debido a su gran capacidad de competencia con cultivos como maíz arroz frijol y caña de azúcar (Calvo *et al* 1996). En Costa Rica Rojas et al. (1993) informaron reducciones en maíz, entre 46 y 54% del total de la producción. Por su parte, Thomas 1977, Tollervey *et al.* 1980, Fageiry 1987, establecieron que en algunos casos en donde no se aplicó ningún tipo de manejo, las pérdidas en arroz y maíz alcanzaron entre un 80% y un 100%.

El método más utilizado para el manejo de la maleza es la combinación corte o chapea y el control químico, con todas las posibles implicaciones que este último puede causar sobre el medio ambiente. El uso de patógenos para el control de malezas se ha estudiado en diferentes partes del mundo (Templeton, 1982) cuyo efecto se puede mejorar si se combina con otros tácticas de manejo. Particularmente para mejorar el efecto de patógenos nativos se recomienda su combinación con factores de estrés que favorezcan el desarrollo de las enfermedades. El objetivo de este trabajo fue la búsqueda de patógenos nativos de *Rottboellia*, en diferentes zonas del país, con potencial como agentes de control biológico, así como la evaluación de sub-dosis de herbicidas que favorezcan el ataque de los patógenos.

Metodología

Selección de patógenos. Se aislaron patógenos de plantas enfermas de las diferentes zonas del país Zona Atlántica (Turrialba, Siquirres, Limón), Pacífico Norte (Guanacaste), Pacífico Central (Quepos). Los aislamientos obtenidos se inocularon en plantas Rottboellia (cuatro ecotipos: Cuestas, Silencio, Bagatzi y Esparza) y se seleccionaron los patógenos que presentaron mayor severidad. Estos patógenos se inocularon en plantas de Brachiaria, maíz y arroz, para determinar su rango de patogenicidad (Wapshere,1974; Weidemann y Tebeest; 1990).

Evaluación de sub-dosis de herbicidas. Para seleccionar sub-dosis de herbicidas con capacidad de predisponer la planta al ataque de los patógenos, se evaluaron herbicidas con

distintos modos de acción: pendimetalina (Prowl), fluazifop butil (Fusilade), propanil (Stam-M48), atrazina (Gesaprin), haloxifop metil, mezcla racémica 24 % (Galant), glifosato (Round-up) y paraquat (Gramoxone), en sub-dosis 6 a 40 % de la dosis recomendada comercialmente. Se evaluaron los patógenos: *Fusarium* (cepas 69 y 127), *Dreschlera* (cepa 99, 130 y 105), *Curvularia* (cepa 2) en plantas asperjadas 24 horas antes con sub-dosis de herbicidas.

Con los mejores tratamientos se establecieron parcelas en la Estación Experimental de la UCR situada en Santa Cruz, Guanacaste. Se evaluó el efecto de los patógenos aplicados en combinación con la sub-dosis de haloxifop metil (2, 1.5 y 1 ml pc /l) y los patógenos, cepas 127 y 69 (*Fusarium* sp), aplicados en agua o formulados en aceite de girasol y agua, en proporción 1:9 y tween 40 al 0.1%.

Otros factores de predisposición. Además de sub-dosis de herbicidas, se evaluó el efecto de saturación del suelo con agua y reducción de radiación solar para favorecer el daño por los patógenos. Para evaluar el efecto de saturación las plantas se mantuvieron con un nivel del agua de 2 cm por encima del nivel del suelo y para evaluar el efecto de sombra, las plantas se colocaron en un invernadero con un 40 % de luz.

En todos los ensayos se evaluó la severidad (1 = planta sana, 2 = <50% área foliar afectada y 3 = mas del 50% área foliar afectada) y se realizó análisis de varianza y pruebas de Tukey al 5%.A los datos.

Resultados y discusión

Patógenos seleccionados. Las cepas presentaban mayor virulencia fueron la cepa 2 corresponde a *Curvularia sp*, las cepas 99,105 y 130 a *Drechslera sp* y las cepas 69 y 127 a *Fusarium s,* las cuales no presentaron síntomas en las especies cultivadas evaluadas.

Evaluación de sub-dosis de herbicidas. En el invernadero se observó que *Fusarium sp* (cepas 69 y 127), al ser inoculado en plantas previamente aplicadas con haloxifop metil a 2 ml Pc/l, un debilitamiento paulatino de la planta hasta su muerte, con un crecimiento abundante del patógeno en el área de macollamiento. El modo de acción del haloxifop metil es inhibir la síntesis de ácidos grasos a nivel de la membrana celular, principalmente en puntos de crecimiento de la maleza, lo que puede ser aprovechado por *Fusarium*, para iniciar el proceso de infección de las cepas 127 (*Fusarium*) y 99 (*Dreschlera*).

Cuando se evaluaron los patógenos, cepas 127 y 69 (*Fusarium* sp) y las sub-dosis de haloxifop metil, se observó el mejor efecto de predisposición con 1 ml Pc/L un 50 % de la mejor dosis obtenida en el invernadero donde se observó un aumento de la severidad de la enfermedad causada por los patógenos, para en caso de la cepa 127, la muerte de las plantas. Las dosis mas altas evaluadas (2 y 1,5 ml Pc/l) fueron letales en ausencia de los patógenos. Esta reducción de la cantidad de herbicida como dosis sub-letal es probablemente causada por la alta radiación solar predominante en la zona, la cual favorece la translocación del herbicida.

Otros factores de estrés. La saturación del suelo con agua no mostró efecto sobre los patógenos. La sombra a pesar de que un efecto significativo en los patógenos evaluados, no fue suficiente para causar la muerte de las plantas. Este mismo efecto se observó cuando se combinó sombra y haloxifop (0,048 Kg. i.a. /ha, 1 ml p.c./l). Estos resultados sugieren que el haloxifop metil no predispuso lo suficiente la planta en condiciones de sombra, posiblemente por que la actividad metabólica de planta disminuyó y el herbicida no logró translocarse rápidamente dentro de la planta.

Conclusiones

Es posible encontrar patógenas nativos con alta severidad hacia R. Cochinchinensis, sin embargo el daño causa no es suficiente como para matar la maleza. No obstante se observó un efecto sinergístico de los patógenos y sub-dosis haloxifop metil, tanto en pruebas en invernadero como en el campo, donde se deben considerar dosis más bajas pues el efecto de la radiación solar favorece la traslocación del herbicida.

Literatura citada

CALVO, G.; MERAYO, A.; ROJAS, E. 1996.Diagnóstico de la problemática de la caminadora(Rottboellia cochinchinensis) en dos zonas productoras de maíz de la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 41: 49-51

FAGEIRY, K.A. 1987. Weed control in Soybean (Glycine max) in Vertisolsof Sudan. Tropical Pest Management 33:220-223

HOLM, L.; HERBERGER, J.; PLUCKNETT, D.; PANCHO, J. 1991. The World's Worst Weeds. Distribution and Biology. Krieger Publishing Company Malabar, Florida. 139-144.

ROJAS, E.; DE LA CRUZ, R.; MERAYO, A. 1993. Efecto competitivo de la caminadora (Rottboellia cochinchinensis (Lour W.D. Clayton) en el cultivo de maíz Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 27: 42-45 (Zea mays L.). Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 27: 42-45.

THOMAS , P.E.L 1977. Weed competition and reproduction studies in Rhodesia. Rhodesia Agricultural Journal 74 (1): 21-24.

TEMPLETON, G. F. 1982. Biological herbicides: Discovery, development, deployment. Weed Science (E.E.U.U.). 30:430-433.

TOLLEVERVEY, F.E.; PANIAGUA, B.; GONZALEZ, G. 1980. Herbicide trials in annual crops in Santa Cruz, Bolivia. Santa Cruz, Bolivia. CIAT/Misión Británica Cooperación Tropical. Informe Reporte No 11.

WEIDEMANN, G.J.: TEBEEST, D.O. 1990. Biology of host testing for biocontrol of weeds. Weed Technology 4: 465-470.

WAPSHERE, A.J. 1974. A strategie for evaluating the safety of organisms for biological weed control. Annual Rev. Appl. Biology. 77: 210-211.

PARTICIPACION DE LAS FAMILIAS RURALES EN LOS PROCESOS DE CAPACITACION Y SUS CONOCIMIENTOS SOBRE PLAGAS Y PLAGUICIDAS

Rosa Argentina Rugama, Area Socioeconomía,Falguni Guharay, Unidad Fitoprotección,Area Agricultura Ecológica

Abstract

Fifty-four women and forty-six men from 6 rural communities in northern Nicaragua were interviewed to determine their participation in IPM training activities and to asses the impact of training on their knowledge of pests and pesticides. Most women did not participate in training, whereas most men did. Factors like " lack of invitation" and "lack of time" were mentioned frequently to explain non-participation. Women belonging to collective farms and men involved in cash crops participated more in training. Among men and women who did not participate in training, men tend to have better knowledge of pests and pesticides than women. However, when they are involved in training, their knowledge levels reach similar levels. Through training both men and women extend their knowledge on different aspects of pests and pesticides, depending on their roles and interests in the production and decision making process.

Introducción

Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un sistema de toma de decisiones por parte de las familias rurales basado en sus conocimientos de cultivo, clima, plagas y enemigos naturales para poder reducir los daños de plagas y lograr un rendimiento adecuado bajo condiciones muy variables (CATIE, 1996). Por lo tanto, la tarea de implementación masiva del MIP con familias rurales corre por la vena de fortalecimiento de esta capacidad de toma de decisiones (CATIE, 1998). Desde el año 1994 en diferentes partes de Nicaragua se ha venido desarrollando procesos de capacitación participativa para el fortalecimiento de la toma de decisiones en cultivos como café, tomate, repollo y musáceas. Los procesos basados en encuentros participativos por etapas fenológicas del cultivo, donde los grupos de productores, extensionistas y especialistas observan, analizan, evalúan en conjunto, permiten que todos adquieren conocimientos sobre las relaciones variables de cultivo-plaga-clima-enemigos naturales e implementan nuevas opciones de manejo de plagas basados en estos conocimientos. (CATIE, 1998). Este estudio es un intento preliminar para conocer el grado de participación de las familias rurales en los procesos de capacitación y el impacto de las capacitaciones sobre sus conocimientos de plagas y plaguicidas.

Metodología

El estudio se realizó en 3 comunidades donde los especialistas del Proyecto CATIE-INTA/MIP (NORAD) en conjunto con los técnicos y especialistas de otras instituciones nacionales han realizado actividades de capacitación por varios años, 2 comunidades donde se han realizado las actividades de capacitación solamente por algunos años y 1 comunidad donde no se han realizado actividades de capacitación sobre manejo integrado de plagas. En cada comunidad se seleccionaron 10 familias al azar; en cada familia se realizaron entrevistas con la mujer y el hombre de manera individual para conocer sus niveles de participación en los procesos de capacitación y sus conocimientos sobre los temas relacionados con plagas y plaguicidas.

Basándose en las respuestas de los entrevistados(as) a un conjunto de preguntas se evaluaron el nivel de conocimiento de ellos(as). Se asignaron valores de 0 a 3 para diferentes niveles de conocimiento. El valor 0 fue asignado para un nivel de falta total de conocimiento (nada), 1 para un nivel de conocimiento simple (poco), 2 para un nivel de conocimiento acumulado (algo) y 3 para un nivel de conocimiento avanzado y analítico (bastante). De esta manera se evaluaron conocimientos sobre diferentes aspectos relacionados con la finca, los cultivos, las plagas y el uso de los plaguicidas, obteniendo un índice para el nivel de conocimiento de cada aspecto.

Para caracterización general de los miembros de las familias rurales participantes en este estudio se utilizaron estadísticas descriptivas, y para analizar las diferencias entre los grupos contrastantes como hombres y mujeres, participantes y no participantes en los procesos de capacitación, se emplearon pruebas no paramétricas chi-cuadrado o t-student utilizando rutinas de SYSTAT (Wilkinson, 1989).

Resultados y Discusión

Características generales de los miembros de las familias rurales participantes

La mayoría de las 100 personas entrevistadas (54 mujeres y 46 hombres) tienen edad entre 25 y 45 años, con un nivel de escolaridad que oscila entre analfabetas y primaria alcanzada. La mayoría de los hombres son jefes de familia (93%), mientras que una minoría de las mujeres (16%) ocupa este cargo. Las familias trabajan la tierra en forma individual (43%), organizados en cooperativas (28%), en colectivos familiares (15%) y con mediería (14%). El origen de la tenencia en la mayoría de las fincas ha sido a través de la reforma agraria con áreas que oscilan entre 1,5 a más de 7 ha. Los principales cultivos en estas fincas son granos básicos (72%), hortalizas (17%) y el café (11%).

Participación de los miembros de las familias rurales en los procesos de capacitación

De las 100 personas entrevistadas, 50% no han participado en procesos de capacitación, 34% han tenido la oportunidad de participar en las capacitaciones sobre manejo integrado de plagas, 14% en temas relacionados con manejo integrado de cultivos y 2% sobre uso seguro de plaguicidas. El análisis de la participación de los miembros de las familias rurales en las capacitaciones indica que la mayoría de las mujeres (68%) no participan en procesos de capacitación, algunas (28%) participan en forma ocasional y solamente un número muy reducido (4%) participan en forma sistemática en los procesos de capacitación. Ellas identifican varias razones para la baja participación. Entre ellas: "no ser invitadas a los eventos" (57%), "falta de tiempo por tareas domésticas y dedicación al cuido de hijos/as menores (32%), "no me gusta participar" (5%) "las capacitaciones se hacen retiradas de sus casas o comunidades" (3,5%); y "a los maridos no les gusta" (2,5%). En cambio, 72% de los hombres entrevistados han participado en los procesos de capacitación. De ellos el 48% han participado en forma ocasional y 24% en forma sistemática, dejando solamente un 28% como no participantes. Las principales razones para no estar integrados en los procesos de capacitación son "no me invitan" (69%), "falta de tiempo" (15%) y otras razones como "no me sirven" (15%).

Mujeres provenientes de las familias que trabajan la tierra en forma colectiva participan más en las actividades de la capacitación (44%) en comparación con las que son miembros

de las familias trabajando la tierra en forma individual (20%). Para los hombres la participación esta relacionada con los cultivos priorizados de la finca. Mientras que solamente el 64% de los hombres perteneciendo a las fincas donde se cultivan granos básicos están integrados en los procesos de capacitación, 100% de los caficultores y 75% de horticultores se integran en actividades de capacitación.

La revisión de la literatura sobre el acceso de las mujeres a capacitación y servicio de extensión agrícola en diferentes países (Saito y Spurling, 1992) y estudios sobre papel de las mujeres en toma de decisiones en las actividades agrícolas (Spring, 1988) revelan que las mujeres tiene mucho menos acceso a los servicios de capacitación y tienen necesidades especiales de información y formación. Los datos de este estudio confirman esta observación. Ya que para las mujeres, la razón principal por no estar integradas en los procesos de capacitación es de "no estar invitadas", hay que analizar el procedimiento de la convocatoria y la formación de los grupos de capacitación en las comunidades para entender la baja participación de las mujeres. Por otro lado, también hay que realizar esfuerzos para entender mejor los papeles de los miembros de las familias rurales en las actividades del hogar y la finca en las diferentes comunidades, para así concertar con ellos sobre el proceso de capacitación que permitirán mayor y más efectiva participación de los miembros de las familias rurales en dichos procesos.

Conocimiento de los miembros de las familias rurales sobre las plagas y plaguicidas
Todos los miembros de las familias poseen conocimientos valiosos y detallados sobre diferentes aspectos de las fincas, el clima, los cultivos, las plagas y los plaguicidas. Dentro del grupo de no participantes en las capacitaciones los hombres alcanzan mayores niveles de conocimientos en varios aspectos (Cuadro1). Sin embargo, las diferencias en los niveles de conocimientos entre hombres y mujeres disminuyen cuando ambos participan en capacitaciones.

Cuadro 1. Niveles de conocimiento* de los miembros de familias rurales integrados y no itegrados en capacitaciones en algunos aspectos sobre plagas y plaguicidas

Aspectos	No integrados en las capacitaciones		Integrados en las capacitaciones	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Ciclo de Vida de insectos	1,5	0,8	1,8	1,2
Control biológico de plagas	0,6	0,1	0,7	0,3
Origen de enfermedades	1,2	0,4	1,5	1,2
Relación Cultivo-enfermedad	1,3	0,5	1,9	1,4
Relación Clima-enfermedad	1,0	0,7	1,3	1,2
Bondades de mala hierba	0,6	0,2	0,6	0,6
Plagucidas Químico sintéticos	1,5	1,0	1,5	1,2
Plaguicidas menos tóxicos	0,7	0,1	0,2	0,4
Plaguicidas de Origen Botánico	0,8	0,5	1,0	0,9
Cómo dosifica los plaguicidas	1,5	0,8	1,7	1,5
Método de evaluación de plagas	1,3	0,8	1,8	1,1

0 = nada, 1 = poco, 2 = algo, 3 = bastantes

Se observa fortalecimiento de conocimiento de ambos géneros sobre el control biológico de plagas, la relación entre cultivos-enfermedades y plaguicidas menos tóxicos. Las mujeres integradas en los procesos de capacitación demuestran significativamente mayor nivel de conocimiento sobre el origen de las enfermedades, bondades de las hierbas, plaguicidas

tóxicos y plaguicidas de origen botánico en comparación con mujeres no integradas.
Mientras que los hombres demuestran fortalecimiento de conocimiento sobre conocimiento de la finca, relaciones clima-plaga, relaciones clima-enfermedades y métodos de evaluación de plaguicidas.
Obviamente los conocimientos de hombres y mujeres siempre varían, reflejando intereses variados, el acceso diferenciado a los recursos y los papeles de género definidos por las sociedades. Según Coughenour y Nazhat (1985) la diferencia entre los conocimientos entre hombres y mujeres se dan principalmente por el acceso limitado a la información por parte de las mujeres. Los resultados de este estudio demuestran que la participación de los miembros de las familias rurales en los procesos de capacitación ayuda a nivelar los niveles de conocimiento de los hombres y mujeres, abriendo la vía del acceso de las mujeres a nueva información. Esto podría permitir una mayor participación de las mujeres en la toma de decisión en seno de las familias sobre las actividades de manejo de plagas y fincas, ya que se supone que la participación efectiva de uno depende del grado de conocimiento que posee sobre el tema (Fasseart, 1998).

Conclusiones

La mayoría de las mujeres de las comunidades rurales en el norte de Nicaragua no participan en capacitaciones agrícolas. La participación de mujeres en las capacitaciones es mayor cuando ellas trabajan la tierra en forma colectiva. La mayoría de los hombres participan en los procesos de capacitación, y su participación es mayor todavía cuando ellos están involucrados en cultivos de exportación (café) o de mayor inversión (hortalizas). Tanto la participación de los hombres como de las mujeres en las capacitaciones depende de los factores externos (invitación), e internos (disponibilidad de tiempo).

Mujeres y hombres de las comunidades rurales tienen conocimientos propios, valiosos y detallados sobre su medio ambiente. En el grupo de no participantes, los hombres tienden a expresar mayores niveles de conocimientos sobre plagas y plaguicidas. Sin embargo, cuando ambos participan en las capacitaciones los niveles de conocimiento tienden a nivelarse. Tanto los hombres como las mujeres aumentan los niveles de conocimientos sobre diferentes aspectos de las fincas, cultivos, plagas y plaguicidas a partir de las capacitaciones según las condiciones y necesidades de cada género.

Literatura Citada

CATIE (1996). Conceptos Básicos de Manejo Integrado de Plagas. Managua, Nicaragua.

CATIE (1998). Final Report. CATIE-INTA/IPM (NORAD) Project 1995-98. Managua, Nicaragua.

COUGHENOUR, C.M. Y NAZHAT, S.M. (1985). *Recent Change in Villages and Rainfed Agriculture In Northern central Kordofan: Communication Process and Constraints*. Lexington, Department od Sociologu, University of Kentucky.

FASSAERT, C. (1998) MIP con aroma de mujer, reflexiones y experiencias de Nicaragua Enlace. RAP-AL (42): 14-15

SAITO, K.A Y SPURLING, D. (1992). Developing Agricultural Extension for Women Farmers in Africa. World Bank Discussion paper 103. Washington D.C. World Bank.

SPRING, A. (1988). Using Male Research and Extension Personnel to Target Women Farmers. In S.V.Poats, M. Schmink and A. Spring Eds. *Gender Issues in Farming Systems Research and Extension*. Boulder: Westview Press.

WILKINSON, L. (1989). SYSTAT: The System for Statistics. Evanston. Il. SYSTAT Inc.

INTERACCION PATOSISTEMAS-SOMBRA EN EL SISTEMA CAFE

David Monterroso Salvatierra[1]
[1]Unidad de Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica, CATIE

Abstract
The Plant Pathology Group of the CATIE/INTA IPM Project in Nicaragua has been carrying out studies since 1990 on the coffee disease complex. Based on experiments on epidemiology, disease sampling methods, criteria for fungicide application, and the effects of shade on diseases, we hypothesize that an equilibrium point can be defined at which the disease complex has minimal effects onproduction. Further studies are needed to define the interactions among varieties, soil fertility, shade type and level, and application of biologically-derived substances.

Introducción

En Centroamérica la inquietud de obtener mayor cantidad de divisas en general, mayores ganancias en particular y el establecimiento de nuevas plagas (roya y broca), provocaron cambios en el sistema de producción de café. La modernización de la caficultura, se orientó principalmente al uso de nuevas variedades, eliminación parcial o total de la sombra, elevado uso de fertilizantes y el uso indiscriminado de plaguicidas (principalmente herbicidas y fungicidas). Sin embargo estos cambios han resultado actualmente en deterioro progresivo de áreas sembradas con café de "alta tecnología". Esta modernización se expande en la medida que pequeños y medianos productores, adoptan lo que las grandes empresas hacen para producir más café.

Por otro lado, si se toma en cuenta el origen del cafeto, el sistema natural tiene tres grandes componentes modificables por la interferencia humana (tecnología): la parte aérea de la planta de café o mesoambiente, el estrato superior o sombra y el estrato inferior o piso. Con este enfoque el grupo de Fitopatología del Proyecto CATIE INTA/MIP (NORAD) en Nicaragua, decidió estudiar los patosistemas involucrados en el sistema café, con el propósito de corroborar el efecto regulador de la sombra sobre dicha interacción.

Metodología

El análisis está fundamentado en los resultados de la investigación desarrollada por el Proyecto a partir de 1991. Estudios epidemiológicos (Vasquez O. et. al. 1992; Calderón y Monterroso, 1994; Briones Mendoza y Monterroso, 1995); Determinación de tamaño de muestra (Mendoza, Gutierrez y Monterroso, 1995). Se estableció un método integrado de cuantificación de plagas en el sistema café, en el cual el productor(a) identifica 5 puntos representativos del lote, al rededor de cada punto ubica dos estaciones cada una con 5 plantas seguidas, en la primera planta se cuentan las plagas en la bandola de la parte superior, en la segunda planta en la bandola de la parte inferior y así sucesivamente hasta contar en las cinco plantas (Monterroso, Mendoza y Monterrey, 1996); También se logró proponer un tamaño mínimo de muestra y una metodología para la extracción de

nematodos (Monterroso, 1997). Con esta información se han iniciado trabajos de integración, como la variabilidad de los patosistemas en condiciones contrastantes de sol-sombra en la Finca Santa Francisca, ubicada en Masatepe, Nicaragua (Salamanca, Mendoza y Monterroso, 1997; Balmaceda, Cruz y Monterroso, 1997).

Resultados

1. Efecto de autosombramiento (mesoambiente).

Los datos registrados en 1991-92 de la finca La Laguna, Matagalpa, pueden ser usados para analizar los diferentes estratos de la planta. La figura 1A muestra que en el estrato inferior es donde más roya se presenta. La enfermedad se produce mejor en el estrato inferior porque está más autosombreado; en contraste hay más incidencia de mancha de hierro (figura 1B) en el estrato superior debido a que está más expuesto a la luz.

Si se toma en cuenta el metabolismo de la planta de café (Berry et al 1987), la actividad está concentrada del estrato medio hacia arriba, es aquí donde se concentra principalmente la producción y, de acuerdo a este argumento, la enfermedad más importante es la mancha de hierro y no la roya.

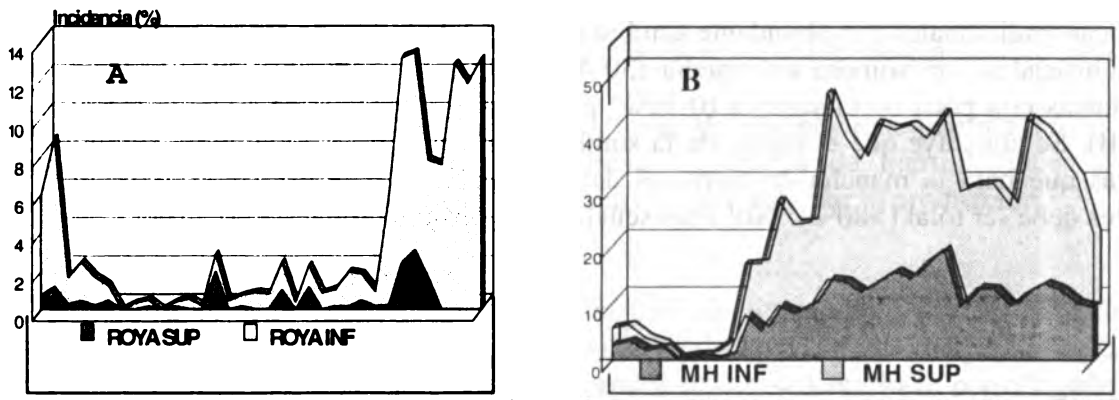


Figura 1. Relación de la incidencia de la roya (A) y la mancha de hierro (B) en los estratos inferior y superior de la planta de cafe. Finca la Laguna, Matagalpa, Nicaragua.

2. Efecto del estrato superior o sombra.

Datos de tres enfermedades se tomaron en dos fincas de la región I (Las Segovias). En la finca de alta tecnología (sombra 0-10%), la curva de la mancha de hierro es la más pronunciada (figura 2A), mientras que en la finca de tecnología tradicional la curva más pronunciada (sombra >60%) es la de la roya (figura 2B). La finca tecnificada fué bien fertilizada, pero recibe mucha luz; mientras que la finca tradicional no está fertilizada y recibe poca luz. ¿Cómo lograr el equilibrio? Este contraste sugiere que es posible producir durante mas tiempo si se tiene poca roya y poca mancha de hierro.

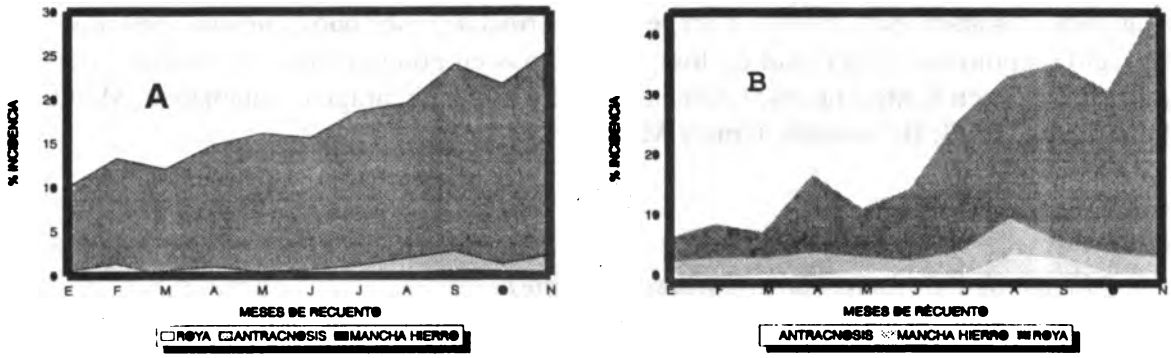


Figura 2. Contrastante en dos fincas de cafe. A) de alta tecnología (incidencia alta de mancha de hierro). B) de tecnología tradicional (alta incidencia de roya).

De 1991 a 1993 en cafetales de la región IV (Pacífico), se muestrearon fincas con tecnología tradicional (4), fincas semitecnificadas (4) y fincas tecnificadas (4). Se recabó información de roya, mancha de hierro y antracnosis (Calderón y Monterroso, 1994). Solo las fincas semitecnificadas tuvieron epidemias importantes de roya (fig 3A), podría deberse a que este sector suspendió la aplicación de fertilizantes cuando estos dejaron de ser subsidiados por el gobierno. Con la mancha de hierro, el efecto de la sombra es más claro. Las fincas tradicionales con abundante sombra (60-80%) no pasan de 5% de incidencia, las semitecnificadas con sombra intermedia (30-40%) 10% de incidencia, mientras que las tecnificadas con poca o sin sombra (0-10%) presentaron alrededor de 15% de incidencia (fig. 3B). Se concluye que el efecto de la sombra (luz) en la roya no es muy contundente mientras que para la mancha de hierro es determinante ¿Sugiere esto que la sombra en cafetales debe ser total (>80%)? No! Pero señala a una posible propuesta de manejo.

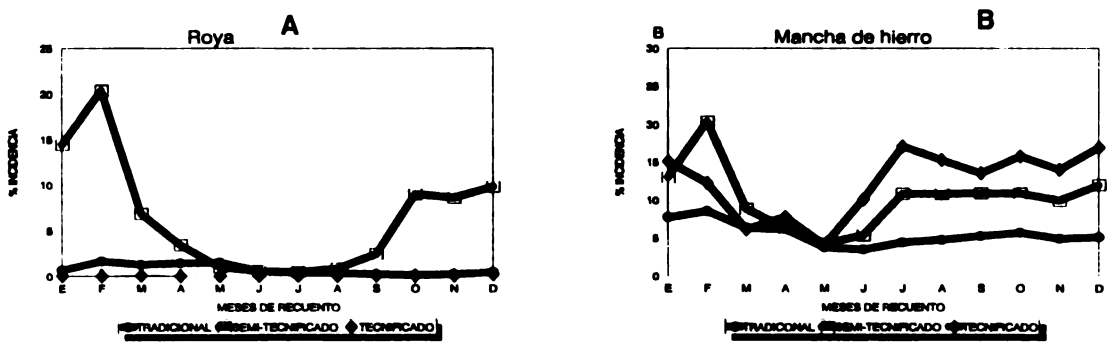


Figura 3. Comportamiento epidemiológico de la roya (A) y de la mancha de hierro (B) del Café, en tres tecnologías. Promedio de tres años (1991-1993), IV región de Nicaragua.

3. Efecto contrastante de la luz

En la Finca Santa Francisca, IV región o pacífico de Nicaragua, se estudiaron dos sistemas de manejo contrastante, en uno el café está bajo 80-90% de sombra y el otro esta a pleno sol. En el plantío sombreado la roya es medianamente estimulada y la producción se mantiene relativamente baja (figura 4A). En el plantío al sol, el estímulo que recibe la mancha de hierro es considerablemente alto; pero la producción es mayor, en comparación con la del platío con sombra (figura 4B) (Salamanca, Mendoza y Monterroso, 1997).

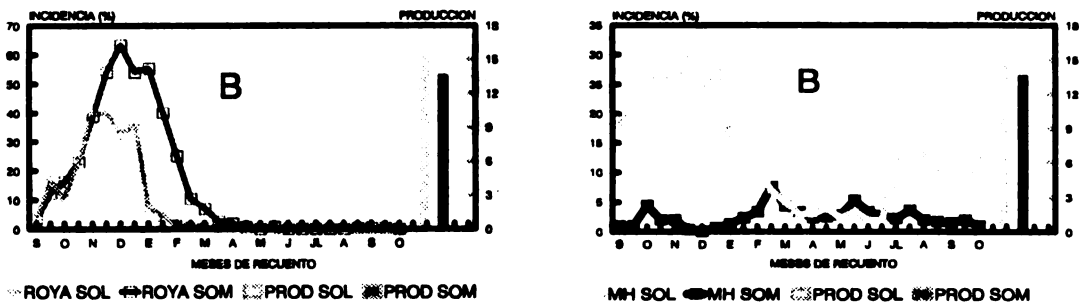


Figura 4. Efecto de la sombra sobre la producción y la epidemiolgía de la roya(A) y de la mancha de hierro (B).

Las preguntas a contestar son: ¿Cuál es el nivel de sombra que permita un nivel de producción aceptable con el mínimo de roya y mancha de hierro? ¿Qué acciones complementarias se requieren para lograr este nivel e incrementar la producción?

4. Estrato inferior o piso

En estos mismos lotes se analizaron las poblaciones de nematodos. En el lote a pleno sol, *Meloidogyne* sp predominó; con un promedio de 852,404 nematodos/100 gr. Se sugiere que cuando el suelo se seca, la característica de endoparásito-sedentario le permite sobrevivir dentro de la planta a altas temperaturas, ya que la planta mantiene en sus raíces alimento y humedad. El género *Pratylenchus* presentó bajas poblaciones.

En condiciones de abundante sombra, predominó *Pratylenchus* sp; pero en bajas cantidades, su pico poblacional más alto fué en enero de 1998. *Meloidogyne* sp, presentó muy bajas poblacionales. En este lote se encontró una mayor diversidad, incluyendo géneros como Rhabditis y Mononchus que son nematodos de vida libre y predatores, respectivamente.

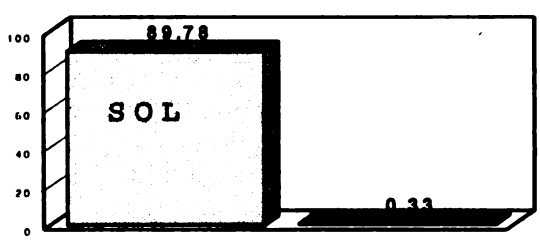


Figura 5. Contraste de la población de nematodos (miles) en café a pleno sol versus sombra 80-90% (cientos). Carazo.Nicaragua.

Discusión

La información presentada nos permite concluir que es posible utilizar la sombra como agente regulador para el manejo de estos patosistemass. No cabe duda que la sombra afecta la variabilidad de los patógenos (hongos y nematodos) asociados al sistema café. En tanto las poblaciones de mancha de hierro y del nematodo agallador son favorecidas por la luz, la sombra abundante estimula a la roya y al nematodo lesionador la interrogante que nos queda es: ¿Habrá una cantidad de sombra que permita un punto de equilibrio (PE) entre los diferentes patosistemas y que a su ves sea una mejor opción para la pequeña y mediana empresa familiar cafetalera?

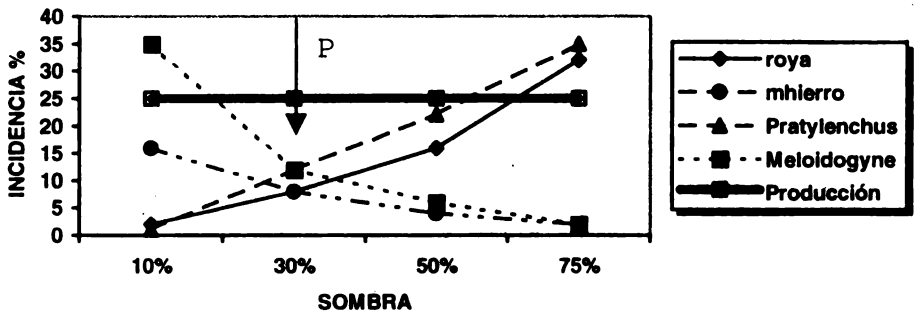


Fig. 6. Punto de equilibrio teórico para producción sostenida de café, con mínima presencia de patógenos.

A manera de conclusión planteamos las siguientes interrogante y algunas sugerencias: ¿Qué conocimientos debemos poner en manos del(a) productor(a) para que pueda tomar mejores decisiones respecto del manejo de la sombra? O ¿Qué se necesita investigar para facilitar y potenciar el equilibrio de la variabilidad en los patosistemas de café?:

- Enmiendas foliares pueden incidir en menos inóculo para la mancha de hierro y la roya.
- Enmiendas orgánicas al suelo puede bajar la población de nematodos y suministrar nutrientes.
- *Verticillium lecanii* puede reducir el inóculo residual de la roya.
- Las especies de árboles para sombra se pueden seleccionar no solo por la cantidad de sombra, sino por la calidad de luz que penetra así como del aporte de biomasa al suelo.
- Los momentos fenológicos de defoliación natural.
- La interacción de la sombra con otros componentes del sistema.

Literatura citada

BALMACEDA M.; S. CRUZ Y D. MONTERROSO. 1997. Efecto de la sombra del café sobre las poblaciones de nematodos fitopatógenos. Congreso Anual de APS, División del Caribe. Costa Rica. Resumen #30.

BERRY D.; D. BIEGSEE, M. ANDRE ET R. MULLER. 1987. Photosynthese et photorespitation du cafier (Coffea arabica L), XII Colloque Scientifique sur le cafier. Montereux, Suisa AIC. Paris.

BRIONES I.; R. MENDOZA Y D. MONTERROSO. 1995. Análisis epidemiológico de dos enfermedades contrastantes en el sistema café de la Región I de Nicaragua. En: Avances Técnicos Tomo VI. Proyecto CATIE-INTA/MIP(NORAD). p: 34-38.

CALDERÓN P. Y D. MONTERROSO. 1994. Estudio epidemiológico de las enfermedades del cafeto en tres niveles tecnológicos en la Región IV de Nicaragua. En: Avances Técnicos en el Manejo de Plagas de Café 1991-94. Proyecto Manejo Integrado de Plagas CATIE-INTA/(NORAD-ASDI). p: 101-102.

MENDOZA, R.; Y. GUTIERREZ Y D. MONTERROSO. 1995. Tamaño y arreglo de la muestra para estudios epidemiológicos de las principales enfermedades foliares del café (coffea arabica L.) en Nicaragua. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 35:19-24.

MONTERROSO S., D. 1993. Propuesta de manejo para las principales enfermedades del café: un enfoque tecnológico con pocos insumos. Reunión Annual APS-CD. San Salvador, el Salvador. C.A. Resumen 12.

MONTERROSO S., D. 1997. Determinación del tamaño mínimo de muestras de raíces de café, para la estimación de poblaciones de nematodos en IV Región de Nicaragua. Reunión Anual de APS-CD. Costa Rica. Resumen #27.

MONTERROSO S., D.; R. MENDOZA Y J. MONTERREY. 1996. Método integrado de cuantificación de plagas en el sistema café. Memorias VI Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. Setiembre 29-octubre 4. Acapulco. México. Pag. 11.

SALAMANCA M.; R. MENDOZA Y D. MONTERROSO. 1997. Comportamiento epidemiológico de dos enfermedades de respuesta contrastante en relación a la sombra del café. Congreso Anual de APS División del Caribe. Resumen #29.

VÁSQUEZ O., ET. AL., J. GUTIERREZ Y D. MONTERROSO. 1992. Análisis epidemiológico de la roya y la mancha de hierro del café en función de la altitud. En: Avances Técnicos en el Manejo de Plagas de Café 1991-94. Proyecto CATIE-INTA/MIP (NORAD). p: 93-94.

LA IMPLEMENTACION PARTICIPATIVA DEL MIP EN DIFERENTES ZONAS CAFETALERAS DE NICARAGUA

Danilo Padilla[1], Charles Staver[1], David Monterroso[1], Falguni Guharay[1], Ramón Mendoza[1], Amilcar Aguilar[1], Julio Monterrey[1], Elida Mendoza[1], Unidad Fitoprotección, Area Agricultura Ecológica

Abstract

The CATIE/INTA IPM in Nicaragua collaborated with national institutions, the national coffee organization, and NGOs to develop a participatory model for the widespread multiplication of coffee IPM with farmers, extensionists, and specialists. The project team first worked with 10 groups of coffee growers to field-test a participatory training sequence at key crop stages. Simple methods were developed for training in major pests. The project team then developed a parallel process for extensionist training which also followed critical crop stages in farmer decision-making. Over 150 extensionists met every two months during the year to strengthen their facilitation skills and expand their ecological understanding of pests and natural control. Evaluations showed that farmers and extensionists had improved knowledge and abilities for pest management.

Introducción

La modernización agrícola o revolución verde en la caficultura se ha caracterizado por el monocultivo basado en un alto uso de insumos y recursos externos. Este modelo ha ocasionado deterioros en la sostenibilidad del agroecosistema. También en este contexto el proceso predominante de transferencia tecnológica ha sido orientado mayormente hacia la adopción de tecnologías. Con este estilo vertical de transferencia, el investigador ha sido un científico que transfiere a los técnicos-extensionistas, los resultados de sus investigaciones obtenidos en laboratorios y centros o fincas experimentales, sin tomar encuenta la realidad de los productores (as). El técnico extensionista ha sido capacitado en temas y eventos aislados, lo cual también ha incidido en realizar un papel de recetario de cartas tecnológicas. Finalmente el productor o productora ha desempeñado un papel de receptor pasivo, adoptador de tecnologías.

Un enfoque que podría contribuir a mejorar el desarrollo sostenible de los sistemas cafetaleros es la caficultura postmoderna que incorporaría lo valioso de lo moderno, lo rescatable de lo tradicional y lo nuevo aún por desarrollarse (Staver, en CATIE sf).El desarrollo tecnológico agrícola alternativo debe de tomar en cuenta la diversidad en las condiciones del productor(a) y de los agroecosistemas. Este enfoque debe incluir un uso bajo o nulo de insumos externos y un mejor aprovechamiento de mano de obra y recursos locales (Monterroso, et al., 1995).

El proceso de extensión y transferencia agrícola debería orientarse a incrementar los conocimientos y habilidades de las familias rurales para que tomen mejores decisiones que le permitan aumentar la productividad manteniendo la sostenibilidad del sistema. En este sentido la participación de grupos de productores se ha comprobado como un mecanismo

muy importante para el trabajo eficiente en generación, validación y transferencia de tecnologías (Nelson, 1994).
De 1991/1994 el equipo del proyecto CATIE-INTA/MIP, con financiamiento de NORAD/ASDI obtuvo muchos aprendizajes sobre participación y trabajo con grupos. Como un reto para su segunda fase (1995-1998) se planteó iniciar un proceso de masificación , por medio de una implementación participativa del MIP. En este contexto para el trabajo con grupos participativos de productores y extensionistas se plantearon los siguientes objetivos: Desarrollar opciones MIP para agricultores de recursos limitados, validar para el entrenamiento de técnicos, desarrollar algunos "materiales" sobre opciones MIP en base a pruebas de campo métodos efectivos para la participación de productores(as)

Metodología

Descripción del proceso de capacitación participativa con grupos de productores(as).
Para desarrollar este proceso el equipo del proyecto desarrolló un enfoque y metodo de trabajo que se sustentó en la necesidad de fortalecer las habilidades y capacidades de los productores para mejorar el manejo de las plagas. Para lograr esto era necesario estimular mayores conocimientos de la ecología y biología de las plagas, el cultivo de café y el agroecosistema en general. El proceso de capacitación con productores se hizo en base a momentos críticos del cultivo (capacitación por etapa fenológica) y a las plagas/problemas priorizados en cada momento definido.

Durante los encuentros participativos con grupos de productores(as) en el campo, los grupos identificaban problemas y reforzaban sus conocimientos, desarrollaban sus habilidades para observar el cultivo y sus plagas, por medio de metodos sencillos mejoraban su capacidad en tomar datos y esto se facilitaba haciendo prácticas de "recuentos" en la finca de uno de los miembros del grupo. Con los datos tomados los grupos realizaban un análisis para tomar las decisiones más adecuadas en el momento. Durante las reuniones y en las parcelas se hacia análisis de la eficacia de las opciones probadas. Al final del encuentro el grupo acordaba las acciones a realizar durante un período determinado y el cumplimiento de estos acuerdos se revisaba en el siguiente encuentro. También el grupo decidía el tema más apropiado para dialogar en el siguiente encuentro. Al final del ciclo el grupo evaluaba su cosecha y el desarrollo y los aprendizajes durante el proceso de implementación participativa del MIP. El equipo del proyecto realizó sondeos, estudios formales y sesiones de reflexión con grupos de trabajo para evaluar los avances y dificultades en el desarrollo del proceso de implementación.

Descripción del proceso de capacitación participativa con grupos de técnicos(as).
Mediante el trabajo con grupos de productores(as) el equipo del proyecto aprendió que para fortalecer las habilidades de los productores(as) en razonamiento ecologico y toma de decisiones, los extensionistas necesitaban capacitaciones que le permitieran entender mejor la ecología, la variabiliadad de las plagas y su relación con el ciclo del cultivo. Los extensionistas necesitaban desarrollar habilidades en observación y muestreo de plagas y tambien poner en prácticas herramientas participativas para facilitar el dialogo en grupos de productores. Teniendo en cuenta estas consideraciones el equipo del proyecto desarrolló varias experiencias de capacitación a técnicos que incluyen talleres tecnicos-metodológicos en MIP café, cursos en temas específicos y capacitación directa por especialistas en grupos de técnicos y productores.

El equipo del proyecto trabajando con colaboradores nacionales ha probado y modificado un metodo de capacitación que combina un taller resumen de un día en MIP-café y un taller de un día para introducir a las herramientas de capacitación participativa seguido por una serie de sesiones de reforzamiento que coinciden con las etapas fenológicas del cultivo. (CATIE, 1998).

El proceso de capacitación en MIP-café se desarrolló mas ampliamente en 1997 involucrando un mayor número de instituciones participantes, como coorganizadores y/o facilitadores. Se inició con un taller técnico-metodológico en MIP café. Se contó con un manual, herramientas para la toma de datos, rotafolios para el trabajo con productores. Un requisito para los participantes fue llevar parcelas y trabajar con grupos de productores. Estos talleres se realizaron en cada región cafetalera. Como acuerdos en el taller los participantes organizaron los grupos de técnicos interesados en participar en el proceso de reforzamiento técnico-metodológico o proceso de acción-reflexion. De esta manera se organizaba un plan de encuentros con fechas y posibles temas considerando los momentos críticos del cultivo. Después del primer encuentro los extensionistas iban a sus zonas de trabajo y desarrollaban el proceso de capacitación participativa con grupos de productores. Luego regresaban a otro encuentro técnico para intercambiar sus experiencias, hacer reflexiones y evaluaciones del trabajo desarrollado durante el período y se repetía el ciclo. Durante el encuentro los extensionistas reforzaban sus conocimientos con los especialistas, visitaban un cafetal para observar su desarrollo y analizaban el estado actual del sistema, analizaban los datos del cultivo y sus plagas y preparaban los próximos eventos con grupos de productores. El último encuentro del ciclo sirvió para evaluar el proceso en lo técnico y lo metodológico. Miembros del equipo del proyecto realizaron algunos sondeos y estudios para conocer logros, avances y dificultades presentados durante el proceso.

Resultados y discusión

En relación al proceso participativo con grupos de productores en los cuales participaron directamente los especialistas del proyecto. Se lograron conformar 10 grupos participativos localizados en cinco zonas de trabajo diversas en cuanto a sus características geográficas, climáticas, ecológicas y socioeconómicas. Se desarrollaron de 2-3 ciclos de capacitación en los diferentes grupos, promediándose 5 encuentros/grupo/año, con una participación promedio de 21 productores(as) por encuentro, lo cual resulta en una participación directa de 630 productores(as). Durante el proceso participaron más de 45 técnicos de 17 instituciones locales. Se implementaron hasta 16 parcelas de manejo impulsadas por CATIE y 16 parcelas organizadas por colaboradores. Este fue un logro importante porque las instituciones multiplicaron las experiencias en otras zonas de trabajo y los técnicos/investigadores fortalecieron sus habilidades y capacidades para desarrollar investigación participativa. Este proceso también contribuyó en el reconocimiento de seis períodos críticos para el encuentro de los grupos participativos (ver figura 1). En base a las plagas -problemas priorizados en los momentos definidos, los especialistas del proyecto y técnicos desarrollaron temas de capacitación correspondientes a diagnóstico de productividad, plagas de verano, broca, enfermedades, malezas, vivero orgánico y el recuento integral de plagas que fue un tema de seguimiento constante en todo el proceso.

Los resultados en varios grupos de trabajo demuestran que la implementación participativa de MIP permite una manera flexible de trabajar ya que puede ajustarse a las realidades de los grupos. Por ejemplo el grupo de Santo Domingo dedicó más esfuerzos para fortalecerse en vivero orgánico y manejo selectivo de malezas, mientras el grupo de Aranjuez dedicó grandes esfuerzos para el manejo de enfermedades, el grupo de San Ramón amplió sus conocimientos en manejo de la broca y el grupo de Aguas Marías amplio sus conocimientos en el diagnóstico de productividad y manejo de malezas. Un grupo en Asturias formado mayormente por un colectivo de mujeres amplió sus conocimientos en manejo de enfermedades y diagnóstico de productividad. Entre las principales opciones de MIP que los productores(as) implementaron en los diferentes grupos se menciona para malezas; manejo selectivo y uso de coberturas vivas y muertas, para broca recolección de granos en la planta y en el suelo, durante el período de precorte las cosecha sanitaria (graniteo), en poscosecha o precorte aspersión con el hongo *Beauveria bassiana*. Para las enfermedades el manejo de la sombra, podas sanitaria y caldo bórdeles. Para todas las plagas y de manera integral en los diferentes grupos se implementó el monitoreo y los sistemas de recuentos sistemáticos. Estas prácticas influyeron en reorientar el sistema de manejo, particularmente en algunos casos se registró reducción en costos de manejo de plagas y reducción del daño ocasionado por las plagas. A partir de reflexiones (CATIE, 1998 b) y estudios se determinaron los siguientes impactos: Fortalecimiento de los conocimientos y la capacidad de análisis de los productores(as) en sus sistemas de producción, fortalecimiento de la capacidad de productores(as) para la observación y cuantificación de plagas, desarrollo de una mayor eficiencia sobre los costos para el manejo de plagas, fortalecimiento de la capacidad de productores para experimentar en su propias parcelas y mejoramiento de la capacidad de los productores(as) para compartir sus experiencias.

En relación al proceso de capacitación participativa con técnicos se contó con la participación de 150 técnicos de 48 instituciones nacionales y ONG's. De manera indirecta estos técnicos desarrollaron capacitaciones con 3296 productores(as). entre los aprendizajes se puede mencionar el haber desarrollado la capacitación como un proceso y no como eventos aislados. El apoyo institucional fue clave para asegurar el proceso. Mediante investigaciones realizadas los extensionistas indicaron haber ampliado sus conocimientos bioecológico de plagas, enemigos naturales y el cultivo de café. Esto naturalmente contribuyó a que los extensionistas tomaran en cuenta la variabilidad de condiciones del productor y del agroecosistema. Los extensionistas desarrollaron habilidades para observar sistemáticamente, analizar datos y usarlos para la toma de decisiones. Obviamente estas habilidades sumadas al trabajo participativo con "productores(as)" les permitió a los técnicos realizar un papel más facilitador que el de un transferencista de recetas. Al finalizar este proceso se cuenta con herramientas técnicas y metodológicas desarrolladas para seguir fortaleciendo y desarrollando la implementación participativa del MIP en la caficultura.

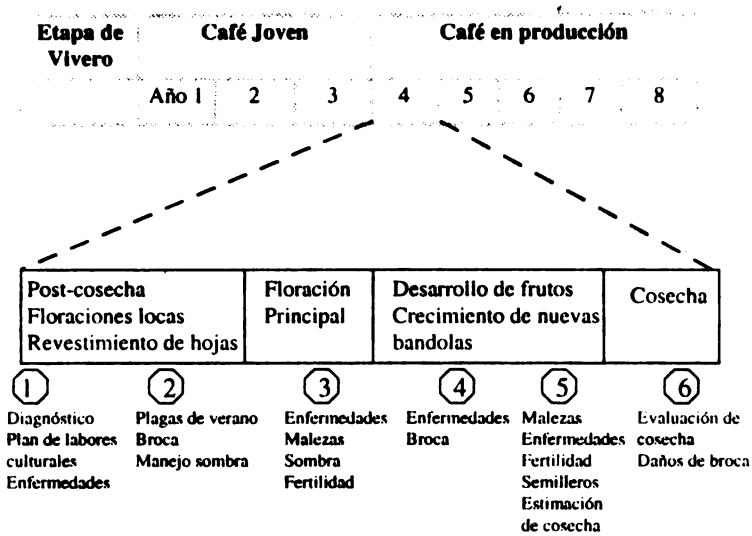


Figura 1. Momentos críticos identificados en base a la fenología y las condiciones ambientales, de un cafetal en producción, para la planificación y toma de decisiones de los productores(as).

Conclusiones

Esta experiencia plantea algunos retos: ¿Como lograr una asistencia más sistemática de los productores(as), ¿ Como superar las dificultades para manejar los formatos de recuentos de plagas y el procesamiento de los datos?. Como dar un mayor seguimiento a las actividades que realizan los productores(as) en sus propias parcelas?. ¿Como lograr mayor y mejor participación de la familia rural en este proceso?

Entre algunos retos para el trabajo con extensionistas podemos mencionar, ¿como seguir capacitando a los técnicos una vez que se cumplió el primer ciclo de reforzamiento técnico-metodológico?. ¿Como se le podría dar seguimiento y monitoreo a la multiplicación hecha por los técnicos en el campo?. ¿ Como hacer sostenible el modelo?

Literatura citada

CATIE (1998). Informe final Segunda fase Proyecto CATIE/INTA-MIP, NORAD, Nicaragua

CATIE (1998 b) Memoria -Encuentro Nacional de Productores de café. Proyecto CATIE/INTA-MIP,NORAD, Managua, Nicaragua.

MONTERROSO S., D., C. STAVER, F. GUHARAY, M. CALDERÓN, J. MONTERREY, D. GÓMEZ, A. AGUILAR, R. MENDOZA Y C. JIMÉNEZ. 1995 Implementación de MIP en el Sistema Café con la participación de pequeños productores, técnicos y especialistas. Semana Científica, CATIE-Turrialba, Costa Rica.

NELSON, K. 1994. Participation and empowermet: A comparative study of IPM Technology generation in Nicaragua. Ph.D dissertation U. of Michigan. Ann Arbor.

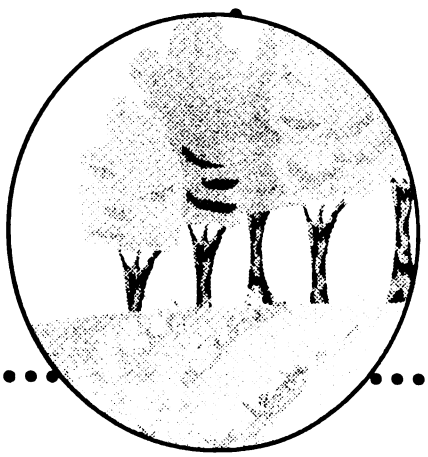
STAVER, C. EN CATIE (Sin fecha). Como implementar MIP en café con productores(as) y técnicos(as), Publicaciones diversas. Proyecto CATIE/INTA-MIP(NORAD). Managua, Nicaragua.

LINEAS DE INVESTIGACION DE CATIE

CATIE RESEARCH LINE

- Línea 3: Sistemas agroforestales.

- *Line 3: Agroforestry systems*



AGROFORESTRY SYSTEMS SUBLINE 1. SAF FOR THE PRODUCTION OF ANNUAL CROPS ON HUMID ZONE HILLSIDES

Donald Charles Lieber Kass[1], Andrea Maria Schlönvoigt[1]
[1]Development of Agroforestry Systems Unit, Area of Watersheds and Agroforestry Systems. CATIE, Costa Rica.

Resumen
La sublínea de investigación, sistemas agroforestales para la producción de cultivos anuales en laderas húmedas tiene tres componentes, cantidad y dinámica de liberación de nutrientes de materias orgánicas en sistemas agroforestales, desarrollo de sistemas agroforestales para suelos de ladera de fertilidad limitada, y tecnologías agroforestales para conservación de suelos en la producción de cultivos anuales y en el manejo de los recursos naturales. Se ha realizado investigación principalmente al nivel del campo experimental y ha identificado unas propiedades y interacciones de los componentes que pueden aumentar considerablemente su valor en mejorar el bienestar humano y conservar la base de recursos naturales. Sin embargo, se contempla en investigación futura trabajar en escalas más amplias, produciendo productos de mayor posibilidades de mercado, utilizando técnicas orgánicas y naturales de controlar plagas, y aumentar la biodiversidad en las área en que mantiene el componente arbóreo.

Palabras claves: nutrient dynamics, organic agriculture, soil amendments, soil conservation

Introduction

The CATIE research subline, "Agroforestry Systems for the Production of Annual Crops on Humid Zone Hillsides" was enhanced with a third component in 1998, "Agroforestry technologies for soil conservation for annual crop production and natural resource management", additional to the existing components, "Quantity and dynamics of nutrient release from organic materials in annual crop agroforestry systems" and "Development of annual crop agroforestry systems for hillslope soils of limited fertility in the humid tropics". This additional component permits research activities of a wider scale than the other two components and permits greater linkages with other research lines. There has been increasing collaboration with the integrated pest management group which shares the interest in annual and especially vegetable crop production. Disruption of infrastructure by hurricane Mitch showed that depending on foreign imports for basic food grains cannot guarantee food security. There was also considerable evidence that damage from the hurricane was less in areas where soil conservation activities such as planting trees in agroforestry systems had been carried out. Agroforestry systems with annual crops will probably take on increasing importance as an alternative for food security in areas of difficult access because they offer the possibility of combining soil conservation with basic food grain production. Soil fertility management and plant competition studies received the most attention in 1998 but important initiatives have been made in early 1999 to broaden the scale of the research carried out in this subline. Marketing of crops produced in *Bactris gasipaes* H.B.K. plantations has received increasing attention due to the fall in prices of palmhearts and the possibility of producing hot peppers between the existing rows of the palm tree. Agroforestry systems can be used to produce the organic amendments and non-

toxic materials for pest control required by organic production systems. Finally, the possibility of utilizing buffer strips of mixed fallow vegetation on hillsides can also be a means by which biodiversity is increased and shelter is provided for natural predators of crop pests (Gliessman, 1998).

Component 1. Quantity and dynamics of nutrient release from organic materials in annual crop agroforestry systems

A pot and field trial, carried out on an extremely infertile Acrudoxic Melanudand in the San Juan Sur experimental area of CATIE in Turrialba, Costa Rica showed that animal amendments (dairy or chicken manure or bocashi, a rapidly produced compost containing 36% soil, 18% rice hulls, 18% charcoal, 3.6% agricultural limestone, 18% chicken manure, 2% molasses and 4.4% rice bran) had a higher nutrient content of other elements and produced better maize growth when amounts of amendments applied were adjusted to supply 300 kg N ha^{-1}. Considering the plant amendments used (*Gliricidia sepium*, *Inga edulis*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna deerengianum* and *Calliandra callothyrsus*) only *G. sepium* had a K content and *C. ensiformis* a Ca content comparable to the animal amendments. However, in 60 days, *C. ensiformis* failed to release significant amounts of Ca to the soil. All plant amended treatments were critically deficient in P and Ca. Similar results were obtained in a field trial where additionally toxic levels of Mn were associated with mineral fertilizer and *I. edulis* treatments. Residual effects of the various amendments are presently being evaluated as a class exercise by students in agroforestry who began the M.Sc program in 1999 on the bean crop which was planted in the same plots as the maize.

An additional greenhouse study was carried out on the same soil and on an Ultisol from Yurimaguas, Peru, to study the downward movement of soluble N following application of mulches of *I. edulis*, *Commelina* spp. and *Centrosema macrocarpum*. There was less N movement through the profile of the Turrialba soil because of its higher organic matter content. Dissolved organic N was not a major pathway of N release from these fallow species in either soil. Final publication of the thesis and publications derived from it is expected in 1999.

In an experiment carried out in association with CIAT in Colombia, different woody and non-woody species were evaluated according to their capacity to supply N to rice. Rates of liberation were (in decreasing order): *Indigofera constricta* > *M. deerengianum* >*Mucuna pruriens* var. Brunin> *Tithonia diversifolia* = *Canavalia brasiliensis*>*Mucuna pruriens* var. Tlalt> *Mucuna pruriens* var. IITA> *Cratylia argentea*. Rice obtained the most N from *M. deerengianum*, *M. pruriens* var. Brunin, *T. diversifolia* and *C. brasiliensis*. These materials also had the highest N content and *in vitro* digestibility, and lowest lignin to N and lignin + polyphenols to N ratios of the species studied. Further studies with *T. diversifolia* will probably begin in 1999 as part of a collaborative project with University of Bangor, ICRAF, and CIAT.

In addition to the measurement of residual effects at the San Juan Sur site, future activities contemplated in this area are: economic analysis of the results obtained; matching of plant and animal amendments to different crop needs; greater elucidation of the decomposition process, especially the role of macrofauna and antiqualitative components of organic matter such as tannins and polyphenols, relating soil organic and inorganic P fractions to P

compounds in amendments and to crop response; and continued evaluation of the long term effects of applying different residues. Work in Panama continues to indicate that *Acacia mangium* is an Mn accumulator and the value of this species as a source of P may be to some degree offset by toxic levels of Mn in soils and crops.

Component 2. Development of annual crop agroforestry systems for hillslope soils of limited fertility in the humid tropics

The results obtained on the Acrudoxic Melanudand indicated a serious deficiency of plant based amendments to supply adequate Ca and P to low fertility hillside soils which are frequently quite deficient in these elements. It is unlikely that agroforestry systems will be able to supply sufficient nutrients to annual crops on these soils without the addition of agricultural limestone and animal manures. *C. ensiformis* is promising as a Ca accumulator but it might take several cropping cycles before effects are noted in subsequent crops. Together with the IPM program, the value of *C. ensiformis* in insect and slug control will also be evaluated

Work was begun on a somewhat more fertile hillslope at the National Center for Organic Agriculture, in La Chinchilla, Cartago, Costa Rica using *Erythrina berteroana* and different levels of organic amendments in a maize-squash cropping system. Further experiments with different vegetable crops and organic amendments are planned for 1999. It is hoped that a significant research and outreach activities can be realized in collaboration with the Center but, although the center is well equipped for training large numbers of farmers from all parts of Costa Rica, facilities for doing field research are much more limited.

Two tomato cycles (January- April, 1998 and October,1998-January, 1999) were planted in La Montaña in order to study the potentials and constraints of two woody species, *Erythrina poeppigiana* and *G. sepium* as live stakes for tomatoes. These species are frequently seen used as supports for tomatoes, peppers and chayote (*Sechium edule*) by small farmers on Costa Rican hillsides. Variables measured were: tree and crop biomass production; tomato fruit production; tree and tomato fine root distribution; tree root nodule production and relation to N-supply; and tomato diseases. Preliminary results show higher production of tomatoes with *E. poeppigiana* than with *G. sepium*, higher infestation of *Phytophthora infestans* in association with *E. poeppigiana* and higher tomato mortality due to *Pseudomonas solonacearum* with *G. sepium*. Root nodules died following complete tree pruning. In treatments with *G. sepium*, very few fine roots could be found near the soil surface for eight year old trees although a considerable number could be found for two year old trees. Future work in this area, which is the subject of the Ph.D. thesis of Patrick Chesney, a student from Guyana, includes economic evaluation of the use of live stakes in vegetable production and more detailed studies of N transfer in the system, looking specifically at the effect of different tree pruning regimes on nodule duration and activity.

In a greenhouse trial, tomatoes were grown either with tree mulch covering the soil, tree mulch incorporated to a five cm depth or tree mulch mixed with all the soil of the pot. The highest crop biomass at 80 days after transplanting was obtained with shoot prunings *of E. poeppigiana*, followed by *G. sepium* and *C. calothyrsus*. In the mulch and incorporated treatments, the fine roots accumulated where biomass was applied while the mixed material

gave a more regular distribution of fine roots. The highest crop biomass was observed when the tree biomass was incorporated to a 5 cm depth.

Component 3. Agroforestry technologies for soil conservation for annual crop production and natural resource management.

Work in collaboration with the National Center for Organic Agriculture showed that alley farming with *E. berteroana* could be combined with animal traction on relatively sleep slopes (40%) to permit annual crop production with little soil loss. Preparations for a student thesis to be carried out in 1999 showed that trees for palmheart production (*Bactris gasipaes*) are frequently planted up and down slopes on relatively erodible soils in the Guapiles area of Costa Rica. As these trees are frequently interplanted with annual crops as well as timber trees, potential exists for developing a much more sustainable agroforestry system on these readily degradable soils especially as a market has recently developed in the area for tabasco peppers.

The use of fallow strips, consisting of planted trees and native vegetation, is considered a promising area of research for this subline because it offers the prospect of combining fertility maintenance with the maintenance of biodiversity and populations of natural enemies of crop pests. It is hoped to collaborate with the IPM program in initial research efforts to be financed by the NORAD project in Nicaragua. Further funding from DANIDA is also being sought.

Conclusions

Although the production of annual crops in agroforestry systems has been criticized for not offering a means of improvement of the well-being of rural populations, there appear to be situations in which it can contribute to both maintenance of the resource base and provision of food and other essentials. Research has identified important differences in the characteristics of potential components (for both crops and trees) which indicate that the proper selection of these components can considerably enhance both the socioeconomic and biophysical benefits of the agroforestry systems on hillslopes. At the same time as this knowledge is increased and more specific interactions understood, it is probably advisable to upscale the focus of research to include problems of greater regional impact: production of products with greater market potential, use of products acceptable for organic agriculture and interactions to control pests, and increasing the biodiversity of the non-crop component to include natural enemies of crop pests.

Literature cited

Gliessman, S. 1998. Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. Sleeping Bear Press. Chelsea, MI, USA. 351 p.

SUGGESTIONS FOR FUTURE DIRECTIONS IN AGROFORESTRY RESEARCH AT CATIE

Fergus L. Sinclair[1]
[1]Unit of Development of Agroforestry Systems, Area of Watersheds and Agroforestry Systems. CATIE, Turrialba, Costa Rica

Resumen
Coherencia entre las actividades de investigación agroforestal de CATIE podría ser mejoradada organizandolo sobre dos ejes; el primero por medio de la presentación de las prácticas agroforestales y el otro por medio de las funciones que estos cumplen. Las actividades de investigación podrían ser manejadas a nivel de intersección de la práctica y función. La investigación interdisciplinaria en agroforestería, incluyendo el trabajo en cultivos anuales y sistemas silvopastoriles, requiere de la cooperación de las diferentes áreas del CATIE y de la existencia de líneas de investigación separadas y sólidas sobre cultivos y ganadería. La investigación sobre mercadeo de productos y adopción de intervenciones deben constituir una parte esencial de la agenda de investigación agroforestal, la cual también debe abarcar servicios ambientales globales y su integración a nivel de finca, paisaje y región.

Palabras claves: Agroforestry, global-environmental-services, research-strategy, socio-economics

The present situation

CATIE has pioneered research in agroforestry for almost half a century and is the leading institute world-wide for research on the integration of shade and timber trees in perennial crop systems and was until recently a world leader on tree fodder.

The agroforestry section at CATIE (research line 3) comprises ten components organised in three sub-lines (Box 1). The sub-lines are, in fact, types of farming practice rather than areas of research and the components are not directly comparable with one another as they vary in terms of how they are specified. Some relate to processes (e.g. 3.3.1 tree-pasture-animal interactions) while others cover several aspects of a specialised practice (e.g. 3.2.2 productivity, interactions and management of coffee-timber tree associations). Neither are the sub-lines or components comparable in their resource allocation. There are three core staff heading four components in sub-line 2 on perennial crop systems, the other two sublines combined have three staff heading six components.

The concentration of research is, therefore, in keeping with priorities in CATIE more generally, heavily orientated towards perennial crops and within this to coffee. There is a lot of activity on the management of soil fertility across practices together with a recent shift in emphasis in silvopastoral research away from fodder trees and towards rehabilitation of degraded land.

There is a noticeable paucity of socio-economic research across the entire programme and no explicit mention of impacts at scales larger than that of the farm. This is despite the fact that there are landscape scale issues implicit in developing timber resources and

biodiversity through encouraging trees mixed with perennial crops and pastures as well as in the environmental dimensions of developing organic and low input production systems.

Box 1 Agroforestry research sub-lines and components.

Source: Beer, 1998.

3.1 Agroforestry systems for production of annual crops on humid hillsides
- 3.1.1 Quantity and dynamics of nutrient release from organic material in annual crop agroforestry systems
- 3.1.2 Agroforestry technologies for soil conservation for annual crop production and natural resource management
- 3.1.3 Development of annual crop agroforestry systems for hillside soils of limited fertility in the humid tropics

3.2 Agroforestry systems for perennial crops
- 3.2.1 Design and management of ecological and productive plant diversity in shaded coffee plantations
- 3.2.2 Productivity, interactions and management of coffee-timber tree associations
- 3.2.3 Management of coffee agroforestry systems for organic/low input production
- 3.2.4 Cocoa-based agroforestry systems for remote buffer zones around protected areas

3.3 Silvopastoral systems for degraded lands in the humid tropics
- 3.3.1 Tree-pasture-animal interactions
- 3.3.2 Restoration of degraded pasture soils
- 3.3.3 Productivity of silvopastoral systems

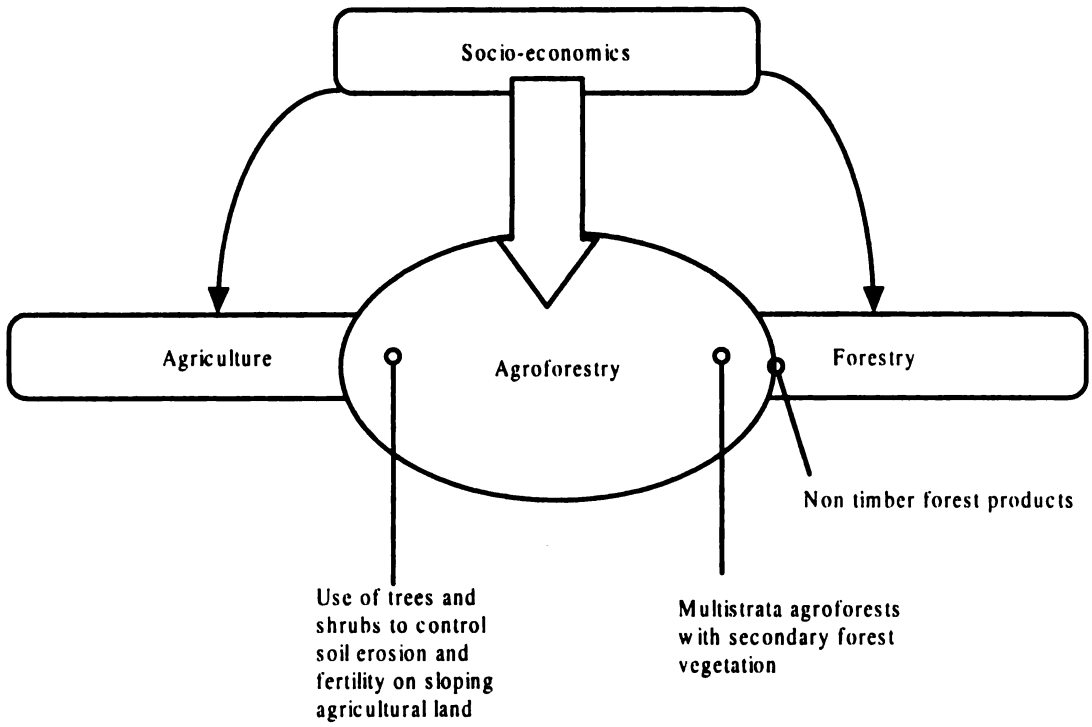
requires integration of trees and agricultural crops or livestock at either the field, farm or landscape scale. Agroforestry implies inclusion of social as well as ecological and economic dimensions and the use of a systems approach.

Agroforestry at CATIE should, therefore, be as much a focus for joint activity amongst sections as a separate section with a distinctive research agenda (Figure 1). To achieve this, existing linkages with forestry and agriculture should be built upon and agroforestry should organise interdisciplinary seminars that ensure exchange of ideas and information amongst staff of different sections at all levels within the organisation.

The interdisciplinary nature of the current agroforestry research programme at CATIE is compromised in two main ways.

- There are few core staff in the agroforestry section, and none that lead research components, who have socio-economic qualifications and/or interests. Perhaps because of this, there are few effective linkages with the socio-economic section, and little research on these aspects of agroforestry. This is despite the critical importance of research on marketing tree products and eco-friendly produce from shaded and organic systems and the need to understand what influences farmer adoption of agroforestry interventions.

- The lack of separate research lines in either annual crop production or livestock production make it difficult to see how coherent agroforestry research to integrate



trees in such systems can be effective

Figure 1. Agroforestry as a node in the agriculture - forestry continuum with a strong socio-economic component.

The first problem is relatively easy to solve by creation of one or two positions for socio-economists within the agroforestry section (these could either be new positions or transfers from the current socio-economic section) coupled with greater interaction, starting from the project design stage, with the socio-economic section. A minimum of two positions would be appropriate - one associated with marketing and the other adoption (see Section 3.3 below).

The second problem can only be addressed by changing priorities and strategic planning at CATIE. The principal question is whether the institute wishes to remain a centre of expertise in tropical agriculture or become specialised in forestry and perennial crop production. It is hard to see how the major concerns of donors to reduce rural poverty and improve food security and the environment can be addressed, across the region, without an adequate consideration of agricultural land use. Similarly, the credibility of a broad post-graduate educational programme in agriculture will be difficult to maintain without some consideration of staple crops and livestock. Issues in agroforestry are increasingly being identified and addressed at the level of the farm system and the landscape, rather than the plot (see Section 3.2 below). This requires consideration of what land uses exist in these

geographic units rather than an *a priori* focus on only some of them. The exemplary development of GIS facilities and expertise at CATIE put the institution in a strong position to tackle landscape and regional level issues but if this is to be more than a descriptive tool, then all significant agricultural land uses, and the various transformations of land use that are possible, need to be considered. Research on annual crop production might best be developed through strategic alliances with CIMMYT and CIAT but the animal component requires substantial investment at CATIE.

Scale and coherence

In order to develop a coherent view of agroforestry research, it is useful to separate out research on specific practices and research on key functions that agroforestry should perform (that correspond to some extent to disciplines). This is done in Table 1 for key areas in agroforestry research at CATIE.

Table 1. Key research thrusts in agroforestry, showing disciplinary research on functions that cut across practices. Global environmental services includes biodiversity, water quality and yield and carbon sequestration.

Practices ⇒ Functions ⇓	**Annual crops (incl. fallows)**	**Perennial crops**	**Silvopastoral**
Soil fertility replenishment			
Production and marketing			
Microclimatic modification (& competitive interactions)			
Global environmental services			

Research activity could be located within cells in this table and by assigning a separate research leader to each column and each row, a coherent programme for each practice and discipline can be maintained. A matrix of this size is about right for the current staffing level in agroforestry, allowing a different scientist to lead each aspect, and promoting interdisciplinarity by defining activities as intersections of functions and practices. As stated earlier, the annual crop and silvopastoral columns are dependent on the existence in CATIE of appropriate agricultural and livestock programmes, respectively, and should be integrated with these. A strategic decision needs to be made either to concentrate entirely

on perennial crop systems and cut out research on annual crops and pastures or to invest adequately in them to allow the creation of coherent programmes.

The practices

There are other major agroforestry practices in the region not listed in Table 1. The most important of these are exploitation of non-timber forest products (NTFPs), homegardens and linear arrangements of trees and shrubs (including boundary planting, live fences and windbreaks). NTFPs are dealt with in forestry but there may be merit in formally recognising the connections with agroforestry, especially with respect to domestication (although ICRAF are very active in this area, lessening the need and opportunity for CATIE to be so). Homegardens are intractable in research terms because of their complexity and heterogeneity. While it may be worthwhile doing research to understand and implement policy frameworks that lead to their continuance, technical research on their improvement is likely to be less effective than farmers own efforts. A key exception to this may be learning from farmers, and the successful systems they have created, about design principles for complex multistrata systems, that could have broad applicability. Linear planting, while very significant in the region, may not be an area of high returns to research because there are no generic problems to address.

One way of retaining some work on practices not falling within research lines would be to encourage but not confine students to work within research lines. This also would allow CATIE more flexibility to respond to requirements of member countries and the students themselves.

The functions

While CATIE is already strong in research on both soil fertility and microclimatic amelioration and competitive interactions, there is a need to expand in the areas of marketing (as mentioned in Section 2 above) and global environmental services. Recent recruitment and research projects show an increasing interest in biodiversity and carbon sequestration but there appears to be no activity on water yield and quality despite large problems with agriculture contaminating water supplies in the region and the agroforestry section at CATIE having 'watersheds' incorporated in its title. Most significantly there is not at present any administrative means of developing a coherent research programme in the area of global environmental services because there is no corresponding research line in the agroforestry area. Conservation of biodiversity appears explicitly in the forestry research line and conservation of germplasm in agricultural research line 1. There is also a lot of interest in valuing environmental services in the socio-economic section. Enhancing natural and social capital to develop sustainable rural livelihoods through agroforestry is now the global focus of agroforestry research. To remain relevant into the next decade, CATIE's agroforestry research programme will need to incorporate explicit consideration of global environmental services and be able to scale up biophysical and socio-economic results to predict effects at landscape and regional scales.

Adoption

The need for socio-economic research on adoption of agroforestry interventions does not fit as either a row or a column in Table 1 because it cuts across all activity. There is as much need to consider the economic viability of different options for adding organic matter to

soils as there is for alternative ways of incorporating timber or shade trees in coffee. Adoptability should not be restricted to *ex post* evaluation of interventions once they have been designed, but should be an integral part of research projects to ensure that they remain appropriate for farmers; something now increasingly embraced in participatory research approaches. The adoption of interventions depends on their impact on profitability, risk and other socio-economic factors and, therefore, these require consideration from the outset. Socio-economists, working on adoption, with linkages both to the research lines in the agroforestry section and across to the socio-economic section is, therefore, proposed.

Conclusion

CATIE's mission is broad, and a strong agroforestry research section central to its achievement. But either the institution will have to broaden the base of its agricultural research so that it can improve people's well being by developing conservation and sustainable use of natural resources or reformulate a narrower mission statement commensurate with a more tightly focussed research agenda.

Literature cited

Beer, J., 1998. Research sub-lines and components in the area of watersheds and agroforestry systems. Discussion document, CATIE, August, 1998.

CAPACITY OF NITROGEN-FIXING TREES TO SUPPLY NUTRIENTS TO MAIZE ON A BASE-DEFICIENT SOIL OF COSTA RICA

Marcelo Francia Arco-Verde[1], Donald L. Kass[2], Reinhold Muschler[2], Muhammed Ibrahim[2], Erick C. Fernandes[3]
[1] Researcher, EMBRAPA.
[2]Development of Agroforestry Systems Unit, Area of Watersheds and Agroforestry Systems. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
[3] Cornell University; Ithaca, NY 14853

Resumen
Fueron comparados el contenido de nutrimentos en *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., *Inga edulis* Mart., *Canavalia ensiformis* (L.) DC, *Mucuna deeringiana* (Bort.) Small, *Calliandra calothyrsus* Meissn., estiercol de ganado, gallinaza y bocashi, un compost que contiene 36% suelo, 18% cascara de arroz, 18% carbon, 3.6% cal, 18% melaza y 6.4% cascarilla de arroz. Se realizaron análisis del matérial aplicado, del suelo, y del maíz, 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.

Palabras claves: Ca deficiency, green manures, managed fallows, nutrient cycling, P deficiency

Introduction
Various factors have been identified which determine the rate of release of nitrogen from the prunings of N-fixing trees used in agroforestry systems (Palm, 1995), especially the (lignin+ polyphenol):N ratios (Mafongoya et al., 1998). There has been little work with other elements (Lupwayi and Haque, 1998). In this paper, we report on the greenhouse phase of a study in which nutrient release from different tree mulches, herbaceous green manures, animal manures and mineral fertilizer was determined by their disappearance from the applied materials, changes in soil nutrient levels and nutrient levels in maize plants.

Methodology
A pot study was set up in a greenhouse in Turrialba, Costa Rica in January of 1998. 144 pots were each filled with six kg of an air dried soil with the following characteristics: pH in H_2O- 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}, exchangeable acidity-0.08 cmol (+)kg^{-1}.
There were twelve replications (pots) of each of the following treatments:
1. Unamended control
2. 9 g of 18-5-15-6-0.67-7.3 commercial fertilizer (N-P-K-Mg-B-S)
3. 26.46 g of air dried leaves and green stems of Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.
4. 52.92 g of air dried leaves and green stems of *G. sepium*
5. 57.7 g of air dried leaves and green stems of *Inga edulis*. Mart.
6. 54.92 g of air dried leaves and green stems of *Calliandra calothyrsus* Meissn.
7. 59.44 g of air dried leaves and green stems of *Canavalia ensiformis* (L.) DC
8. 49.32 g of air dried leaves and green stems of *Mucuna deeringiana* (Bort) Small
9. 94.8 g of dried chicken manure

10. 71.42 g of dairy manure
11. 142.2 g of bocashi, a rapidly composted material consisting of 36% soil, 18% rice hulls, 18% charcoal, 3.6% agricultural limestone, 18% molasses and 6.4% rice bran.
12. 284.4 g of bocashi

Based on an area of 0.054 m^2 per pot, the above treatments would all correspond to an application rate of 300 kg of N ha^{-1} with the exception of treatments 3 and 11 which would correspond to 150 kg N ha^{-1}. The pots were arranged in a completely random design. Twelve seeds of maize (*Zea mays* L.), variety "Diamantes," were planted in each pot. Pots were maintained at field capacity throughout the experiment. Maize was thinned to eight plants per pot ten days after planting. Twenty, forty and sixty days after maize planting, four pots corresponding to each treatment were harvested and the soil, the amendment and the maize biomass components were separated. Dry weight of each component was determined and they were analyzed for N, P, K, Ca and Mg content. Maize height was also determined.

Results and discussion

Animal derived amendments had much higher P and Mg contents than tree or herbaceous mulch materials (Table 1). The K content of *G. sepium* and Ca content of *C. ensiformis* were comparable to the animal derived materials. Soil N levels were increased significantly by all amendments (Table 2) and levels of Olsen extractable P were signficantly higher in soil with all animal derived amendments. Twenty days after application, soil K levels were significantly higher than the control in the higher *G. sepium* mulch treatment, the mineral fertilizer treatment and the animal amendments, reflecting the high solubility of this element. No plant based amendment resulted in a significant increase in the Ca level of the soil although *C. ensiformis* had a significantly higher Ca content than all other plant amendments. Soil Mg levels were only significantly increased by mineral fertilizer and animal manures. Lupwayi and Haque (1998) found insignificant levels of Ca and P release from leucaena and sesbania prunings over a five week period.

Maize growth was only satisfactory with the animal amendments although N content of plants was generally higher with the plant derived amendments with the exception of *I. edulis* (Table 3). P contents did not differ significantly among treatments. K contents were higher than the control in all treatments and were generally above critical levels. Adequate Ca levels only occured in the treatments with chicken manure, bocashi and no amendment. Low Ca levels and slow rates of release made all amendments an inadequate source of this nutrient but Mg levels were considered adequate in all treatments.

Conclusions

The present study showed that in infertile soils of the tropics, release of N and P from tree based mulches, which has received the bulk of research attention, does not always determine plant response to tree based amendments. All treatments had adequate levels of N and P although N levels were slightly lower with *C. calothyrsus* and *I. edulis* as is predicted by their high (polyphenol + lignin): N ratios (Palm, 1995). Maize growth was adequate with cattle manure although N levels in this treatment were lower than with the plant based mulches. Due to the low soil Ca content, Ca was the most critical nutrient in this experiment. Animal based manures probably performed better because they could supply Ca rapidly to the growing crop. Species such as *Gmelina arborea* and *C.*

ensiformis have been shown to be Ca accumulators, but the release of Ca which is stored in cell walls, is probably too slow to benefit annual crops in the season of application.

Literature cited

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

Table 1: Nutrient contents of organic amendments at different times of maize growth in Turrialba, Costa Rica

Nutrients	Time	Treatments *(mg kg^{-1})						
	(days)	Glir-150	Glir-300	Inga	Calli	Mucuna	Canavalia	Manure
Nitrogen	0	132.74 b	265.48 a	265.42 a	265.45 a	265.51 a	265.5 a	265.44 a
	20	82.59 d	230.14 bc	319.71 ab	177.84 cd	307.69 bc	311.38 ab	258.14 a
	40	57.4 d	136.9 c	317.19 a	176.53 c	249.79 b	236.86 b	169.51 c
	60	46.87 e	70.56 de	281 a	138.99 cd	224.78 ab	167.79 bc	120.47 cd
Phosphorus	0	10.14 c	20.29 b	18.27 bc	18.31 bc	18.08 bc	15.85 bc	91.66 a
	20	7.0 c	16.73 b	18.81 b	10.8 b	17.14 b	18.04 b	81.58 a
	40	4.56 c	11.97 bc	17.67 b	10.32 bc	14.9 b	11.91 bc	60.43 a
	60	3.87 b	7.73 b	12.18 b	6.79 b	11.04 b	9.87 b	34.16 a
Potassium	0	89.08 c	178.16 b	87.51 c	97.94 c	86.31 c	109.96 c	267.83 a
	20	44.36 c	115.74 b	47.96 c	44.32 c	61.84 c	103.48 b	165.39 a
	40	30.98 c	80.89 a	56.74 b	40.19 bc	47.69 bc	82 a	93.6 a
	60	25.37 a	52.42 a	56.2 a	37.62 a	48.79 a	61.96 a	49.15 a
Calcium	0	69.24 cd	138.47 b	62.51 d	103.43 bcd	118.37 bc	214.97 a	210.69 a
	20	47.57 b	103.03 b	54.54 b	75.57 b	102.07 b	261.07 a	197.8 a
	40	46.59 c	112.49 bc	68.83 de	90.17 cd	110.29 bc	281.74 a	145.19 b
	60	42.79 b	67.2 b	54.33 b	70.54 b	94.68 b	168.34 a	90.5 b
Magnesium	0	14.11 d	28.22 bc	22.12 cd	23.8 bcd	29.59 bc	34.67 b	105.94 a
	20	10.51 c	23.42 bc	32.91 bc	18.18 bc	26.82 bc	40.82 b	91.64 a
	40	8.89 d	22.02 cd	24.18 c	19.01 cd	26.23 c	41.35 b	68.54 a
	60	8.6 b	13.44 ab	21.54 ab	17.24 ab	23.81 ab	27.97 ab	37.16 a

* Means of the treatments in lines followed by the same letter/letters are not significantly different (5%) by Tukey test.

Table 2: Nutrient contents in a Humic Andosol at different times after application of amendments in Turrialba, Costa Rica

Variables	Time	Treatments*											
	(days)	Control	Fertilizer	Glir150	Glir300	Inga	Calliandra	Mucuna	Canavalia	Chicken manure	Boca150	Boca300	Manure
N	20	0.1 d	0.14 bc	0.14 bc	0.14 bc	0.13 bcd	0.14 bc	0.11 cd	0.13 bcd	0.15 bc	0.16 ab	0.19 a	0.13 bcd
(%)	40	0.11 c	0.13 bc	0.15 bc	0.14 bc	0.11 c	0.13 bc	0.15 bc	0.14 bc	0.3 a	0.19 b	0.27 a	0.18 bc
	60	0.1 c	0.13 bc	0.14 bc	0.21 ab	0.12 bc	0.13 bc	0.15 abc	0.16 abc	0.16 abc	0.17 abc	0.24 a	0.2 abc
P	20	2.12 c	7.76 c	2.89 c	3.47 c	2.96 c	3.18 c	2.71 c	3.11 c	83.16 a	23.93 bc	43.22 b	6.0 c
(mg kg^{-1})	40	4.29 c	8.35 c	3.19 c	2.97 c	3.34 c	2.68 c	3.34 c	3.37 c	224.81 a	49.2 bc	98.15 b	15.78 c
	60	1.34 b	5.08 b	2.39 b	3.37 b	1.9 b	1.79 b	1.79 b	2.8 b	61.87 ab	31.66 ab	100.07 a	15.35 ab
K	20	0.02 g	0.71 a	0.18 efg	0.27 cde	0.08 fg	0.15 efg	0.07 fg	0.14 efg	0.4 bc	0.21 def	0.38 bcd	0.53 b
(Cmol(+) l^{-1})	40	0.26 abc	0.53 ab	0.22 bc	0.31 abc	0.08 c	0.11 bc	0.19 bc	0.3 abc	0.33 abc	0.18 bc	0.4 abc	0.7 a
	60	0.05 c	0.57 a	0.27 bc	0.56 a	0.12 c	0.1 c	0.16 c	0.39 ab	0.11 c	0.15 c	0.26 bc	0.42 ab
Ca	20	0.28 c	0.42 c	0.33 c	0.38 c	0.25 c	0.42 c	0.2 c	0.35 c	2.26 b	2.09 b	3.28 a	0.45 c
(Cmol(+) l^{-1})	40	0.28 c	0.46 c	0.43 c	0.44 c	0.18 c	0.45 c	0.39 c	0.56 c	4.54 a	4.14 ab	3.42 b	1.12 c
	60	0.24 b	0.43 b	0.46 b	0.93 b	0.25 b	0.49 b	0.52 b	1.01 b	1.75 b	4.59 a	4.42 a	1.17 b
Mg	20	0.11 f	1.18 a	0.15 def	0.19 def	0.13 ef	0.21 def	0.11 f	0.16 def	0.72 b	0.37 cd	0.56 bc	0.37 cde
(Cmol(+) l^{-1})	40	0.53 abc	0.99 ab	0.2 bc	0.19 bc	0.09 c	0.18 bc	0.23 bc	0.25 bc	1.16 a	0.58 abc	0.7 abc	0.9 abc
	60	0.12 c	1.07 a	0.19 c	0.34 bc	0.12 c	0.17 c	0.21 bc	0.32 bc	0.35 bc	0.55 abc	0.73 abc	0.85 ab

* Means of the treatments in lines followed by the same letter/letters are not significantly different (5%) by Tukey Test.

Table 3: Nutrient contents (mg/kg) of maize biomass at different times after application of amendments in Turrialba, Costa Rica

Nutrients	Time	Treatments *(mg kg^{-1})											
	(days)	Control	Fertilizer	Gliri150	Gliri300	Inga	Calliandra	Mucuna	Canavalia	Chicken manure	Boca-150	Boca-300	Manure
Nitrogen	20	1.56 e	9.77 c	6.99 cd	8.11 cd	3.11 de	7.99 cd	4.5 cde	6.17 cde	26.94 a	17.85 b	26.44 a	5.25 cde
	40	1.13 e	10.7 cde	10.71 cde	13.49 cd	3.56 de	16.85 bc	8.37 cde	7.93 cde	36 a	18.8 bc	27.1 ab	11.69 cde
	60	nd	20.3 bc	10.03 c	15.54 c	5.42 c	22.2 bc	10.49 c	10.88 c	88.15 a	22.01 bc	51.61 b	30.29 bc
Phosphorus	20	0.57 b	0.51 b	0.6 b	0.58 b	0.55 b	0.59 b	0.58 b	0.55 b	1.76 a	1.7 a	1.96 a	0.74 b
	40	0.33 c	0.44 c	0.4 c	0.51 c	0.31 c	0.59 c	0.34 c	0.49 c	2.55 a	2.13 ab	2.3 a	1.48 b
	60	0.07 c	0.74 c	0.32 c	0.49 c	0.26 c	0.58 c	0.3 c	0.32 c	8.64 a	2.79 bc	7.37 ab	3.79 bc
Potassium	20	0.5 e	15.47 cd	5.31 de	7.14 cde	1.49 e	5.02 de	1.73 e	4.99 de	59.8 a	40.8 b	55.85 a	19.14 c
	40	0.74 c	16.43 c	13.45 c	13.07 c	2.84 c	12.79 c	6.72 c	8.65 c	73.88 a	46.6 b	54.04 b	43.06 b
	60	0.69 c	29.98 bc	14.36 c	22.26 bc	5.56 c	18.14 c	9.54 c	14.14 c	118.1 a	60.75 abc	134.83 a	115.3 ab
Calcium	20	0.18 b	0.22 b	0.43 b	0.46 b	0.37 b	0.52 b	0.34 b	0.68 b	4.73 a	4.34 a	4.17 a	0.53 b
	40	0.35 b	0.37 b	1.11 b	1.18 b	0.45 b	1.82 b	0.78 b	1.03 b	8.83 a	9.48 a	7.44 a	1.65 b
	60	0.27 c	0.81 c	1.54 c	1.41 c	0.98 c	2.07 c	1.42 c	1.41 c	29.38 a	11.15 b	23.7 a	6.88 bc
Magnesium	20	0.31 c	0.73 c	0.45 c	0.48 c	0.4 c	0.56 c	0.42 c	0.53 c	2.65 a	1.62 b	1.53 b	0.59 c
	40	0.31 d	1.45 d	0.79 d	0.76 d	0.36 d	1.55 cd	0.65 d	0.65 d	5.94 a	3.76 b	3.01 bc	1.4 d
	60	0.15 d	3.47 cd	0.9 cd	1.16 cd	0.69 cd	1.91 cd	0.99 cd	1.13 cd	21.89 a	6.41 c	12.64 b	5.85 cd

* Means of the treatments in lines followed by the same letter/letters are not significantly different (5%) by Tukey test.

GREEN MANURES AS A NUTRIENT SOURCE IN A TROPICAL HILLSIDE AGROECOSYSTEM IN COLOMBIA

J. G. Cobo Borrero[1], D. Kass[2], R. Muschler[2], J. Arze[2], E. Barrios[3], R. Thomas[3]
[1] Hillside Production Systems, CIAT, Palmira, Colombia
[2]Development of Agroforestry Systems Unit, Area of Watersheds and Agroforestry Systems. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.
[3] Department of Plant and Soil, CIAT, Palmira, Colombia

Resumen
En experimentos de campo y laboratorio realizados en El Pescador, Valle, Colombia y en las instalaciones de CIAT en Palmira, Colombia, se evaluó la capacidad de especies leñosas y no leñosas a suplir N a arroz (*Oryza sativa).* Las tasas de liberación fueron en orden decresciente: *Indigofera constricta >Mucuna deerengianum>Mucuna pruriens* var. Brunin>*Tithonia diversifolia* = *Canavalia brasiliensis* > *M. pruriens* var. Tlalt> *M. pruriens* var. IITA >*Cratylia argenta.* 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 alto y las relaciones lignina/N y (Lignina+ polifenoles)/N más bajos.

Palabras claves: *Canavalia brasiliensis, Cratylia argenta*, decomposition rates, *Indigofera constricta* , litter bags, *Mucuna deerengianum, Mucuna pruriens,* N release, N cycling, *Oryza sativa, Tithonia diversifolia*

Introduction

Both herbaceous and woody plants are traditionally used in Latin America as biologically improved fallows to restore fertility and control weeds in farming systems (Kass and Somarriba, 1999). The choice of the best species for such improved fallows is receiving considerable research attention in recent years. Much of this work is of necessity site-specific. However, it is also hoped to be able to identify the most appropriate species on the basis of the concentrations of nutrients and other compounds which regulate decomposition rates (Palm, 1995; Mafangoya et al., 1998). Herbaceous species used for fertility restoration are generally referred to as green manures; however, the term can also be applied to woody species used in managed fallow agroforestry systems. The potential of different green manures for a tropical hillside agroecosystem in Colombia was evaluated by means of field and greenhouse experiments.

Methodology

The greenhouse study was carried out in a facility with air filters and humidity controls located at the Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) in Palmira, Colombia (3°30' N, 76°21'W, 965m above sea level). Mean temperature and relative humidity in the greenhouse during the study were 21°C and 67%. The following species were evaluated in the study: *Tithonia diversifolia* (TIT), *Indigofera constricta* (IND), *Cratylia argentea* (CRA) and *Calliandra calothyrsus* (CALL) produced at the CIAT farm in El Pescador, Colombia and taken from plots cut four, four, six and seven months, respectively, after the last cutting, and *Canavalia brasiliensis* (CAN), *Mucuna deerengianum* (MDEE), *Mucuna pruriens* var. IITA (MPIT), *M. pruriens* var. Tlalt (MPTL), and *M. pruriens* var. Brunin

(MPBR) harvested from CIAT (Palmira) plots, seeded 90 days previously, which were flowering at the time of cutting.

Leaves with petioles of all species were dried at 55°C to constant weight, cut into 1.5 cm pieces, and applied at a rate calculated to supply 100 kg ha^{-1} N to pots containing 1.5 kg of an Oxic Dystropept soil collected at the Pescador site which had the following characteristics: pH 5.1; organic C 49.6 mg g^{-1}; total N 3.417 mg g^{-1}; N-NH_4 12 µg g^{-1}; N-NO_3 42 µg g^{-1}; Bray P 4.63 µg g^{-1}; exchangeable Al, Ca, Mg and K 1.14, 2.54, 0.86 and 0.63 cmol kg^{-1}; B 0.31; Zn 5.06 µg g^{-1}. Triple superphosphate at a rate of 50 kg P_2O_5 ha^{-1} was applied to all plots. In addition to the nine fallow species, there were three controls which received 0, 50 and 100 kg N ha^{-1} as urea. Five pots were assigned to each treatment in each of the replicates for a total of 240 pots. Fifteen days after placing the soil in pots and watering them with deionized water, five seeds of rice (*Oryza sativa*), var. Orizyca Savana 10, were planted in each plot at a depth of 10 cm. Plants were thinned to leave two plants per pot (2.6 $X10^6$ pl ha^{-1}) and one pot in each treatment was harvested 2, 4, 8, 12 and 20 weeks after planting.

At the time of application, all green manures were analyzed for their content of C, N, P, K, Ca, Mg, B, Zn, lignin, neutral detergent fibre, acid detergent fibre, N fixed as acid detergent fibre, hemicellulose and polyphenols. Dry mattter production and N content of above ground portions of rice plants were determined at each harvesting date. At each harvest date, soil in the pots was divided into 0-4 and 4-10 cm depths and analyzed for N-NH_4 and N-NO_3.

In a field experiment, changes in green manure dry matter and N content were evaluated using litter bags. Leaves of CAN, TIT, CRA, IND, MDEE, MPIT, MPTL, MPBR, as well as stems of MPIT (MPITt) and IND (INDt) and a mixed leaf and stem sample of these species (MPITx and INDx) were packed in nylon bags at a rate of 3.3 t ha^{-1} and deposited on soil recently planted at the El Pescador site.

Results and discussion

In the greenhouse experiment, soil N mineralization was higher in the first 4 cm of soil. An initial increase in soil inorganic N (Ni), followed by a decrease, principally in the urea treatments, could be explained by a combination of losses due to plant uptake and denitrification. Lower concentrations of N-NO_3 than N-NH_4 were attributed to higher moisture in deeper soil layers. Significant N immobilization was observed for all treatments at 4 weeks in the 4-12 cm sample with the exception of the urea, IND and CALL treatments; but when both soil layers were considered, no significant N immobilization was detected. Crop uptake by week 20 was significant higher in the higher urea treatment, CAN, CALL and MPIT than in the control. Soil N-NO_3 and N-NH_4 contents correlated with intial ADF, NDF, N-ADF, DIG, C/N, L/N, polyphenol/N and (Lignin + polyphenol)/N ratios of the plant material. Crop N content was negatively correlated with initial N, ADF, Po, C/N, Po-N and (L+Po)/N ratios indicating that plant materials with slower N mineralization rates promoted greater crop uptake and thus a greater synchrony between N mineralization and crop uptake.

Over twenty weeks, dry matter and N release followed a negative exponential pattern in the field experiment. The dry matter decomposition rates followed the order: TIT> IND>MPTL>MPBR>CAN = MPIT=MDEE >MPITx>INDx> CRA =MPITt> INDt while N release rates were IND> INDx> MDEE > MPBR > TIT = CAN > MPTL > MPIT > INDt > MPITx > CRA > MPITt (Table 1). Loss of dry matter correlated with initial N, K, Mg, Lignin (L), acid detergent fibre (ADF), neutral detergent fibre (NDF), in vitro digestibility (DIG) and C/N, L/N and (L+polyphenol)/N ratios of the plant materials while N release correlated with initial N, L, ADF, NDF, DIG and L/N and (L+polyphenol)/N ratios. The combination of stems and leaves changed the dynamics of DM and N release, suggesting possible interactions between stems and leaves in the mixtures.

Table 1. N remaining (% of initial amount) in the different plant amendments in each evaluation period of the experiment. Values followed by the same letter do not differ significantly at p = 0.001

	Duration of decomposition (weeks)				
	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

Conclusions

The chemical characteristics or quality (Palm, 1998) of green manures plays an important role in decomposition, N release and N mineralization dynamics. Green manures can be used as complements or substitutes for mineral N fertilizer applications due to their potential for high N inputs to the soil. It is important to synchronize N release with N uptake by the crops in order to increase N use efficiency and minimize N losses which might have undesirable environmental consequences.

Literature cited

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

LONG-TERM EFFECTS OF APPLICATION OF ORGANIC RESIDUES TO A SOIL DERIVED FROM VOLCANIC ASH

Donald Charles Lieber Kass[1], Jeferson Luis Vasconcelos de Macêdo[2], Carla Fernanda Tavares da Costa [3]

[1]Development of Agroforestry Systems Unit, Area of Watersheds and Agroforestry Systems. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.

[2]EMBRAPA Manáus, A.M. Brasil.

[3]Universidad de Amazonas, Manáus, Brasil.

Resumen

Se estudió una rotación de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en un suelo Andic Eutropept (Eutric Cambisol) franco, halositico, isohyperthermico al cual le fueron aplicados dos veces al año un mantillo de *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook (8328 kg DM ha^{-1} $año^{-1}$ con un contenido de 2.76 mg P g^{-1}) o estiércol de ganado (9424 kg DM ha^{-1} $año^{-1}$ con un contenido de 2.96 mg P g^{-1}) con o sin P mineral (39 kg ha^{-1} $año^{-1}$ como triple superfosfato). P mineral (Pi) y orgánico (Po) fueron fracionados en tres profundidades (0-5, 5-10 y 0-20 cm). Estiercol y el mantillo sin P produjo mayores producciones de maíz y frijol (2895 y 913 kg ha^{-1} $año^{-1}$) que solamente fertilizante mineral (1936 y 664 kg ha^{-1} $año^{-1}$). En el caso de estiércol, tampoco se redujeron las reservas de Po del suelo.

Palabras claves: bioavailability, Hedley procedure, phosphorus fractionation, soil depth, soil rehabilitation

Introduction

Traditional production systems such as agroforestry, shifting agriculture and various mulch-based systems (Thurston, 1997) derive the greater part of the nutrients required for crop production from organic sources. Reduced subsidies for inorganic nutrients and increasing interest in avoiding the use of agricultural chemicals has increased the reliance on organic nutrient sources for production of annual crops in many areas, including Central America, where a large part of the soils used for annual crop production are of volcanic origen. CATIE's research in Turrialba, Costa Rica, has focused on producing traditional food crops from organic and inorganic nutrient sources, including N fixing trees (Kass et al., 1995). The objectives of the present study were : 1) to see whether organic nutrient sources (tree prunings and dairy manure) were more or less effective sources of nutrients for food crops than traditional mineral fertilizers; 2) to estimate sizes of different P pools , both organic and inorganic, through a sequential extraction process (Hedley et al., 1982); and 3) to determine the best depth of sampling for such studies.

Methodology

A split-plot experiment in randomized complete blocks was set up on an Andic Eutropept, fine, halloysitic, isohyperthermic in 1982 with a rotation of *Zea mays* L. and *Phaseolus vulgaris* L. After thirteen years, fractions of soil P were characterized by the method of Hedley et al. (1982) in the following treatments:

1. 40 t ha^{-1} yr^{-1} fresh weight cattle manure plus mineral fertilizer (39 kg ha^{-1} yr^{-1} as triple superphosphate)

2. As (1) but without mineral fertilizer
3. 40 t $ha^{-1}yr^{-1}$ fresh weight prunings of Erythrina poeppigiana (Walp.) O.F. Cook plus mineral fertilizer
4. As (3) but without mineral fertilizer
5. E. poeppigiana trees planted at 3 X 6m associated with crops and pruned twice yearly, with mineral fertilizer
6. Control receiving same mineral fertilizer as (1)

Total nutrient additions resulting from these treatments are given in Table 1. Crop yields and residue production were determined each year. N fixation and nutrient pumping by *E. poeppigiana* were estimated from yearly increases in biomass production of the trees (Tavares da Costa, 1995). Soil samples were taken at the end of the experiment and C was determined by the Walkley-Black procedure, N by Kjeldahl, K and P by extraction with modified Olsen extractant, exchangeable Ca and Mg by extraction with NH_4OAc. Samples were taken at a 0-5, 5-10 and 0-20 cm and subjected to sequential P fractionation (Hedley et al., 1982). Effects of time, depth of sampling and treatments on the size of each fraction were estimated by analysis of variance.

Table 1.Total nutrient additions (kg ha^{-1}) from organic and inorganic sources during 13 years.

Treatment	C	N	P	K	Ca	Mg
1. Cattle manure +P	61256	2015	735	2900	1580	789
2. Cattle manure-P	61256	2015	351	1820	1300	689
3. Erythina mulch +P	54236	2977	683	2965	1281	711
4. Erythrina mulch –P	54236	2977	299	1885	1001	611
5.Erythrina associated+P		448*	437*	1717*	434*	106*
6. Control + P			384	1080	280	100

* Includes estimate of N fixed or amount of nutrient pumped by trees from lower soil depths

Results and Discussion

Values in the P pools were considerably higher if only the surface 0-5 instead of 0-20 cm of soil were considered but relative sizes of different pools remained similar (Tables 2 and 3). It is more difficult to extrapolate from the 0-5 cm depth to a hectare basis. Use of dairy manure produced the largest inorganic phosphorus pools. Application of mineral P appeared necessary to increase the size of organic P pools. However, the difference in size of the organic pools with and without the addition of mineral P is much smaller if only the 0-5 cm depth is considered, only attaining statistical significance in the case of the organic NaOH extraction for mulch. With or without the addition of mineral P, the size of all fractions was significantly greater when dairy manure was used. Interaction of treatment and depth of sampling was significant for inorganic resin, biocarbonate and hydroxyl P as well as for total P but not for any of the organic fractions. Maize yields appeared to be more related to P availability than bean yields and organic P (Table 2). The presence of a mulch may be more important than P availability in determining bean yields, because beans are grown in the drier period of the year. Nevertheless, bean yields are significantly higher in the mulch+P treatment than in the mulch-P. In the case of manure, however, bean yields are higher without additional mineral P. Organic nutrient sources were also an

effective source of other elements (Table 4). Association with trees increased soil C and N levels more than other treatments. Both mulches and manure brought about increases in soil K. The Ca and Mg content of the manure is greater than that of the mulch (Table 1) and manure was a more effective source of Ca and Mg (Table 4). The levels of Olsen P also reflect the effectiveness of the organic and inorganic P sources and correspond quite closely to the levels of inorganic resin and bicarbonate P in the fractionation.

Table 2. P content (mg kg^{-1}) in different soil fractions (0-20 cm depth) and crop yields (mean of 12 yrs- kg ha^{-1}) resulting from alley cropping and mulch treatments in Turrialba, Costa Rica.

P fraction	Manure+P	Manure-P	Mulch+P	Mulch-P	Trees associated +P	Control +P
Pi resin	19.5 a	17.8 a	9.6b	8.3 b	4.8 b	5.1 b
Pi $NaHCO_3$	37.3 a	28.7 ab	24.2b	13.1 c	21.4 b	21.6 b
Pi NaOH	457.1 a	385.7 b	364.3b	266.9 c	366.2 b	365.9 b
Pi HCl	28.7 a	19.8 b	13.4b	12.8 b	13.7 b	12.7 b
Po NaHCO3	69.4 a	57.5 b	59.2b	51.9 c	65.8 a	55.6 b
Po NaOH	568.0 ab	548.5 b	552.8 ab	497.2 c	604.6 a	577.9 ab
P residual	917.7 a	921.4 b	919.5 a	872.9 b	916.5 a	964.7 a
P total	2097.7 a	1979.4 a	1943.0 a	1723.1 a	1993.0 a	2003.5 a
Maize yield	3048 a	2933 b	2813 b	2857 b	1654 d	1936 a
Bean yield	857 a	927 b	1057 a	899 b	1076 a	664 c

Values followed by the same letter in the same horizontal row do not differ significantly by Duncan's multiple range test at p=0.05.

Table 3. P fractions (mg kg^{-1}) following different inorganic and organic additions (0-5 cm depth)

P fraction	Manure+P	Manure-P	Mulch+P	Mulch-P	Trees associated+ P	Control +P
Pi resin	40.6 a	36.9 a	21.5 b	12.1 b	10.4 b	11.2 b
Pi $NaHCO_3$	57.6 a	47.4 a	38.3 b	34.9 b	32.7 b	20.6 c
Pi NaOH	550.1 a	449.7 ab	430.6 b	305.1 b	441.0 b	472.2 ab
Pi HCl	42.1 a	30.3 a	19.4 ab	17.4 b	19.1 b	17.8 b
Po NaHCO3	79.5 a	74.1 a	68.8 ab	59.2 b	73.1 a	66.1 ab
Po NaOH	620.4 a	610.5 a	580.9 ab	517.7 c	613.9 a	537.4 b
P residual	1013.4 a	1001.1 a	988.6 a	975.2 a	940.7 a	1027.3 a
P total	2043.7 a	2250.0 ab	2148.1 a	1921.6 a	2130.9 ab	2152.6 a

Values followed by the same letter in the same horizontal row do not differ significantly by Duncan's multiple range test at p=0.05

Table 4. Soil properties of surface 20 cm in the 13th year of experiment in Turrialba, Costa Rica.

Element	Manure +P	Manure -P	Mulch+P	Mulch-P	Trees associated +P	Control +P
Organic C (mg g^{-1})	35.95	31.56	33.00	31.10	37.05	32.65
Total N (mg g^{-1})	2.80	2.50	2.60	2.50	2.90	2.50
Olsen P (mg kg^{-1}	37.3	28.7	24.2	13.0	21.4	21.6
K (cmol kg^{-1})	0.84	0.88	0.89	0.98	0.70	0.54
Ca (cmol kg^{-1})	5.67	5.80	4.37	4.96	3.88	3.77
Mg (cmol kg^{-1})	2.25	2.22	1.38	1.71	1.33	0.97

Conclusions

In an Andic Eutropept derived from volcanic ash, with lower P retention than Andisols, organic nutrient sources, especially dairy manure, gave higher crop yields than mineral sources over 13 years. Levels of most elements in the soil after 13 years of cropping, especially P and bases, were related to the amounts applied, with organic sources again being more effective. Zech et al. (1990) states that the higher content of N, P, and Ca in animal manures leads to a more rapid mineralization of less stable organics and an enrichment of the more stable humus fractions rich in aromatic constituents. Addition of animal manures increases both the mineral and organic P fractions. In the 0-5 cm layer, organic P levels are higher with manure than with mineral P application.

Literature cited

Hedley, M.J., Stewart, J.W.B., and Chauhan, B.S. 1982. Changes in inorganic and organicsoil phosphorus fractions induced by cultivation practices and laboratory incubations. Soil Sci. Soc. Amer J. 46: 970-976.

Kass D.L., Araya, J.F., Sanchez, J., Soto, L., and Ferreira, P. 1995. Ten years experience with alley farming in Central America. In: Kang, B.T, A.O. Osiname and A. Larbi, eds. Alley Farming Research and Development. Proceedings of the International Conference on Alley Farming.14-18 September, 1992. IITA. Ibadan, Nigeria. pp. 393-402.

Tavares da Costa, F.C 1996. Evaluación de los efectos competitivos y sostenibilidad agroeconómica del cultivo en callejones. M.Sc. thesis. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 157p.

Thurston, H.D. Slash/Mulch Systems: sustainable methods for tropical agriculture. Westview Press. 196 p. Boulder, U.S.A.

Zech, W., Haumaier, L. and Hempfling, R. 1990. Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use. In: MacCarthy, C. Clapp, E., Malcolm,R.L., and Bloom, P.R. (eds.) Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Readings. pp. 187-202 American Society of Agronomy. Madison, USA.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE ADOPCIÓN DE PRÁCTICAS AGROFORESTALES EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN OPICO, EL SALVADOR.

Everaldo Nascimento de Almeida[1], Glenn Galloway[1], Dean Current[1], Rossana Lok[1] y Cornelius Prins [1]
[1]Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Systems Area.
CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.

Key words: *Eucalyptus camaldulensis*, incentivos, sistemas agrosilviculturales

Abstract
Factors that influence the adoption, adaptation and knowledge sharing (among farmers) of agroforestry practices in the municipality of San Juan Opico, El Salvador were determined. Small farmers adopt agroforestry practices to meet firewood needs, to generate wood for local consumption/sale and for environmental benefits. Important factors that influence the adoption process include material incentives, technical assistance, land tenure, farm size and projected benefits. The principal adaptation observed was an increase in tree spacing to favor 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 base de experiencia para determinar los factores que han influido en la adopción, adaptación y la transferencia de prácticas agroforestales entre agricultores en San Juan Opico.

Metodología
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 adoptaron, 3) y adaptaron prácticas agroforestales, y por último, 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

Prácticas agroforestales

Se observaron los 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

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/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 generan 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 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 servicios ambientales (protección del suelo, sombra, belleza escénica, etc) ofrecidos por los árboles.

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 limita el potencial de sembrar plantaciones forestales en bloque (taungya o bosquete). Los linderos y cercas vivas se perfilan como prácticas más promisorios según los productores.

La ley del medio ambiente
Los agricultores experimentan problemas en el tramite de permisos para el aprovechamiento de árboles. La falta de confianza en los procedimientos legales ha limitado el interés de los agricultores en prácticas agroforestales.

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

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 para expandir las prácticas agroforestales, pero el manejo inadecuado de las mismas durante la fase de germinación dio un resultado desfavorable.

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

Aspectos silviculturales
E. camaldulensis, por sus usos múltiples, rápido crecimiento (Cuadro 1) y resistencia a la sequía, ha sido la especie que más ha despertado interés entre los agricultores. Una parte de los agricultores plantaron árboles en terrenos degradados designando sus mejores suelos a la siembra de cultivos anuales. Por ende, los árboles se plantaron en suelo compactado por el pisoteo de ganado, terrenos pedregosos y de fuertes pendientes, lo que explicó en parte, el bajo desarrollo de algunas parcelas.

Cuadro 1. Crecimiento y productividad de *Eucalyptus camaldulensis* en sistemas agroforestales en 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

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 incluyendo la protección de los suelos y servicios ambientales. El valor estético de los árboles fue el beneficio más mencionado por los agricultores. Sin embargo, la poca disponibilidad de tierra y la necesidad de sembrar cultivos de auto-consumo limita la plantación de árboles en bloque (taungya y/ o bosquete). En cambio, lucen promisorios los sistemas en linderos y cercas vivas. Dada la necesidad de crear condiciones favorables a los cultivos anuales, algunos agricultores aumentaron el espaciamiento entre los árboles establecidos en bloque. El efecto multiplicador ocurrió, a través de giras de campo e intercambios de experiencias entre productores. Sin embargo, el efecto multiplicador en la zona no ha alcanzado la magnitud deseada. La falta de insumos básicos (semillas, arbolitos, asistencia técnica) es la principal barrera para la difusión de prácticas agroforestales en el municipio.

Literatura citada

Belaunde, E; Rivas, C. 1994. Respondiendo a necesidad sobre la marcha e induciendo a cambios de políticas: la experiencia del Proyecto Madeleña-3 en América Central. CATIE (Costa Rica). Serie Técnica. Boletín Técnico nº 237, 40p.

Geilfus, F. 1997. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. San Salvador, El Salvador, IICA, 208p.

SCREENING FOR PROMISING TREES TO ASSOCIATE WITH COFFEE IN CENTRAL AMERICA

J.G. Bellow[1], R.G. Muschler[2]
[1] School of Forest Resources and Conservation , Univ. Of Florida, Gainesville FI 32611, U.S.A.
[2] Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Systems Area. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.

Resumen
En muchas zonas de caficultura intensiva en Costa Rica, problemas ambientales como erosión de suelo o residuos de agroquímicos, junto con precios altos para insumos externos y preciso bajos e inestables de café, motivaron el interés recién de diversificar cafetales con árboles. Partiendo de listados publicados de atributos deseables para árboles de asocio con café, este trabajo propone atributos de árboles que deberían ser evaluados para estimar la compatibilidad potencial entre los árboles y café. Algunos atributos son válidos para cualquier árbol; otros son específicos para árboles maderables, de servicio o frutales. Este trabajo conceptual forma una base para caracterizar especies arbóreas con vista hacia su integración en cafetales.

Palabras claves: Agroforestry, biodiversity, coffee, native species, service trees, shading, timber trees

Introduction

Declining prices for coffee, rising prices for non-organic inputs and growing environmental problems such as soil erosion, pesticide residues and loss of diversity have raised concerns about the ecological and economic sustainability of high-input, unshaded coffee production and rekindled interest in shaded production systems. Throughout Central America, maintaining or increasing shade levels and tree diversity in coffee plantations has become a priority (Echeverri et al. 1997, Galloway and Beer 1997, Beer et al. 1997, 1998). There is a need to identify native tree species that have valuable products and are ecologically compatible with coffee. This paper suggests which attributes should be assessed as an essential input when screening tree species for their usefulness and compatibility with crops in agroforestry associations.

Limitations to existing species descriptions

While some growth and product quality attributes are relatively well characterized for a small number of tree species, particularly those which have long been known for timber production or have a long history of domestication (e.g. *Eucalyptus* spp., *Cordia* spp., *Pinus* spp.) the information on other species (e.g. *Myrsine pellucida-puntata*, *Stryphnodendron* spp.) is often limited to botanical descriptions. In the literature and current species databases (e.g. at CATIE or ICRAF), information on site preferences, crown attributes, competitiveness, phenology and silviculture is often incomplete or missing. In other cases, the available information is of limited value for predicting the growth or compatibility of a species in managed ecosystems such as agroforestry systems. For example, information on natural distributions, such as species lists or forest type

assemblages, does not necessarily indicate environmental preferences or physiological plasticity. Factors such as seed dispersal, germination sites, interspecies competition or biological heritage may have limited distribution more than the ecophysiology of the plant.

Proposing compatibility-relevant species attributes

In order to screen the large pool of native tree species (e.g. over 2000 tree species in Costa Rica) for those with promise for inclusion in managed systems, a series of attributes, related to their ability to provide services and useful products as well as their competitive characteristics must be known. General lists of desirables tree attributes for agroforestry associations (e.g. Beer 1987, Nair 1993) can be used as a basis for refining the relevant attributes for a given production goal or environmental limitation. Among the tree attributes that control the ecological compatibility of a tree with, for example, coffee, the most important are: crown attributes, which influences the quantity and variability of shading; root attributes, which influence below-ground interactions, particularly water and nutrient competition with the crop; allelopathic properties; and growth dynamics, which govern the intensity of above- and below-ground interactions. However, the relative importance of a given attribute will vary with the biophysical limitations actually present and the prevalent socioeconomic preferences for each site. There are two ways to collect the bio-physical information: (1) from detailed studies on the growth and architectural patterns and phenology of tree species, as have been done for many agronomic crops under both natural and experimental conditions; and (2) from monitoring the growth of associated crops as a result of shading or root interactions. Both avenues deserve further attention.

The future of trees in coffee

Assessing native species' attributes to predict their potential usefulness to ameliorate limiting biophysical conditions and to provide subsidiary products, and evaluating different ways to integrate and manage them in agroforestry systems, provides information essential for the design of systems which may not only be more ecologically sustainable but also more attractive economically. For coffee systems, the proposed characterization of attributes that determine compatibility should help to identify, from the wide spectrum of available timber, fruit and service trees, those trees most appropriate for site-specific coffee requirements and production goals. Developing compatible matches between trees and biophysical conditions will ultimately help to slow ecosystem degradation and sustain coffee production and quality (Muschler 1999a and b), while at the same time providing increasingly-needed timber and non-timber forest products and reducing dependency on external inputs.

Literature cited

Beer J (1987). Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao, and tea. Agrofor. Sys. 5:3-13

Beer J, Muschler R, Somarriba E, Kass D, (1997). Maderables como sombra para café. Boletín PROMECAFE (Guatemala) 76/77:5-7

Beer J, Muschler R, Somarriba E, Kass D, (1998). Shade management in coffee and cacao plantations – a review. Agrofor. Sys. 38:139-164

Echeverri J, Mora O, and Zamora L (eds.) 1997. Panel de caficultura sostenible. Memorias de 18vo Simposio Latinoamericano de caficultura. San José, Costa Rica: IICA-PROMECAFE. 119pp.

Galloway G, Beer J, (1997). Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Informe Técnico 285. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 166 pp.

Muschler R, (1999a). Shade benefits production and vigor of *Coffea arabica* L. in a sub-optimal coffee zone of Costa Rica. Agrofor. Sys. (Submitted)

Muschler R, (1999b). Shade improves quality of *Coffea arabica* in a sub-optimal coffee zone of Costa Rica. Agrofor. Sys. (Accepted)

Nair P K, (1993). An introduction to agroforestry. Dordrecht. Netherlands: Kluwer. 499 pp.

TIMBER SPECIES FOR SHADE IN NEW AND OLD COCOA FIELDS

G. Calvo[1], E. Somarriba[1]
[1]Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Systems Area. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.

Resumen
La diversificación de la sombra en cacaotales nuevos y viejos de Talamanca, Costa Rica y Bocas del Toro, Panamá fue evaluada, comparando tres especies maderables y una especie de "servicio" (leguminosa) como testigo. El cambio de la sombra no-comercial a maderables es una inversión altamente rentable dado que no afectó a los cacaoteros en aspectos tales como mortalidad, crecimiento diamétrico, arquitectura y producción. El asocio cacao-laurel (*Cordia alliodora*) era la alternativa económica más viable.

Palabras claves: *Cordia alliodora*, Costa Rica, financial analysis, *Inga edulis*, Panamá, *Tabebuia rosea*, *Terminalia ivorensis*, *Theobroma cacao*, timber growth

Introduction

Since the late 1980's, agroforestry research involving cocoa was carried out in Talamanca, Costa Rica and Bocas del Toro, Panama, together with local farmers and governmental and non-governmental organizations. The objectives were to improve cocoa (*Theobroma cacao* L.) production technology, to diversify crops and promote reforestation (Somarriba et al., 1996a). Timber and leguminous tree species were evaluated as shade in old and new cocoa plantations. In this paper, information on timber growth, cocoa production and financial results are summarized.

Methodology

Three timber (*Cordia alliodora, Terminalia ivorensis* and *Tabebuia rosea*) and one leguminous species (*Inga edulis*) were tested on private farms. In old cocoa fields, shade trees were introduced to replace existing, non-regulated unproductive shade (Somarriba y Calvo, 1998). Trials were established on five private farms, one or two blocks per farm, four treatments per block (shade species) in a randomized complete block design. Farms were selected in valley bottoms and hills (three blocks each) (Somarriba and Dominguez, 1994). The shade tree variables evaluated were: tree survival, growth (diameter at breast height (dbh), total height, crown diameter), stem form, tree management costs and the percentage of trees with crowns above the cocoa canopy 2.5 years after planting. Shade trees were planted at 7x7 m (204 trees ha^{-1}).

In new cocoa fields, trials were established on two farms, one on the coastal plains of Puerto Viejo, Talamanca and one in the hills of the Almirante ridge, Bocas del Toro. In Puerto Viejo, three species (*T. rosea* not included) were planted in a randomized complete block design with three replicates. In Bocas del Toro, four treatments and four replicates were evaluated. The variables evaluated were: tree survival, tree growth (same variables as in old cocoa fields), cocoa production and management costs (Somarriba *et al.*, 1995 and Somarriba *et al.*, 1996b). Trees were planted at 6x6 m (278 trees ha^{-1}).

Results

C. alliodora and *I. edulis* had high mortality rates when introduced into existing cocoa fields whereas *T. rosea* had only a 3% mortality after 4.3 years (Table 1). Heavy shade was associated with mortality in *I. edulis* whereas poor drainage and flooding may explain high mortality in *C. alliodora.* Leaf cutting ants were a severe problem for *T. ivorensis.* Timber volumes at age four years were highest for *T. ivorensis* and lowest for *T. rosea.* No volume figures were calculated for *I. edulis* which is not used for lumber.

Table 1. Survival and growth of cocoa shade trees in Bocas del Toro, Panamá at 4.3 years of age.

Species	Mortality (%)	Emergence from cocoa canopy (%)	dbh (cm)	h (m)	Total volume ($m^3 ha^{-1}$)
Cordia alliodora	36	35	15.9	13.5	21.2
Terminalia ivorensis	24	54	19.0	16.6	34.6
Tabebuia rosea	3	36	16.3	9.8	18.5
Inga edulis	38	16	14.0	10.5	-

Source: Somarriba and Dominguez, 1994

In new cocoa fields, mortality rates were high for both *T. ivorensis* and *C. alliodora*, and very low for *T. rosea* (Tables 2-3). Wind damage (Bocas del Toro), leaf cutting ants and soil fungus (both sites) reduced *T. ivorensis* survival. *T. ivorensis* produces high volumes in short rotations but caution must be taken due to high mortality. *C. alliodora* grows better than *T. rosea* (Tables 2-3). Cocoa production did not differ among shade treatments due to differential management (thinning of timber species and pruning of *I. edulis*) to provide correct cocoa shade labels. Cocoa production differed between sites; low production in Puerto Viejo was due to increased losses to pathogens (especially *Moniliophthora roreri*).

Table 2. Shade tree mortality and growth, and cocoa production in Bocas del Toro, Panamá at 6 years of age.

Species	Mortality (%)	dbh (cm)	h (m)	Total volume ($m^3 ha^{-1}$)	Cocoa (kg $ha^{-1} yr^{-1}$)
Cordia alliodora	41	25.4	19.1	80.1	762
Terminalia ivorensis	68	27.5	19.7	91.5	726
Tabebuia rosea	11	22.7	12.3	40.0	863
Inga edulis	22	20.2	-	-	772

Source: Somarriba *et al.*, 1995

Table 3. Shade tree mortality and growth, and cocoa production in Puerto Viejo, Costa Rica at 4.3 years of age.

Species	Mortality (%)	dbh (cm)	h (m)	Total volume ($m^3 ha^{-1}$)	Cocoa (kg $ha^{-1} yr^{-1}$)
Cordia alliodora	9	20	18	70	360
Terminalia ivorensis	34	22	17	73	359
Inga edulis	15	18	-	-	368

Source: Somarriba *et al.*, 1996b

C. alliodora had the best financial performance in both old and new cocoa fields; *I. edulis* was the worst financial alternative over a 15 year planning horizon and 5% discount rate (Table 4).

Table 4 Financial indices for old and new cocoa fields with timber or leguminous shade species. Gross margin figures apply only to new cocoa fields in Bocas del Toro, Panamá.

Species	Benefit / cost ratio		Gross margin
	New fields	Old fields	(US $ ha^{-1})
Cordia alliodora	1.8	5.2	395
Terminalia ivorensis	1.5	4.7	239
Tabebuia rosea	1.6	4.5	278
Inga edulis	0.9	-	-23

Source: Hernandez and Platen, 1995; Trejos and Platen, 1995

Discussion

Timber trees in cocoa plantations provide both shade and income in the medium and long term. Differential management resulted in negligible differences in cocoa production between shade species; this favors the use of timber species over the traditional "service" leguminous species. Among timber species, volume growth is higher with *T. ivorensis* but it can not be recommended because of high mortality rates due to soil fungus, susceptibility to wind damage and severe leaf cutter ant attacks. *T. rosea* on the other hand showed modest volume growth but it is a rustic species, with very low mortality rates and is tolerant to poor drainage and flooding (common in many cocoa production areas). This species can be recommended for extensive areas with variable soil conditions. *C. alliodora* grew well, showed a moderate mortality rate and it is well appreciated in the regional timber markets but it is very demanding in terms of soil fertility and does not tolerate poor drainage and flooding.

The costs of replacing current valueless shade trees, with timber species or leguminous "service" species, amount to between 750 - 950 US$ ha^{-1} in the first four years. After 15 years, shade tree replacement can generate an economic benefit of between 4,500 - 5,500 US$ ha^{-1} through the sale of timber. Replacing non-commercial shade trees with timber species in mature cocoa fields is economically productive under the trial conditions.

Conclusions

1. Using timber species as shade trees for cocoa is an investment with high economic returns and therefore they are preferable to traditional leguminous "service" trees. The selection of the timber species depends on factors such as traditional site conditions, farmer's preference and the expected timber prices for each species.
2. Differential management resulted in all treatments giving the same cocoa production.
3. *I. edulis* was the worst species to use as a shade substitute in established cocoa and its growth and survival were poor in dense cocoa plantations.
4. The cocoa-*C. alliodora* association is the most viable economic alternative. However *C. alliodora* should be planted only in soils with good drainage and no flooding risks. *T. rosea* can be planted in soils with drainage problems. *C. alliodora* should be spaced at 9 x 9 m, with two to four seedlings per planting position and thinning to one plant at 6 to 12 months.

Literature cited

HERNANDEZ, I. y PLATEN, H. 1995. Maderables como alternativa para la substitución de sombras en cacaotales establecidos. La economía. Serie Técnica. Informe Técnico No. 259. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 30 p.

SOMARRIBA, E. y DOMINGUEZ, L. 1994. Maderables como alternativa para la substitución de sombras en cacaotales establecidos. Manejo y crecimiento. CATIE, Serie Técnica. Informe Técnico No. 240. Turrialba, Costa Rica. 96 p.

SOMARRIBA, E.; MELÉNDEZ, L.; CAMPOS, W. y LUCAS, C. 1995. Cacao bajo sombra de maderables en Puerto Viejo, Talamanca, Costa Rica. Manejo, crecimiento y producción de cacao y madera. CATIE, Serie Técnica. Informe Técnico No. 249. Turrialba, Costa Rica. 73 p.

SOMARRIBA, E.J.; BEER, J. y BONNEMANN, A. 1996a. Árboles leguminosos y maderables como sombra para cacao. El concepto. CATIE, Serie Técnica. Informe Técnico no. 274. Turrialba, Costa Rica. 51 p.

SOMARRIBA, E.; DOMÍNGUEZ, L. y LUCAS, C. 1996b. Cacao bajo sombra de maderables en Ojo de Agua, Changuinola, Panamá: Manejo, crecimiento y producción de cacao y madera. CATIE, Serie Técnica. Informe Técnico no. 276. Turrialba, Costa Rica. 47 p.

SOMARRIBA, E. y CALVO G. 1998. Enriquecimiento de cacaotales con especies maderables. Agroforestería en las Américas 5(19):28:31.

TREJOS S. y PLATEN H. 1995. Sombras maderables para cacaotales. Aspectos económicos. CATIE, Serie Técnica. Informe Técnico No. 266. Turrialba, Costa Rica. 46 p.

AVAILABLE SOIL WATER IN A *Coffea arabica-Erythrina poeppigiana, C. arabica-Eucalyptus deglupta* AND *C. arabica* MONOCULTURE PLANTATIONS

Francisco Jiménez[1], Ronny Alfaro[2]
[1]Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Systems Area. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.
[2]Investigador, Instituto del Café, Costa Rica

Resumen
Se evaluó el agua disponible en el suelo de 0-15, 15-30, 30-45 y 45-60 cm de profundidad, en parcelas de café sin sombra y con sombra de *Eucalyptus deglupta* o *Erythrina poeppigiana*, durante la estación seca en el Valle Central de Costa Rica. El agua disponible para las plantas fue siempre mayor en los sistemas café-*E. poeppigiana* y café sin sombra en comparación con el sistema café-*E. deglupta*. En el estrato de 30-60 cm, la humedad descendió hasta niveles cercanos o inferiores al coeficiente de marchitez permanente (15 bares) en todos los sistemas. La permanecia de agua disponible en los 30 cm más superficiales, donde se encuentran la mayor parte de raíces absorbentes del café, evitó la muerte de las plantas por estrés hídrico.

Palabras claves: Coffee shade systems, Costa Rica, hydric stress, water competition

Introduction

Management of competition for water, light and nutrients between trees and crops, for the farmer's benefit, is the biophysical determinant for the success of agroforestry systems (Sanchez, 1995). In areas with limited rainfall, competition for water is of higher relevance than the above-ground interactions (Jiménez, 1998). Shade trees can diminish coffee (*Coffea arabica*) stress, but they can also compete for the resources available (Beer et al., 1998). In seasonally dry areas, root competition for water may be a constraint to the use of shade trees in coffee plantations (Franco, 1951). In Sao Paulo, Brazil, Franco and Inforzato (1950) estimated that the total transpiration of coffee with shade trees exceeded rainfall during the six months of the dry season. On the other hand, in Central America, where coffee is frequently grown under shade (Perfecto et al., 1996), available water in the soil may be greater than the permanent wilting coefficient even after four months of drought (Franco, 1951). In Pernambuco (Northeastern Brazil), Matiello et al. (1985) reported that coffee under shade always maintained a better vegetative condition, even during the driest years, than coffee without shade. Similar results are reported in El Salvador (Suárez de Castro et al.,1961). In Costa Rica, the Central American country where coffee plantations without shade were widely promoted in the 80's, it is presently common to see eucalyptus trees (mainly *Eucalyptus deglupta*) and other timber trees planted in coffee plantations previously without shade or in coffee plantations with shade trees of low economic value (Galloway and Beer, 1997). The aim of this study was to evaluate available soil moisture in coffee plantations without shade or under shade of eucalyptus (*E. deglupta*) or poró (*Erythrina poeppigiana*) in the Central Valley of Costa Rica.

Methodology

The study was carried out on the Sacramento Farm, located in Naranjo, Alajuela, Costa Rica (10° 04'N, 84° 23'W, 1020 masl) between December 1997 and July 1998. Mean annual rainfall is 2225 mm and mean temperature is 20°C. The dry season extends from

mid-December to mid-May. The deep soils are volcanic (Andisols) and are of sandy-clay-silt texture. The study site included three plots: coffee without shade; coffee associated with eucalyptus and coffee associated with poró (no repetitions were available on this commercial farm). Soil conditions, slope, management, coffee variety and weather conditions were similar in the three plots. Measurements were carried out approximately every 25 days for a total of eight sampling dates. On each date, soil samples were taken using a soil corer, in four sampling sites in each plot: i.e. in the middle of the space between two coffee rows at 1, 2 and 3 m from the nearest shade tree along the coffee rows, and at four depths (0-15, 15-30, 30-45 and 45-60 cm). The four sampling sites in each plot were selected at random. All trees were planted at 8x8 m, and had their foliage during the whole period of study. Eucalyptus trees had an average height of 10.6 m, 16.5 cm stem diameter at breast height (DBH) and a crown diameter of 6 m. The poró had an average height of 6.2 m, DBH of 16.4 cm and an average crown diameter of 3.7 m. There was no rain between December 10, 1997 and May 20, 1998. Six soil samples were also taken at each depth, in order to determine apparent density, field capacity (0.33 bars) and permanent wilting point (15 bars). Maximum plant available water content at each depth was determined as the difference between volumetric water content at field capacity and wilting point.

Results and discussion

During the dry season the amount of plant available water in the soil was higher in the coffee-poró system, followed by coffee without shade, and was always lower for the coffee-eucalyptus system (Table 1). This difference was maintained until May 29, the period during which the amount of rain was not enough to restore the soil's maximum water retention capacity. In the evaluation carried after the rainy season was established (July 10), available water was similar in the three coffee systems. According to the data from the evaluations carried out on March 5, March 26 and April 16, no water was available for the plants at depths 30-45 and 45-60 cm. Similar results were found on March 26 and April 16 at 0-15 cm depth for the coffee-eucalyptus and coffee without shade. As the dry period continued, available soil moisture diminished to levels lower than the permanent wilting coefficient, except at the depth 15-30 cm. Hydric stress was always greater for the coffee-eucalyptus system. The observations carried out during this period on the physiological status of the plants clearly showed the effects of hydric stress, such as wilted leaves, loss of foliage, yellowish leaves, very small young leaves with a rolling leaf layer, as well as dead superficial fine roots (under the litter layer), or near to the soil surface, for coffee as well as for eucalyptus and poró. In some coffee plantations located near to the study site, coffee plants died from hydric stress during the same period.

The results obtained for coffee-poró and coffee without shade are similar to those reported by Suárez de Castro et al. (1961) in El Salvador, who carried out measurements during the dry season on soil moisture at different depths between 0 and 40 cm in coffee plantations without shade and under coffee with *Inga* sp. or *Leucaena glauca* shade trees. The present results are different to those reported by Franco (1948, 1952) who concluded that a lack of water, caused by shade tree competition, was responsible for failures of shaded coffee plantations in Sao Paulo, Brazil. Franco's results lead to the general belief that soil moisture remains higher in coffee without shade. In the present study, in the coffee-eucalyptus system water available during the period of hydric deficit was lower than for coffee without shade, which suggests greater competition for water in coffee-shade systems, as found by

Franco (1948, 1952). However, in the studies carried out by Franco, soil samples were taken at depths ranging between 0.5 and 2.0 m, but most coffee roots are found in the first 30 to 40 cm; this situation makes data comparison difficult. The present results show that no generalizations should be made on coffee-tree competition for water since this depends on the characteristics of the tree species, the way they are managed (e.g. pruning regime) and many site factors (Beer et al., 1998).

Table 1. Means of available soil water (mm) in different coffee plantation systems during the period December 1997-July 1998 in Naranjo, Alajuela , Costa Rica.

Evaluation date	System	Depth (cm)			
	A.	0-15	15-30	30-45	45-60
December 23	*Coffea-Erythrina*	23.7	30.0	11.8	10.5
	Coffea-Eucalyptus	10.4	13.5	3.6	2.7
	B. Coffea	23.2	27.1	10.6	9.1
January 13	*Coffea-Erythrina*	17.9	23.0	8.8	6.3
	Coffea Eucalyptus	6.2	6.9	0.1	0.0
	C. Coffea	15.2	20.6	6.4	6.7
February 02	*Coffea-Erythrina*	10.2	13.9	5.1	2.7
	D. Coffea-Eucalyptus	1.4	3.5	0.0	1.7
	Coffea	9.8	14.3	1.1	0.0
March 05	*Coffea-Erythrina*	3.1	7.9	0.3	0.7
	E. Coffea Eucalyptus	0.3	2.2	0.0	0.0
	Coffea	4.2	7.8	0.0	0.0
March 26	*F. Coffea-Erythrina*	1.1	10.4	0.8	0.0
	Coffea-Eucalyptus	0.0	3.2	0.0	0.0
	Coffea	0.0	6.4	0.0	0.0
April 16	*Coffea-Erythrina*	0.8	6.2	0.0	0.0
	Coffea-Eucalyptus	0.0	2.1	0.0	0.0
	Coffea	0.2	5.4	0.0	0.0
May 29	*Coffea-Erythrina*	20.2	26.7	8.6	3.3
	Coffea-Eucalyptus	10.0	15.5	2.9	0.4
	Coffea	19.2	21.2	3.7	0.0
July 10	*Coffea-Erythrina*	25.5	34.0	12.0	11.2
	Coffea-Eucalyptus	24.3	32.1	12.0	11.2
	Coffea	25.5	34.0	12.0	11.2

Conclusions

Plant available water in the soil during the dry season was always higher in the coffee-poró and coffee without shade systems than in the coffee-eucalyptus system. At 30-60 cm depth, soil moisture decreased to levels close to or under the permanent wilting coefficient. Conservation of available water in the first 30 cm of the soil, mainly in the 15-30 cm stratum, prevented coffee plants, whose root system is mostly found in the first 30 to 40 cm, from dying due to hydric stress. The higher and faster depletion of soil water in the coffee-eucalyptus system suggests greater competition in this system, and the need to develop a more extensive study in order to define the ecological impact of this tree species when it is used as a shade tree for coffee in areas with a severe seasonal hydric deficit.

Literature cited

BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. Agroforestry Systems 38: 139.164.

FRANCO, C. M. 1948. O problema do sombreamento dos cafezais em Sao Paulo. Revista Ceres (Minas Gerais, Brasil) 8 (43): 37-51.

FRANCO, C. M. 1951. A água do solo e o sombreamento dos cafezais na América Central. Bragantia 11: 99-119.

FRANCO, C. M. 1952. A agua do solo e o sombreamento dos cafezais em Sao Palo. Superintendencia dos Servicos do Café. Sao Paulo, Brasil, Boletim 27 (299): 10-19.

FRANCO, C. M.; INFORZATO, R. 1950. Quantidade de água transpirada pelo cafeeiro cultivado ao sol. Bragantia 10: 247-250.

GALLOWAY, G.; BEER, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 168 p.

JIMENEZ, F. 1998. Clima y agroforestería. In: F. Jiménez y A. Vargas, eds. Apuntes de clase del curso corto: sistemas agroforestales. Turrialba, C. R., CATIE. Serie Técnica, Manuel Técnico no. 32. pp. 109-126.

MATIELLO, J. B.; DANTAS, F.S.; de CAMARGO, A. P.; RIBEIRO, R. N.C. 1985. Observacoes sobre nivel de sombreamento em lavoura cafeeira em Pernambuco. *In*: 12 Congresso de Pesquisas Cafeeiras. Instituto Brasileiro do Café. Caxambu, Minas Gerais. pp. 14-15.

PERFECTO I.; RICE, R.; GREENBERG, R.; van der VOORT, M. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. Bioscience 46: 598.608.

SANCHEZ, P. A. 1995. Science in agroforestry. Agroforestry Systems 30: 5-55.

SUAREZ DE CASTRO, F.; MONTENEGRO, L.; AVILES, C.; MORENO, M.; BOLAÑOS, M. 1961. Efecto del sombrío en los primeros años de vida de un cafetal. Santa Tecla, El Salvador, Instituto Salvadoreño de Investigaciones en Café, Boletín Informativo Suplementario No. 12. pp. 3-35.

SHADE CANOPY DIVERSITY IN COFFEE PLANTATIONS IN TURRIALBA, COSTA RICA

T. Llanderal [1], E. Somarriba[2]
[1]Colegio de Postgraduados, Montecillo, México
[2]Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Systems Area. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.

Resumen
Se analizaron factores biofísicos y socioeconómicos que pueden incidir 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 conformación de los tipos. Se recomienda realizar un análisis de componentes principales para seleccionar factores, seguido de conglomerados y 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.

Palabras claves: Multivariate analysis, typology.

Introduction
There is a great diversity in the botanical composition and the vertical, horizontal and temporal structure of shade canopies in coffee plantations. The nature of coffee shade canopies has been described in several countries: e.g. Costa Rica (Espinoza, 1983, 1986), Mexico (Jiménez, 1979) and Venezuela (Escalante et al., 1987). Environmental and socio-economic conditions seem to determine the structure and diversity of coffee plantations. In this study, a methodology to typify coffee farms was developed, identifying the socio-economic and biophysical factors that determine the diversity of the shade canopy in the coffee plantations in Turrialba, Costa Rica. This methodology will be used to analyse coffee plantations in Central America.

Methodology
The study was carried out on 29 farms. Shade components were defined in terms of functions rather than botanical names. For instance, *Erythrina poeppigiana* and *Inga densiflora*, both used for shade in different regions of Costa Rica, belong to the functional component: "shade". The following functional components were defined: 1) shade; 2) timber; 3) firewood; 4) bananas and plantains (musaceae); 5) Citrus spp; 6) plantation trees (e.g. *Macadamia integrifolia* or *Bactris gasipaes* intercropped with coffee); 7) other fruit trees; and 8) miscelaneous (others). "Coffee types" were visually identified (*a priori classification*) in the study region and ≥ 4 farms selected for study in each coffee type. Five coffee types were identified: 1) shade only; 2) shade + timber; 3) shade – musaceae; 4) plantation trees (*M. integrifolia*); and 5) mixed canopy. Socio-economic and biophysical information was gathered by interviews and mensuration of temporary plots (50 x 20 m) in selected locations within the coffee plantations. The information was analysed by means of three different procedures (Table 1). Multivariate techniques included discriminant analysis and canonical discriminant analysis.

Table 1. Information analysis procedures

Procedure	Method of variable selection	Method of classification
1	None	*a priori*
2	None	Cluster analysis
3	Principal component analysis	Cluster analysis

Results

Methodology developed to determine typologies

The best procedure to determine the typology of the farms was the third one (Table 2).

Table 2. Canonical discriminant analysis [canonical variables (CAN)]

Procedure	CEE (%)	CAN	Canonical correlation	Eigenvalue	Cumulative proportion
		1	0.997 n.s.	186.81	0.70
1	79	2	0.992 n.s.	65.14	0.94
		3	0.961 n.s.	12.12	0.98
		4	0.899 n.s.	4.22	1.00
		1	0.998*	305.89	0.89
2	66	2	0.981 n.s.	26.51	0.96
		3	0.962 n.s.	12.56	1.00
		1	0.929***	6.33	0.47
3	19	2	0.902**	4.37	0.80
		3	0.856*	2.73	1.00

CEE: Count error estimate
n.s. non significant
* significant ($P < 0.05$)
** significant ($P < 0.01$)
*** significant ($P < 0.0001$)

The best explanatory variables are related to shade canopy diversity (richness and abundance of shade components) and coffee management intensity (total cost per hectare, coffee yield, and cost and quantity of fertiliser used).

Typology of farms

Four coffee farm types were identified: 1) low diversity and intensively managed coffee plantations; 2) highly diversified and intensively managed coffee plantations; 3) highly diversified coffee plantations with medium management intensity; and 4) poorly managed coffee plantations (Table 3).

Table 3. Means of selected variables per farm type

Group	Abundance (shade plants ha^{-1})	Richness (Number of shade components)	Cost (US$ ha^{-1} $year^{-1}$†)	Income (US$ ha^{-1} $year^{-1}$†)	Yield (fanegas‡ ha^{-1} $year^{-1}$)	Fertilisers (kg ha^{-1} $year^{-1}$)
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 US$ = 260 colones
* 1 fanega = 400 l of coffee cherries = 258 kg of coffee cherries = 46 kg of dried coffee beans

Discussion

Shade canopy diversity in the study area is related more to socioeconomic factors than to biophysical ones. Excluding the poorly managed plantations, lower management intensity is associated with higher diversity and vice-versa, in agreement with studies in other regions (Espinoza 1983, 1986; Lagemann and Heuveldop 1983; Villatoro 1986; Escalante *et al.* 1987). Small farms diversify within the coffee plantations (diverse shade composition) whereas big farms diversify at the field level (different activities in separate plantations). Unlike coffee plantations in Mexico, where several species of *Inga* are used as "service" shade trees (Jiménez, 1979; Gallina *et al.*, 1996), only one "service" shade species (*Erythrina poeppigiana)* is used in Turrialba. Numerous timber shade species are used in Ecuador (Peck and Bishop, 1992) whereas only *Cordia alliodora* is used in the study region, usually as a second story over *E. poeppigiana*. (Somarriba 1990; Beer 1995).

Conclusions

Farm socio-economic conditions affect the composition of the shade canopy in the studied coffee plantations. Diversity decreased as coffee management intensity and farm size increased. Small farms diversify at the level of shade canopy and big ones at the field level (different crops in different areas). Principal component analysis to select the most explanatory variables followed by cluster analysis and canonical discriminant analysis is recommended for the study of farm typologies. Four farm types were identified in this study, based on the functional composition of the shade canopy and the intensity of coffee management.

Literature cited

Beer, J. 1995. Efectos de los árboles de sombra sobre la sostenibilidad de un cafetal. Boletín PROMECAFE 68: 13-18.

Escalante F., E.E., Aguilar R., A. and Lugo P., 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 P., 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 P., L. 1986. El componente arbóreo en el sistema agroforestal "cafetal arbolado" en Costa Rica. *El Chasqui* No. 12: 17-22.

Gallina, S.; Mandujano, S. and González-Romero, A. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. *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, R.B. and Bishop, J.P. 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 P., R.M. 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.

TRADITIONAL COCOA AGROFORESTRY SYSTEMS IN WASLALA, NICARAGUA: ADOPTION OF TECHNOLOGY AND ADAPTATION TO LOCAL ENVIRONMENT AND PRIORITIES

R. Lok[1], D. Sandino[2]
[1]Development of Agroforestry Systems Unit, Area of Watersheds and Agroforestry Systems. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.
[2]Pro Mundo Humano, Managua, Nicaragua.

Resumen
Se presenta un análisis de los factores que influencian la adaptación de las recomendaciones de manejo hechas con el propósito de combatir la *Moniliasis roreri* en los cacaotales de Waslala, Nicaragua. A través de una regresión por pasos se identificaron cuatro variables bio y geofísicas que explican la incidencia de *M. roreri*, coincidiendo con una estrategia campesina de planificar y manejar los cacaotales de acuerdo a su criterio de regulación de agua y humedad. Por el otro lado, parece haber una selección consciente de las especies de sombra. Ambas estrategias resultan en un sistema de producción relativamente barato y sostenible a través del tiempo, el cual funciona de amortiguador en momentos de crisis.

Palabras claves: local knowledge, *Moniliasis*, shade trees, *Theobroma cacao*

Introduction

The municipality of Waslala, Nicaragua has about 40.000 inhabitants, 80% of which have been resettled in the area at the beginning of this decade. Most of the population lives in the rural areas under precarious circumstances. The production of cocoa (*Theobroma cacao*) in the area was severely affected by the arrival of Monilia (*Moniliasis roreri)* in the 80's. Programs to improve cocoa production have included the introduction of management practices to control the fungus. As of 1996, some NGO's have established collection sites in the area and have been able to sell the cocoa on behalf of the farmers at better prices. This not only helped increase the local farmer's income, but also stimulated a better management of the cocoa systems (Unión Europea 1994; Thienhaus 1992). Although the practices introduced to control Monilia have been widely accepted in the area, none of the farmers have actually applied them to the letter: each seems to adapt the recomendations to his priorities and options which are in part determined by the bio- and geophysical circumstances of his plantation. The main objective of this study was to analyze how this is done and why.

Methodology

Initially 60 cocoa producing farmers, that had received training in improved cocoa management, were selected in four communities in the area of Waslala. Basic social, economic and cocoa management information was collected by means of a questionnaire. A second sample of 20 farmers was randomly selected from this first group for an in-depth study of the characteristics of their cocoa plots. Furthermore, to get an insight into the relative importance of cocoa production, these 20 farmers were asked to draw maps of their

farms and rate the different systems or resources according to their own criteria. Field data was collected from February to July 1998.

Descriptive and inferential statistical procedures were used to analyze the data. The relation between the incidence of Monilia and variables related to management and geo-physical characteristics (including distance between cocoa trees, height of first cocoa fork, percentage of shade, presence of water sources, area destined to cocoa and total area) were analyzed through a stepwise regression of the data obtained from the 20 farmers of the second example (Freund and Littell 1986).

Results and discussion

The main opinions of the farmers about cocoa were that it yields better profits, covers losses and requires less investment in relationship to their other main agricultural products. For all three criteria, the cocoa was compared with maize and beans, that were produced mainly for own consumption, while the cocoa harvest is destined almost entirely to the generation of cash income. Furthermore, the vulnerability of the production of staple foods in the area was accentuated in 1998 by the enormous drought (caused by 'El Niño') and the subsequent fires. Farmers suffered losses of their staple food production and some families had nothing else to live on other than the income generated by the cocoa harvests. Additionally, to obtain acceptable production, fertilizers and some chemicals have to be applied to maize and beans, while the cocoa plots provide acceptable production with management inputs only, consisting mainly of labor. Thus, cocoa production was relatively cheap with the capacity to act as a 'buffer' in time of need. It is in this light, that the management and the characteristics of the cocoa plots has to be analyzed. The conscious combination of characteristics (species and bio- and geo-physical characteristics) enabled the farmers to obtain sustainable production with little input year after year.

Expected yields of dry cocoa beans vary from 0 to 1700 kg ha^{-1} yr^{-1}, with 70% of the plots yielding 500 kg ha^{-1} yr^{-1} or less, with a global average of 416 kg ha^{-1} yr^{-1}. This coincides with expected yields in cocoa with minimum management (300-500 kg ha^{-1} yr^{-1}) (Alvim, 1977). Unexpected differences were found between the yields per ha declared by the farmers and observed yields during the first production peak. In more than 70% of the cases, the differences between the declared and observed yield were small or negative, implying that last year's yield over the whole year was no more than this year's yield from one major harvest. This incongruancy could be explained by the fact that the farmers are not giving correct information on their yields, in combination with the fact that "El Niño" may have affected the production cycle of the cocoa plots. Considering the insecure living circumstances in the area (kidnapping, murder and theft) and the possible debts incurred with the NGO's that helped improve cocoa management, it is more than likely that many farmers are not willing to reveal their correct cocoa yields. To get an idea on the probable yield patterns during 1998, it was necessary to resort to monthly data on cocoa received by NGO's during 1997 and assume that the pattern of delivery over one year would reflect the average local yield pattern obtained by farmers that delivered their cocoa to the NGO (which includes the present sample). Through this delivery pattern, which clearly showed two main peaks in 1997, a quotient (3.55) was estimated to calculate real 1998 yields from the observed yield data of one harvest peak.

More than 70 species of shade trees were identified in the plots of the 60 farmers. Of these, only 8 species were found in 15 (25%) or more plots. Guaba (*Inga* spp.), a woody legume, was found in 44 (73%) of the plots with higher frequencies than any other tree species (2096 trees reported). Laurel (*Cordia alliodora*) was identified in 43 plots, but at much lower frequencies (863 trees reported) than *Inga* spp. The following were also important, but were all at even lower frecuencies: aguacate (*Persea americana*) in 31 plots; mango (*Mangifera indica*) in 27; majagua (*Thespesia populnea*) in 22; naranja (*Citrus sinensis*) in 20; and cedro (*Cedrela odorata*) and pejiballe (*Bactris gasipaes*) in 15 plots. Many of the species were identified as being of multiple use, the most common uses (besides shade) being firewood, fruit and timber (mainly for own consumption). Some species provide very specific services: majagua for instance, is used to provide fiber for rope; laurel, muñeco (*Cordia* sp.) and guano (*Ochroma lagopus*) are used to make rooftiles and the trunk of the guarumo (*Cecropia insignis*) is used to pipe water, while the leaves are used for wrapping "tamales" (traditional maize-based meal). Interestingly, although madero negro (*Gliricidia sepium*) is recognized by some farmers as a species that contributes organic fertilizer, *Inga* spp. is only attributed use as shade and firewood. Not withstanding this, farmers must have observed the positive effects of the association of cocoa with *Inga* spp., which has led them to consciously select and manage this species in greater quantities than other species in their plots. For instance, a farmer whose expected yield is very high (1700 kg ha^{-1} yr^{-1}), reported 100 *Inga* spp. and 50 *G. sepium* along with another nine tree species at much lower frequencies in his plot of 0.35 ha. Roskoski (1981), reported N fixing properties of *Inga jinicuil*, in association with coffee. The properties and services of the *Inga* spp in the plots in Waslala should be anayzed in future studies.

Considering the fact that the dry cocoa was sold at more or less one US $ per kg, and that the minimum wage in the area was US$ 2,50 per day (which amounts to US$ 600 per year with 20 working days per month), 40 % of the cocoa producers in the sample covered one or more minimum wage with their total expected cocoa yield per year, while another 40% covered less than half of one minimum wage.

The differences in yields per ha among the farms are related to the incidence of Monilia and bio and geophysical circumstances. There is no significant relationship between the incidence of Monilia and the management practices diffused in the area regarding the removal of infected fruit, the pruning of the cocoa tree and the pruning of the shade trees. Most farmers remove the infected fruit about once every two weeks. Only six of the 20 (three with a high incidence of Monilia and three with a low incidence) remove the infected fruit once a week (or more) as recommended. Pruning of the shade trees is also done less frecuently than recommended, but surprisingly, the pruning of the cocoa trees (excluding the crowns) is done much more frecuently than recommended.

The model identified the open state of the crown of the cocoa trees ($p<0.01$), the presence of water sources ($p< 0.10$), the altitude (masl) of the plots ($p<0.01$) and the total area of productive cocoa ($p<0.001$) as the variables that explain the incidence of the Monilia ($p< 0.001$ for the model with a multiple regression coeficient of $R^2 = 0.74$). The main characteristics of plots with a low incidence of Monilia included a tendency to manage a closed cocoa crown, have no water sources running through or bordering the plots and of

being relatively small plots on flat ground. Although no significant relationship was found between the percentage of shade generated by the shade trees and the incidence of Monilia, there is a tendency to encounter a more uniform amount of shade of between 20 and 35% in plots of eight years and older. On the other hand, there is also a tendency towards finding more closed cocoa crowns in the same plots.

Farmers deliberately choose the sites to establish their plots and managed the crowns of their cocoa trees according to the presence of water sources (and thus the levels of humidity). If they have water running through or bordering the plot, they will tend to open the crown of the cocoa and let more light through. If this is not the case, they prefer to let the crowns close, thus protecting the cocoa from dehydration and at the same time protecting the soil from erosion. Under these circumstances, weeding is also needed less frequently. As one farmer expressed himself clearly: "I was told to establish my plot here on this piece of flat ground next to the river, because this was the best place according to the extensionist, but I regret having done so. Next time I will establish my plot far from the river on the slope. This will give me less work, while still producing an acceptable amount of cocoa."

Farmers are well aware that opening up the crown of the cocoa trees and thus letting in more light, will stimulate the production, but many are not willing to risk sustainability over time. A striking example of the extreme consequences of having opened up the crown of the trees to stimulate production is the case of one farmer, whose cocoa have come under so much stress through dehydration due to drought in 1997-98 that the trees literally dried out, not yielding any fruits.

Conclusions

For the local farmers in Waslala, Nicaragua cocoa plantations are an important production sub-system for the generation of cash and products for home consumption, such as firewood, fruit and timber. Cocoa is seen as complementary and a buffer to other agricultural crops on the farm, making it's sustainability over the years a necessity, which in great part determines the way it is managed. Through a mixture of acquired, adapted and local knowledge, the farmers produce cocoa in a relatively cheap and sustainable way. Management strategies include a conscious selection of shade tree species, as well as the management of bio- and geo physical site characteristics. The main shade trees selected are *Inga* spp and *Cordia alliodora*, which are multipurpose trees, followed by several fruit species. Extension projects should take into account farmer's criteria and views on the establishment and management of plots.

Literature cited

Alvim, P. de T. 1977. Cacao. In: Ecophysiology of tropical crops. London, Academic Press. pp. 279-313.

Freund, R.V. and Littell R.C. 1986. SAS System for Regressions, 1986 edition, Cary, N.C.: SAS Institute Inc.

Roskoski, J.P. 1981. Nodulation and N_2-fixation by *Inga jinicuil*, a woody legume in coffee plantations: I measurements of nodule biomass and field C_2H_2 reduction rates. Plant and Soil 59:201-206.

Thienhaus, S. 1992. Diagnóstico nacional del cultivo de cacao en Nicaragua. IICA. Serie de publicaciones misceláneas.

Unión Europea 1994. Programa operativo anual (internal document).

PRODUCTIVITY, LABOUR AND VARIABLE COSTS OF ORGANIC VERSUS CONVENTIONAL COFFEE SMALLHOLDINGS IN COSTA RICA

A.E. Lyngbæk[1], R. G. Muschler[2], F. L. Sinclair[1]
[1]University of Wales, Bangor
[1]Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Systems Area. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica

Resumen
Productividad, mano de obra, costos variables y prioridades, limitaciones y temas de investigación definido por productores, fueron comparados entre diez cafetales orgánicos y diez cafetales convencionales en Costa Rica. Debido a las altas productividades de las cinco fincas convencionales, estas produjeron, en promedio de tres años, aproximadamente 25% más café ha^{-1} que el grupo orgánico. Sin embargo, cinco fincas orgánicas superaron la producción de sus parejas convencionales. Aunque el grupo orgánico usó más mano de obra (691 horas versus 495 horas ha^{-1} $año^{-1}$), los costos variables eran parecidos para ambos grupos. Para ambos grupos, la limitante clave fue precios bajos e inestables de café.

Palabras claves: Coffee yield; limitations; producer priorities; price premium

Introduction
Traditional coffee systems, known for their structural and functional diversity (Perfecto *et al.* 1996), are increasingly replaced with unshaded coffee or coffee shaded by a single species (Rice and Ward 1995, Beer *et al.* 1998). Aside from biodiversity loss, these latter systems, referred to as conventional (industrialised) coffee production, are linked to soil degradation, environmental pollution and health problems (Rice 1991, Fassbender 1993 and Boyce *et al.* 1994). For small and medium producers in particular, relying on purchased inputs and often a single source of income, also involves a serious economic risk due to high variable costs and low and unstable world market prices for coffee.
In contrast, organic coffee production, based on diversity, recycling, biological processes and mimicry of natural habitats (see for example IFOAM 1996 and Figueroa-Zevallos *et al.* 1996) can eliminate most, if not all, of the externalities related to conventional systems. The spread of production and consumption of organic produce, particularly in the North, suggests that organic agriculture can be economically viable. The main objectives of this study were to compare the goals, design, management and production limitations in organic and conventional coffee systems, and to evaluate their impacts on the health and productivity of coffee plants, labour requirements, costs and income. This paper presents preliminary data on productivity, labour use, variable costs and producer priorities, as well as research topics suggested by the producers.

Methodology
Ten pairs of organic and conventional coffee farms (< 7 ha) were selected in different agroecological zones in Costa Rica. Data were collected through farm visits and interviews with producers. The criteria for selection of the organic farms were: a) at least two years under organic management; b) active, rather than passive management; and c) that the majority of coffee plants were in production. Criteria *b* and *c* also applied to the

conventional farms. Due to a scarcity of organic coffee farms with the desired attributes, the organic sites (followed by the conventional) were selected purposively rather than randomly. The pairing of case studies was based primarily on vicinity, altitude and plantation size.

Results

Productivity

Since coffee plant density in some cases differed between conventional and organic farms, yields were compared per area and per plant. Due to zone variability and the biannual cropping pattern of coffee, yields differed widely during the three years both between and within farm pairs. Half of the organic farms had a higher three year mean yield per ha than their conventional counterpart. Comparisons made with yields per ha vs per plant differed substantially for six farm pairs, in several cases as a result of lower coffee densities following intercropping with fruit trees in organic systems, included for additional income. The three year mean yield ha^{-1} of the organic group was roughly a quarter lower, as well as more variable, than that of the conventional group.

Labour use

The mean labour use in 1997-98 per hectare was 691 hours for the organic and 495 for the conventional group. Weed control was the single most time-consuming activity for both groups. Despite the use of herbicides in combination with manual weeding, the conventional group spent more time controlling weeds than the organic, which relied only on manual weeding - 144 hours ha^{-1} yr^{-1}, equivalent to 29% of total labour use, as opposed to 132 hours ha^{-1} $yr^{-1}$and 19% for the organic group. The second most time-consuming activities were pruning for the conventional farms and fertilisation for the organic. The latter group on average used over five times more labour for fertilisation (collection of organic material, production and application) than the conventional farms, which relied almost exclusively on chemical fertilisers. Since the majority of the case study farms depend largely upon family labour, it is likely that the extra time used for fertilisation on the organic farms reduces time available for pruning and other management activities.

Variable costs

The total mean annual variable costs per hectare in 1997-98 was 4.5% higher for the organic group than for the conventional. In both cases, the predominant cost was labour. The conventional group spent relatively more money on harvesting, while the organic farms spent more on management (weed and pest control, fertilisation, planting, pruning, soil conservation). Due to a stronger reliance on purchased inputs, the conventional farms had a proportionally higher expenditure on fertilisers and chemical plant protection. When the cost of labour spent on preparing the organic fertilisers was allocated to the fertiliser category, the size of this category became similar for the two groups.

Producer-defined limitations, objectives and research priorities

The conventional producers identified low and unstable prices of coffee as the major limitation to sustained coffee production. Low prices were likewise cited by the organic producers. This was partly due to too few certified organic coffee processing plants, which forced some organic producers to sell their coffee as conventional, thereby foregoing a

premium price. Moreover, the scarcity of organic processing plants generally resulted in low premium prices being offered in an essentially monopolistic market. A second limitation cited by the organic producers was a lack of on-farm recyclable inputs, such as vegetative material and animal manure. The research topics suggested by the conventional producers focused on alternative marketing to control low and unstable prices. In contrast, the topics proposed by the organic producers were related to the production of coffee according to organic principles, namely nutrient management, weed and pest prevention and control. This focus on production may indicate a lack of basic information about the ecology of organic systems.

The future farm goals of both groups are focused on increasing farm output. For the conventional farms, this is sought through further intensification, while the organic producers focused on increased diversity, nutrient cycling, soil conservation and shade, as a means of improving farm performance. The development of on-farm coffee processing plants and alternative marketing schemes for organic coffee was also a priority for the future.

Discussion and conclusion

There were more intercropped trees in the organic plantations. Aside from the generally higher levels of shade, lower levels of nutrient input and insufficient pruning (of coffee and trees) in the organic systems were probably the main reasons for reduced yields. As the total variable costs were similar for the two groups, the organic producers require on average at least a 23% premium price to compensate for yield reductions (plus an additional premium to cover certification-costs). The degree to which the income from intercropped trees compensated for coffee yield reductions in organic systems is presently unknown. If the conventional farms are not themselves economically sustainable, as indicated by the producer-defined limitations, their income-level is inappropriate as a base-line for the organic producers. The limitations and goals expressed by the organic group suggest that farm productivity and system development according to organic principles are restricted by a lack of labour and financial resources. The adopted methodology is faster and requires less time, labour and money than long term field experiments to produce potentially relevant results.

Literature cited

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 and Bonilla OS (1994) Café y Desarollo Sostenible: del Cultivo Agroquimico a la Producción Orgánica en Costa Rica. Universidad Nacional. San José, Costa Rica, 248 pp

Fassbender HW (1993) Modelos Edafológicos de Sistemas Agroforestales. Proyecto Agroforestal CATIE-GTZ. Turrialba, Costa Rica, 491 pp

Figueroa-Zevallos R, Hömberg BF and Rosskamp-Ripken R (1996) Guia para la Caficultura Ecólogica - Café Orgánico. Novella Publigraf S.R.L. Lima, Peru, 167 pp

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 pp

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 pp

MICROENVIRONMENT AND AIR BOURNE *Moniliophthora roreri* SPORE NUMBER IN COCOA PLANTATIONS SHADED BY THREE DIFFERENT LEGUMINOUS TREE SPECIES

L. Meléndez
Journal Production Unit, Area of Communication and Informatics. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.

Resumen
Se estudió el microambiente (temperatura y humedad relativa) y la cantidad de esporas de monilia bajo tres diferentes especies de sombras leguminosas con cacao. Los muestreos de esporas de monilia en cada tipo de sombra fueron hechos con trampas de cilindro fijo; se realizaron muestreos a lo largo del día y durante un año. Aunque las diferencias no fueron significativas, bajo la sombra de poró se dieron los mayores cambios microambientales. También bajo poró se encontraron las mayores poblaciones de esporas de monilia a lo largo del tiempo ($p > 0.01$) y del día ($p > 0.01$); los tratamientos de madero y guaba no se diferenciaron entre si.

Palabras claves: Cocoa, Costa Rica, diseases, fungus, leguminous, *Moniliophthora roreri*, shades, spores,

Introduction

The fungus diseases of cocoa (*Theobroma cocoa*, L.) are the most important cause of yield loss. The fungi *Moniliophthora roreri* (Cif & Par.) Evans *et al.* (Monilia) causes losses of up to 90% of the fruits in the countries of Tropical America where it is present (Galindo, 1984; Enríquez, 1987; Aranzazu, 1982). From 1978, the year when the disease first appeared in Costa Rica, many investigations have been carried out to seek control methods (Campos, 1988).

Chemical combat is not a viable alternative due to the high cost. Genetic resistance and antagonistic methods are a still being developed. Cultural practices have been one of the most commonly recommended mechanisms to control Monilia, and different strategies have been evaluated. Some are designed to decrease the sources of fungal spores; others are designed to manipulate the microenvironment of the plantations. Shade regulation is one of the most important recommendations within the strategies for handling the microenvironment for Monilia control. However, it is still not clear how shade regulation affects microclimates, and how this in turn affects fungal dispersion and infestation (Phillips, 1991).

The growth, shade type and management of the canopies of the trees influences the microenvironment of the cocoa plantations, and probably the development and incidence of Monilia. It is important to study these interactions in order to propose specific recommendations for Monilia control through shade management in agroforestry systems with cocoa. The objetive of this investigation was to determine if, under different managed leguminous shade trees, there were changes in the microclimate (relative humidity, temperature) and to sample the monilia spore population throughout the day below different shade types.

Methodology

The investigation was carried out in the lowland humid Caribbean plains of Costa Rica, between December 1992 and November 1993. The shade species used were: *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Madero), *Inga edulis* Mart. (Guaba) and *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook (Poró). The experiment was carried out in Margarita, Talamanca, Costa Rica (12 masl, annual average temperature of 26.5°C, annual precipitation of 2,319 mm and a relative humidity of 84%). There is no defined dry period. The soil of the experimental site was classified as a Endisol with imperfect natural drainage. The original experiment was established in 1988 with the objetive of evaluating the effect of different leguminous shade species on the production of six interclonal crosses of cocoa.

A randomized complete block design was used (three repetitions) with a split-plot arrangement where the shade species were the main plots and the interclonal cocoa crosses the split-plots. Each plot had 36 shade trees and 100 cocoa trees. The central evaluation plot included 16 shade trees and 36 cocoa trees; the interclonal crosses were distributed at random within the main plot but they were analyzed as split plots. The shade trees were planted at spacing of 6 x 6 m and the cocoa at 3 x 3 m.

Shades trees were pruned from two years age. In all species, a single stem was left and the pruning intensity depended on the growth rate and form of each of the species. Madero produced multiple stems and low branches that were eliminated. In guaba, the forks of the main stem were eliminated; low branches and branches interlaced with adjacent shade trees were cut. In poró, one stem was left, but capped at 7.5 m height, and low branches were removed.

Fixed cylinder traps were used (Jenkins, 1974), with modified materials to adapt them to the local conditions and to reduce costs. The trap consisted of a tube of plastic of 41.5 cm long x 1 cm wide. In the centre of the tube, an adhesive tape was placed with the adherent part toward the exterior so that the conidia were captured in all directions. A protector was used against the rain.

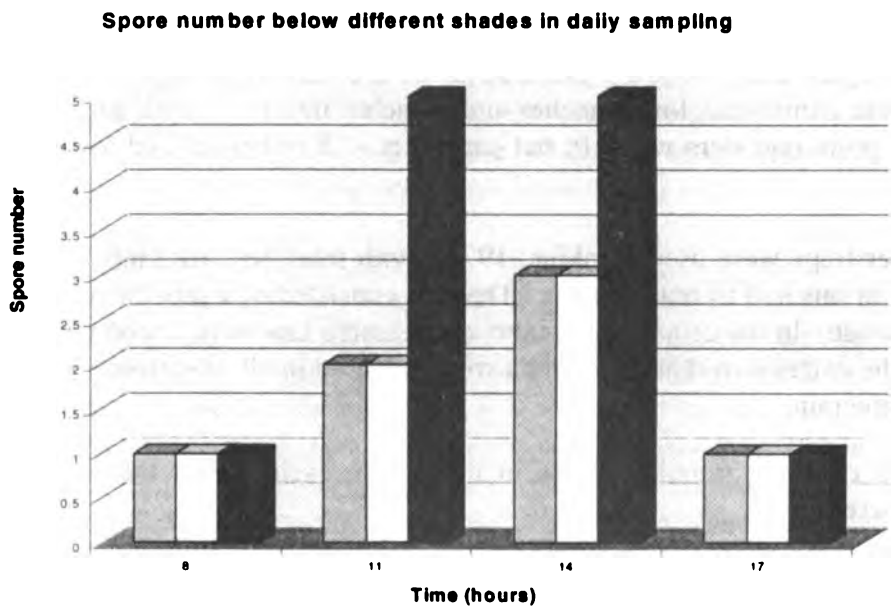
Two ways of counting monilia spores in the air, in each one of the established shade treatments, were used:

1. Three hourly sampling, to evaluate daily spore dynamics (5 a.m. to 5 p.m.). In a single block of the experiment, 18 traps were placed, six in each shade type. Each trap was placed between four cocoa trees in the central part of the plot. The adhesive tapes were distributed at 5 a.m. and removed at 8 a.m.; the tapes were immediately replaced and these new tapes were removed at 11 a.m. This process was repeated until 5 p.m. (three hour intervals). These measurements were carried out every 30 days.
2. Biweekly sampling, to evaluate monthly spore dynamics. The traps were established every 15 days and remained for eight days in the field. For every sampling period, 45 traps were placed, with five traps/plot located in fixed points, with a trap in each corner of the main plots and a fifth trap in the center of the plot.

Spore counting methodology was that recommended by Campos (1988). Monilia conidia were tinted with Aniline Lactophenol at 0.1% in order to count the spores using a microscope. The meteorological variables (relative humidity and temperature) were evaluated every two hours in each treatment of only one block using a hygrotermograph (WILH LAMBRECHT) placed at 1.5 m height between the cocoa and the shade tree.

Results

The lowest average temperatures of 24°C were recorded under the poró; madero's average temperature was 25°C and guaba registered the highest averages of 26°C. Relative humidity was lowest under poró. The spore quantity increased significantly during the harvest period (December and April). The highest spore populations were registered below poro shade; results below madero and guaba were similar during the evaluation period.
In the daily sampling, the biggest capture of monilia spores occurred between 8 a.m. and 2 p.m. especially under poro treatments (Fig. 1).



Conclusions

1. Although not significant, temperature and relative humidity differences were recorded at different times of the day and between the shade types.
2. The relationship between the temperature and the movement of spores indicated that their liberation occurs above 29°C. (10 a.m.)
3. The relationship between relative humidity and the movement of spores indicated that their liberation occurred with a relative humidity between 71 and 74%, which occurred approximately between 10 a.m – 2 p.m.
4. Quantities of monilia spores found during the day under poró shade were greater than under madero and guaba shade.

Literature cited

ARANZAZU, F. 1982. La moniliasis del cacao. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Programa de cacao. Manizales. Colombia. Mimeografiado. 18 p.

CAMPOS, L.F. 1988. Estudio sobre la Epidemiología de la moniliasis del cacao causada por Moniliophthora roreri. Tesis. Ingeniería Agronómica con énfasis en fitotecnia. Escuela de Fitotecnia. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica.

ENRIQUEZ, G.A. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. ISBN 9977. Turrialba, Costa Rica. Serie materiales de enseñanza. CATIE N°22. 239 p.

GALINDO, J.J. and ENRIQUEZ, G.A.A. 1994. Estrategias para el combate de la moniliasis del cacao. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Mimeografiado 30 p.

JENKINS, J.F. 1974. A comparaison of seasonal changes in deposition of spores of *Erysiphe graminis* on differente trapping surfaces. Annual Applied Biology (G.B.) No. 76:257-267.

LITTLE and HILLS F.J. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Centro Regional de Ayuda Técnica. AID. México.

SAS. 1988. Institut Inc. SAS/STAT. User's guide, Release 6.05 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1028 p.

ROOT DISTRIBUTION IN *Cordia alliodora* PLANTATIONS INTERCROPPED WITH *BACTRIS GASIPAES* IN SAN CARLOS, COSTA RICA

A. Schlönvoigt[1], M. Schlönvoigt[2]
[1]Development of Agroforestry Systems Unit, Watersheds and Agroforestry Systems Area CATIE, Turrialba, Costa Rica.
[2]Consultant for Natural Resources Management, Apdo. 88, CATIE 7071, Turrialba, Costa Rica.

Resumen
En este estudio de caso en San Carlos, Costa Rica, en suelos Oxic Dystropept compactados debido al sobrepastoreo durante 18 años, el crecimiento de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken de nueve años de edad, asociado con *Bactris gasipaes* H.B.K. de un o dos años de edad, fue mayor en diámetro del tallo a la altura del pecho (con *B. gasipaes* de un año) y altura total (con *B. gasipaes* de dos años), comparado con una plantación pura. Sin embargo, la asociación con *B. gasipaes* redujo la densidad de biomasa de raíces finas de *C. alliodora* en el suelo superficial.

Palabras claves: compacted soils, plant nutrition, reforestation, root competition

Introduction
In San Carlos, Costa Rica, the native species *Cordia alliodora* (Ruíz & Pavon) Oken (salmwood, laurel) is abundant in secondary vegetation, forest plantations and agroforestry systems. As a pioneer, it establishes easily on abandoned agricultural lands. The wood is used for construction and furniture and has a high value on the national market. The species requires fertile and well drained soils. Marginal soil conditions are frequently responsible for its poor development (Schlönvoigt and Schlönvoigt 1999). Soils with poor structure, as a result of overgrazing and compaction, are frequently the reason for the stagnation or mortality of natural or planted stands of *C. alliodora*. This effect was observed on the study farm in San Carlos, where about 90 ha of pastures exploited by intensive cattle grazing for 18 years, had been afforested with this species in 1989. Six years after establishment, trees obtained a mean stem diameter at breast height (dbh) of 13.6 cm and a mean tree height of 11.6 m, values equal to the mean growth values reported by Somarriba and Beer (1986) for *C. alliodora* in agroforestry systems. However, tree leaves already showed symptoms of nutrient deficiency and the farm manager complained about high mortality rates in these *C. alliodora* plots. In order to improve the tree growth by frequent fertilisation and weeding, and to increase the profitability of the plantations through combined crop and wood production, in July 1996 and 1997, a total area of about 5 ha of the *C. alliodora* plantations were associated with *Bactris gasipaes* H.B.K. (peachpalm, palmito), a source of palmhearts which are produced for international markets. The farm manager reported encouraging results, based on a mean increase in dbh of *C. alliodora* during a twelve month period from 1997 to 1998 of 1.3 cm in a pure plantation and 2.7 cm in the agroforestry plot planted with *B. gasipaes* in 1996 (30 sample trees per plot). Therefore, in September 1998, three permanent observation plots of 2000 m² each were established: one in a pure *C. alliodora* plantation; and two in the agroforestry plots with one and two-year-old *B. gasipaes* (60 *C. alliodora* associated with natural weeds dominated by Gramineae or 1000 *B. gasipaes*, respectively). The major hypotheses to be tested in future research are: 1) the agroforestry technology improves tree growth compared to pure plantations until tree harvest; 2) the

superficial and extensive root system of *B. gasipaes* displaces *C. alliodora* roots into deeper soil layers; and 3) the *B. gasipaes* roots improve the soil structure which favours the growth of *C. alliodora* roots.

Methodology

The study site is located in the lowlands of San Carlos, Alajuela Province, Costa Rica at 10°37' N, 84°28'E. The experimental plots occupy a flat area, with slopes less than 3%. The lifezone is characterised as Humid Tropical Lowland to Premontane Forest. The annual precipitation ranges from 2740-3100 mm, the annual temperature from 25-27°C. The potential evapotranspiration averages 1710 mm and causes a water deficit from February to April. The soils are classified as Oxic Dystropepts. The top soil of the experimental plots is rich in clay and organic matter, but low in nutrients.

The *C. alliodora* plantations (provenance "San Carlos") were established with stumps at a spacing of 2.5x2.5m. The site preparation included manual and chemical weeding, but no soil tillage or fertilisation. Plant holes were prepared with a soil borer. Further weed control was realised manually. Three thinnings were realised after five, six and seven years resulting in a final density of about 300 trees ha^{-1} in the area of the experimental plots. The associated vegetation of the pure plantation plot was dominated by native grasses; especially *Ischaemum ciliare* (ratana). In the agroforestry plot, *B. gasipaes* (Variety "Utilis Tucurrique") was planted as seedlings, obtained from a local nursery, at a spacing of 2.5x0.8m. The crop rows were established between two original tree rows which led to a tree-crop distance of 1.25m (Figure 1). The *B. gasipaes* was fertilised with mineral fertiliser (N-P-K-Mg-Ca) and additional N following the local commercial management of this species. During the establishment period, intensive manual weeding was required, while two years afterwards, weeds were mainly surpressed by shade.

For the first inventory of the permanent plots, tree height, dbh, crown height and diameter were measured. The mean *B. gasipaes* height of the stand was estimated based on ten sample plants per plot. In order to obtain a first approximation of the relative root distribution of *C. alliodora* in each of the different systems, tree, weed and *B. gasipaes* roots with a diameter < 5 mm were sampled in the top soil, where *C. alliodora* and *B. gasipaes* generally accumulate most roots. The samples were extracted in four directions around one *C. alliodora* tree per plot (two within and two across the tree row) at three distances (60, 120 and 180 cm from the trunk) and from three soil layers (0-5, 5-10 and 10-20 cm). For every 5 cm of soil layer, a subsample of 100 ml of the soil core was taken for root analysis. The surplus soil of each sample was used for soil analysis. Root length and diameter classes were measured with the image analysis programme "WinRhizoPro" (Regent Instruments, Canada). Root dry matter (DM) was obtained after drying for three days at 70°C.

The mean values of tree height and dbh, obtained in September 1998 for each of the three experimental plots, were compared with the LSD-Test, though it is recognised that site differences could have contributed to differences between these unreplicated plots. The root and soil data were not analysed statistically due to the limited data, obtained from one sample tree per plot without replications. Root length density (RLD: cm l^{-1} soil), root

biomass density (RBD: g DM l^{-1} soil) and relative RBD (RBD_{rel}: species RBD x 100/total RBD) were calculated and analysed graphically.

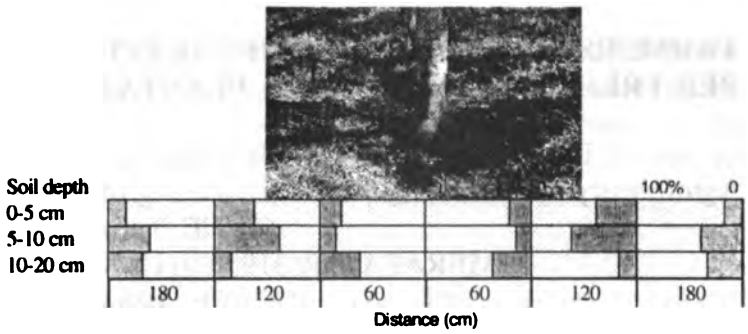
Results and discussion

Mean tree height and dbh in monoculture and in association with one or two year-old *B. gasipaes* were 16.9, 17.1, 18.6 m, and 19.4, 21.6, 19.5 cm, respectively, where differences between the major value and the other two values were statistically significant (LSD-Test; $p < 5\%$). These values confirm previous observations of increased *C. alliodora* growth in agroforestry plots compared to pure plantations due to weeding and fertilisation of the associated crop; e.g. Lucas et al. (1995).

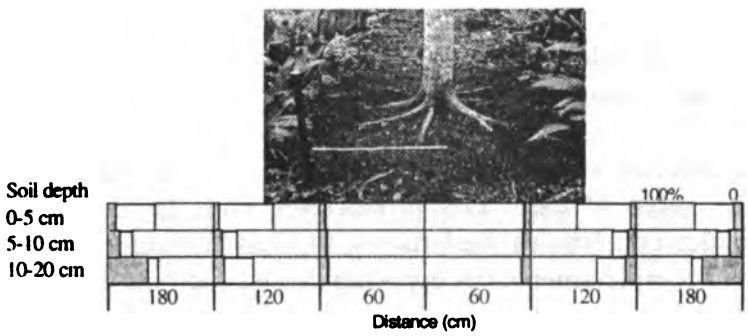
The fine root distribution in the top 20cm of the soil showed decreasing root length density (RLD) and root biomass density (RBD) with soil depth. This was more obvious in the case of *B. gasipaes* than *C. alliodora*. Most roots accumulated in the layer 0-5cm. In the monoculture plot, the distance of the sample point to the tree had no mayor influence on RLD and RBD of the *C. alliodora* roots. Lopez et al. (1999) also found no relationship between fine root density and the distance between tree and sample point for *C. alliodora* of the same dbh class in association with *Panicum maximum*. The sample tree of the pure plantation and the agroforestry plot with one-year-old *B. gasipaes* had higher RLD and RBD than the sample tree of the agroforestry system with two-year-old *B. gasipaes*. 98% of total *C. alliodora* root length fell into the diameter class <0.5mm. while 82.5% of the total root length of *B. gasipaes* was in the class >0.5mm. *C. alliodora* root length and biomass was greater close to the *B. gasipaes* rows, but differences of root distribution and corresponding soil fertility between sample points could not be proven due to the limited data base. Two years after planting, *B. gasipaes* roots had not grown into the tree row. The horizontal distribution of weed roots was generally uniform. The relative RBD of *C. alliodora* was affected by the replacement of the natural weed vegetation with *B. gasipaes* (Figure 1). The relative distribution of tree roots and weed roots in the pure plantation was not affected by distance from the tree row or soil depth. One year after establishment of the *B. gasipaes*, the relative weed RBD was strongly reduced, and *B. gasipaes* RBD was highest at 120 and 180cm distance from the *C. alliodora*. Two years after planting the *B. gasipaes*, its roots already dominated the 0-5cm layer, while *C. alliodora* more or less maintained its dominant position below 5cm. These preliminary results indicate that the strong *B. gasipaes* roots seem to displace the *C. alliodora* roots from the soil surface layer. Nevertheless, *C. alliodora* growth responded positively to the association with *B. gasipaes*.

Conclusions

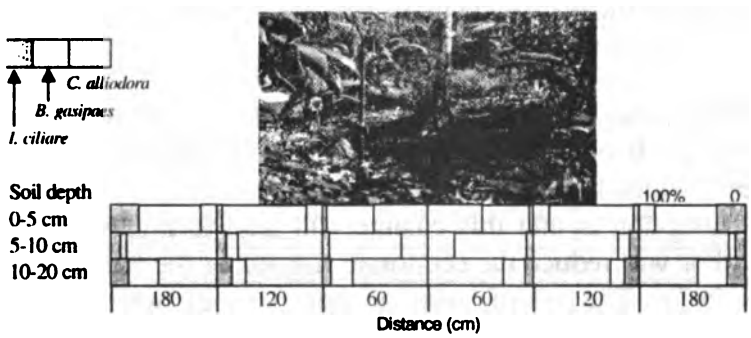
Based on the early results of the association of *C. alliodora* with *B. gasipaes* on marginal soils, this agroforestry technology appears to promote *C. alliodora* growth and to be able to increase the total productivity of the soil. Nevertheless, the relationship between soil, root and shoot growth, as well as interspecific competition between components, needs further research. The potential production of *B. gasipaes* as an intercrop in forest plantations and its direct or indirect effects on soil characteristics and tree roots are unknown and should be analysed before making future recommendations of this promising agroforestry system.



Cordia alliodora in association with weeds dominated by *Ischaemum ciliare*



Cordia alliodora in association with one-year-old *Bactris gasipaes*



Cordia alliodora in association with two-years-old *Bactris gasipaes*

Figure 1. Relative distribution of tree, crop and weed root biomass density (RBD) at three distances from the trunk and three soil depths in the tree-crop-interface of *Cordia alliodora* plantations in San Carlos, Costa Rica (in each field RBD is 100% stacked, comparison of contribution of each species to total RBD)

Literature cited

Lopez, A.; Schlönvoigt, A.; Ibrahim, M; Kleinn, C.; Kanninen, M. 1999. Cuantificación del carbono almacenado en un sistema silvopastoril en la Zona Atlántica de Costa Rica. In: Memorias de la IV. Semana Científica de CATIE. p. xx-xx. CATIE, Turrialba, C.R.

Lucas, C.; Beer, J. and Kapp, G. 1995. Reforestación con maderables. Sistemas agrosilvi-culturales vs plantaciones puras en Talamanca, CR. Resultados agrícolas y forestales. Serie Técnica Informe Técnico 243, CATIE, Turrialba, CR

Schlönvoigt, A. and Schlönvoigt, M. 1999. Propagation methods for *Cordia alliodora* on pastures and croplands in the tropical lowlands of Costa Rica. Submitted to Agroforestry Systems

Somarriba, E. and Beer, J. 1986. Dimensiones, volúmenes y crecimiento de *Cordia alliodora* en sistemas agroforestales. Serie Técnica. Boletín Técnico 16. CATIE, Turrialba, C.R.

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

F.C.Tavares[1], J. Beer, F. Jiménez[1], G. Schroth[2], C. Fonseca[3]
[1]Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Systems Area.
CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica
[2]EMBRAPA C.P. 319,69011'970 Manaus-AM, Brazil.
[3]ICAFE , Pérez Zeledón, Costa Rica.

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* fue identificado como la especie con más desventajas. Sus preferencias se basan principalmente en la facilidad de manejo de los árboles y sus efectos sobre el café. Los productores consideran que el programa de reforestación en cafetales con árboles maderables, utilizando incentivos, tiene un enfoque forestal el cual no llena completamente sus espectativas, ya que para ellos el café constituye el principal componente del sistema agroforestal.

Palabras claves: coffee producers, shade trees, surveys, timber trees

Introduction

Coffee production represents 17% of the gross income from Costa Rican agricultural production (Galloway & Beer, 1997). Producers are gradually replacing traditional leguminous shade trees, which have low or no commercial value, with fast-growing timber species. The basic assumption is that this change will lead to higher incomes due to the timber production and/or will reduce the economic risk under the conditions of fluctuating coffee prices (Ríos, 1997). The use of some of these species, which are probably very competitive, may cause a severe decrease in yields of coffee plants located around the trees, due to competition for light, water and nutrients (Sánchez, 1994).

Documentation of the knowledge and experiences of the farmers with traditional and non-traditional shade species, such as *Erythrina poeppigiana* and *Eucalyptus deglupta* respectively, is important as the foundation for a new research program for any given zone. This study was designed to gather information from the farmers of Pérez Zeledón, Costa Rica on their experiences with the introduction and management of timber species in their coffee plantations. A critical evaluation of the existing coffee-shade tree systems was made in order to rapidly disseminate favourable experiences, to avoid repeating mistakes and to clearly define research priorities according to the reality and the needs of the producers.

Methodology

A survey was conducted from July to November 1998 in ten communities located in Pérez Zeledón. Annual average rainfall is 3853mm, with a dry season from December to March; average temperature is 25.7°C. Altitude ranges from 300 to 1000masl. Soils are classified as Ustoxic Palehumult. Based on lists of coffee producers in the zone, supplied by a cooperative, 30 farmers who had planted timber species in their coffee plantations were

selected. Through informal interviews, information was gathered on coffee production area, shade species used, characteristics of these species, reasons for planting timber species and techniques-strategies to control problems related to specific shade species. Interviews, using a previously prepared and tested list of open ended questions, were complemented with visits to the farmers' plantations.

Results

Most farms have a total area less than 20 ha. The areas devoted to coffee production and to the coffee-timber tree association were less than 10 and 5 ha, respectively (Table 1). All the surveyed producers received an incentive of about US$200 ha^{-1} for the establishment and management of timber species in their coffee plantations, as well as training on tree planting and management provided by technical personnel from the cooperatives. Technical recommendations were based on experience with pure tree plantations due to limited knowledge about optimum tree planting densities in coffee-timber agroforestry systems. Most farmers (93%) had applied fertilizers to the trees, mainly during the first three years after establishment but there was a high variability in terms of quantities and sources of fertilizers used. All producers had pruned the lower branches of the trees after the first year to provide more light to the coffee.

Table 1. Distribution of coffee farms in Pérez Zeledón, Costa Rica according to size.

Size classes	Farm size (number/class)	Coffee plantations (number/class)	Coffee-timber association (number/class)
<5 ha	11	19	29
5-10 ha	10	8	1
11-20 ha	5	2	0
>20 ha	4	1	0
Total	30	30	30

The timber species most frequently found in the coffee plantations were *E. deglupta*, *Terminalia ivorensis* and *T. amazonia*. These species were planted but some native species, mainly *Aspidoperma megalocarpon*, *Lafoensia punicifolia* and *Ocotea tonduzii*, were established through natural regeneration (Table 2.). *E. deglupta* was the most common species planted due to its fast-growth, adequate shade density for coffee, little lateral crown growth and small leaves that do not promote coalescence of rain drops which can damage the coffee plants (Table 3). However, some producers indicated that this species was susceptible to wind damage, had a very superficial root system that made replanting of coffee difficult and that it was attacked by termites when reaching greater diameters. In the case of *Terminalia* spp, the disadvantages reported by the producers included dense shade, the need for early thinning, a crown with a wide lateral extension and wind damage (breakage) of *T. ivorensis*. *Gmelina arborea*, despite being planted by six producers was considered an undesirable tree for association with coffee due to its dense crown which limited the transmission of solar radiation to coffee and increased rainfall impact on coffee (due to coalescence of drops on large leaves) which caused coffee flower and fruit drop and increased incidence of coffee diseases such as *Cercospora coffeicola* (chasparria) and ojo de gallo *(Mycena citricolor)*. Some contradictions were found in the opinions of the producers with respect to the effect of the introduction of timber species on coffee disease

incidence. One farmer, for instance, indicated that *T. ivorensis* favoured the incidence of *M. citricolor* and *C. coffeicola* while others had not observed any effect, possibly due to an intensive use of fungicides.

Table 2. Timber trees found in coffee plantations in Perez Zeledón, Costa Rica. 1998.

Scientific name	Common name	Number of farms	Establishment method	Location in the coffee plantation
Eucalyptus deglupta	Eucalipto	23	Plantation	Inside and borders
Terminalia ivorensis	Terminalia	13	Plantation	Inside and borders
Terminalia amazonia	Amarillón	19	Plantation	Inside and borders
Gmelina arborea	Gmelina	6	Plantation	Inside and borders
Pinus spp.	Pino	6	Plantation	Inside and borders
Cedrela odorata	Cedro	6	Plantation	Inside and borders
Meliosma spp.	María	6	Plantation	Inside
Schizolobium parahybum	Gallinazo	4	Plantation	Inside
Bombacopsis quinatum	Pochote	2	Plantation	Inside
Aspidosperma megalocarpon	Manglillo	6	Natural regeneration	Inside
Ocotea tonduzii	Ira	5	Natural regeneration	Inside
Lafoensia punicifolia	Cascarillo	4	Natural regeneration	Inside
Astronium graveolens	Ron Ron	2	Natural regeneration	Inside
Cordia alliodora	Laurel	2	Natural regeneration	Inside

Most farmers (73%) were hoping to sell the wood and/or use it for household consumption. In the near future, 43% of the farmers will continue planting timber trees in their coffee plantations, mainly eucalyptus, but they will not continue planting *G. arborea.* 33% of the farmers surveyed knew that the market for *E. deglupta* timber is poorly developed. However, they claimed that *Pinus spp., T. ivorensis, T. amazonia, C. odorata, G. arborea* and *S. parahybum* are easily marketable. Amongst these species, *E. deglupta* wood was considered to be of the lowest quality. Only 17% of the farmers knew the timber prices. Half of the farmers surveyed did not have a clear idea on how to manage trees on a long-term basis, which indicated a lack of training. Most of them would change from the forestry approach of the incentive scheme (1,111 trees ha^{-1}) to an agroforestry approach (coffee-timber species) with a timber tree density not greater than 200 trees ha^{-1}.

Table 3. Characteristics of the main timber species planted in coffee plantations in Pérez Zeledón, Costa Rica.1998.

Tree characteristics	*Eucalyptus deglupta*	*Terminalia amazonia*	*T. ivorensis*	*Gmelina arborea*
Growth	Fast (17)*	Slow (1), fast (1)	Fast (3)	-
Shade intensity	Adequate (13)	Too much (6)	Too much (4)	Very dense (5)
Increased coffee disease incidence	No (3)	No (2)	No (2)	Yes (3)
Competition for water and nutrients	For nutrients after 8 years (2)	For nutrients (1)	For nutrients (1) For water (1)	For nutrients (1) For water (3)
Caused drip damage	No (5)	No (3)	No (1)	Yes (4)
Labor costs	No (natural pruning) (1)	Yes (pruning) (3)	Yes (pruning) (3)	-
Wind resistance	Low (4)	Yes (2)	No (4)	Sometimes fragile (1)
Crown growth	Little lateral expansion (6)	Lateral and vertical expansion (3)	Lateral expansion (1)	-
Deciduous	Mainly in summer (1)	Total leaf fall in summer (1)	-	-
Reduced soil erosion	-	No (1)	Yes (1)	No (1)
Susceptibility to pests and diseases	Low: higher after 10 years (5)	High: mainly between 20 and 30 years (1)	Low (3)	-
Roots	"A lot" (superficial) (4)	"A lot" (3)	"A lot" (2)	-

* Number of farmers that commented on this characteristic
- : No opinions were given on this characteristic

Conclusions

The farmers had a clear preference for *E. deglupta* and *Terminalia* spp. as timber shade trees in their coffee plantations, but many of their reasons had more to do with facilitating coffee management than because of the potential value of the timber these species could produce. The producers reported that the project promoting reforestation in coffee plantations with timber species, using incentives, had a forestry approach which did not fulfil their expectations since coffee is the most important component of the agroforestry system for them. In this regard, it is recommended that the institutions involved with coffee production (e.g. ICAFE) and the reforestation projects (e.g. cooperatives) develop feasible and realistic agroforestry systems by actively incorporating the producers in the process of designing and implementing future programmes.

Literature cited

GALLOWAY, G.; BEER J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 285. pp. 103-126.

RIOS, E.A. 1997. Arquitectura y distribución espacial de raíces de *Eucalyptus deglupta* dentro de un sistema agroforestal simultáneo con *Coffea arabica*.Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 123 p.

SANCHEZ, S. S. 1994. Crecimiento de *Eucalyptus deglupta* and *E. grandis* bajo tres sistemas de plantación a nivel de finca, en la zona de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C. R., CATIE. 95 p.

FORESTRY INCENTIVES TO ESTABLISH AND MANAGE TIMBER TREES IN COFFEE FIELDS

C. J. Viera[1], E. Köpsell[1], J. Beer[1], F. Jiménez[1], R. Lok [1]
Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Systems Area.
CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.

Resumen
El estudio se realizó en Grecia, Costa Rica mediante encuestas y entrevistas a los productores y mediciones de crecimiento de los árboles maderables sembrados en cafetales. La limitante más importante que se encontró fue la densidad de siembra inadecuada de los árboles de los productores que recibieron incentivos; la misma corresponde a plantaciones forestales puras y no es apto para sistemas agroforestales (combinación café/maderables). 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.

Palabras claves: Agroforestry systems, Costa Rica, *Eucalyptus saligna*, silviculture, tree growth

Introduction

The Costa Rican reforestation policy has two objectives: to reclaim lands that are being incorrectly used for purposes other than forestry and to produce wood on a commercial scale to meet the internal demand. After 19 years, 152,000 ha of land have been reforested. Of this area, 15,000 ha was reforested using agroforestry systems (AFS) (Godoy, 1997; Fundación Neotrópica, 1991; Segura, 1992; Wyeth, 1994). The introduction of timber species into coffee plantations is a strategy utilized by Costa Rica farmers to diversify their production and confront problems caused by coffee yield variations and unstable international coffee prices. The purpose of this study was to analyze the importance of reforestation incentives in the adoption of agroforestry systems (coffee/timber trees) among coffee farmers and to conduct a silvicultural evaluation of the agroforestry plantations established with and without incentives in Grecia, Costa Rica.

Methodology

The study was carried out in the district of Grecia in the Province of Alajuela, Costa Rica (10°05' N, 84°12' W; 700 to 1,600 masl). The mean annual precipitation is between 2,500-3,000mm and the mean temperature between 18 and 24°C. The majority of the soils are volcanic, deep, fertile and have good physical characteristics (Ministry of Agriculture and Livestock, 1994). Data was collected using a combination of surveys, interviews and the measurement of temporary tree sample plots in each one of the selected farms. Twenty-nine farmers that had introduced timber trees into their coffee fields, either with reforestation incentives (21 farmers) or with their own funds (8 farmers) were interviewed. Together they represented 10% of the total population of coffee producers in the study zone. The evaluation included both the trees planted within the coffee fields (blocks) and along the borders and roads (lines).

Temporary sample plots were established on farms that had timber trees at least one year old and a minimum surface area of 0.5 ha for the block agroforestry system, or 38 trees

planted in a row, for the line plantings. The size of the evaluation plot in both systems was 36 trees leaving a border of at least one line of trees in the block system and one tree at each end of the line plantings. The silvicultural variables evaluated in the sample plots were: age, planting density, survival, total height and stem breast height diameter.

Results and discussion

Land use and farm size

Considering farmers who received reforestation incentives, 75% of their farm area was planted with coffee and the coffee/timber associations (AFS) occupied 78% of these coffee plantations. Only two farms had less than 50% of the coffee plantations dedicated to AFS, since these farmers only applied for incentives to reforest one hectare of land. Among the farmers who did not use reforestation incentives, 81% of the total farm area was planted with coffee but only 19% of the coffee area was used for the AFS. Nevertheless, excluding one atypically large farm from the average, the area being managed under AFS was 29%. Some 67% of the farmers that received the incentives had farms with more than 5 ha while only 50% of the farmers that had not received the incentive had farms 5 ha or larger.

Tree species used in coffee/timber tree systems with and without incentives and some silvicultural characteristics

Fifty-two percent of the farmers that had AFS and who had received incentives planted *E. saligna* and 48% planted *E. deglupta*. Of the farmers without incentives, 74% planted *E. saligna*, 13% *Cedrela odorata* and 13% *Cupressus lusitanica*; i.e. none of them chose *E. deglupta*. The age of the plantations varied between 19 and 56 months for the AFS without incentives (average 28 months) and between 21 and 82 (average 53 months) for the AFS planted with incentives. The differences in age of the plantations suggest that the farmers without incentives became interested in planting the trees after seeing the reforestation practices established with incentives on neighbouring farms.

The average survival rate of the timber trees was 64% in the plantations of farmers that had not received incentives and 70% in those that did; although in the plantations with incentives, replanting was carried out to maintain the initial population and hence the real figure is lower. The low survival rate of the trees in some plots was due to the attack of leaf cutter ants (*Atta sp.* and *Agromyrmex sp*) during the first two years of the trees' life. On average, the survival rate of the species was 65% for *E. saligna* and 74% for *E. deglupta*. Montenegro et al (1997) reported similar values for *E. deglupta* but lower values for *E. saligna* in a coffee plantation in Turrialba, Costa Rica. There was no significant statistical difference between the survival rates in the systems with or without incentives.

Growth of *Eucalyptus saligna* established with and without reforestation incentives

E. saligna growth in the AFS system established without incentives was significantly better (Table 1). However, the AFS with incentives showed better volumen increments per unit area, but not per tree, due to the large differences in planting density. There were no significant statistical differences for site indexes, possibly due to the fact that farmers with and without incentives managed their coffee in a similar way, thereby providing similar site qualities.

Table 1. Growth of *Eucalyptus saligna* established with and without reforestation incentives in coffee plantations in Grecia, Costa Rica.

Growth increments	Agroforestry System						Significance of difference between means
	With incentives			Without incentives			
	Minimum	Mean	Maximum	Minimum	Mean	Maximum	
Diameter (cm yr^{-1})	1,7	4,0	5,7	4,4	5,5	6,7	***
Height (m yr^{-1})	1,2	3,1	4,4	3,5	4,0	4,9	**
Volume (m^3 ha^{-1} yr^{-1})	2,7	14,1	26,8	1,0	7,6	26,7	*

Significance with a probability of: *0.1, **0.05, ***0.01

The better growth rates of *E. saligna* on the farms that did not receive incentives was not due to poor silvicultural management by farmers who received incentives (and technical training), but rather was due to incorrect recommendations of planting densities for timber trees associated with coffee. The reforestation incentive program demanded an initial tree density of 1,111 trees ha^{-1} and replanting if the mortality rate in the first year was $\geq$ 20%. Farmers that did not receive incentives had plantation densities (initially $\leq$ 200 trees ha^{-1}) closer to those appropriate for AFS (Table 2). The densities utilized by the farmers that received the incentives are typical of pure tree plantations, and negatively affected coffee production due to excess shade and competition between the trees and the coffee for nutrients and water.

Table 2. Initial density and current density of timber trees in coffee plantations in Grecia Costa Rica

Type of farmer	Agroforestry System					
	In line (trees km^{-1})			In blocks (trees ha^{-1})		
	Minimum	Average	Maximum	Minimum	Average	Maximum
Incentives						
Initial	496	705	1434	151	1262	2584
Current	208	388	583	177	917	2540
No incentives						
Initial	125	293	502	156	174	192
Current	108	166	271	101	123	144

Reforestation objectives

The main objective of farmers without incentives, when planting timber trees in coffee, was to produce wood (75%), while the farmers that received incentives claimed more diverse goals than just timber production: e.g. posts, protection of the soil and the crop, scenic beauty (Table 3). Forty-three percent of the farmers that received incentives would not be willing to continue reforesting their coffee fields with timber trees without incentives. In contrast, all the farmers that had reforested without incentives were willing to continue reforestation without incentives.

Conclusions

The coffee farmers in the study area had a positive attitude toward the use of incentives to introduce timber species into the coffee fields. They were optimistic about the potential

benefits that this practice could bring in terms of obtaining timber products (mainly lumber) and hence diversifying production in order to reduce the financial risks related to coffee price variability. The most important limitation encountered was the inadequate planting density recommended to farmers who entered the reforestation incentive program. These planting densities correspond to pure tree plantations and not to an AFS (timber/coffee combination). In this system, most of the farmers consider coffee to be the most important component. As a consequence of this incorrect planting recomendation, tree growth was better on farms that had not received incentives.

Table 3. Farmers' objetives when planting timber trees in coffee in Grecia, Costa Rica

Proposed use of trees	With incentives		Without incentives		Total (%)
	(n)	(%)	(n)	(%)	
Fuelwood	2	10	1	12,5	10
Protection/soil conservation	5	24	1	12,5	21
Posts	3	14	0	0	10
Lumber	9	42	6	75	52
Scenic beauty	2	10	0	0	7

Literature cited

FUNDACION NEOTROPICA. 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.

GODOY, J. C. 1997. Evaluación económica de los incentivos a la reforestación otorgados por el Gobierno de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 94 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA, COSTA RICA. 1994. Plan de trabajo agencia de extensión de Grecia. Grecia, Costa Rica. 80 p.

MONTENEGRO J.; RAMIREZ, G.; BLANCO, G. 1997. Evaluación del establecimiento y crecimiento inicial de seis especies maderables asociadas con café. Agroforestería en las Américas 4 (13): 14-20.

SEGURA B. O. 1992. Incentivos forestales en Costa Rica. Políticas económicas del sector. Alajuela, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. INCAE. 315 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.

CONTROL OF LATERAL ROOT EXTENSION OF FAST-GROWING TIMBER SPECIES USING GRASSES AS BIOLOGICAL BARRIERS

M. Schaller[1], G. Schroth[2], J. Beer[1], F. Jiménez[1]

[1] Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Systems Area, CATIE

[2] University of Hamburg, c/o Embrapa Amazônia Ocidental, C.P. 319, 69011-970 Manaus-AM, Brazil

Resumen

Se investigó el potencial de cinco especies de gramíneas como barreras biológicas para reducir la competencia radicular en asociaciones agroforestales con árboles maderables de crecimiento rápido como *Eucalyptus deglupta* y *Cordia alliodora*. Las raíces de *C. alliodora* de seis meses crecieron hacia el lado contrario de las barreras, mientras que las de *E. deglupta*, aunque mostraron diferentes tipos de interacción, generalmente cruzaron la barrera. El crecimiento de ambas especies de árboles en asociación con las gramíneas fue menor que en el control. Es probable que el efecto barrera de las gramíneas sea mejorado mediante el establecimiento de varias hileras en lugar de una, o reduciendo la distancia de siembra dentro de la hilera.

Key words: agroforestry, *Cordia alliodora*, Costa Rica, *Eucalyptus deglupta*, root competition.

Introduction

Root competition is a major obstacle to the development of agroforestry systems. In order to address this problem, the root system of the tree component can be manipulated to reduce overlap with the root system of the associated crop, an approach that has been termed "root management" (Schroth, 1995; 1999). One possibility is to force the tree roots into greater soil depths by restricting lateral tree root development. Yocum (1937) demonstrated that the presence of the relatively competitive root system of maize restricted the lateral and increased the vertical development of apple tree (*Malus domesticus*) roots. The effect of grasses on tree root distribution was also demonstrated by Atkinson et al. (1978). Based on these results, we hypothesized that strips of competitive grass species could be used to separate the rooting zones of trees and crops in agroforestry associations by restricting the lateral tree root development. If the lateral root extension of the grasses is less than that of the trees, total root competition with the crops could thus be reduced. In this study, we evaluate the potential of five useful grass species, of differing competitiveness, for controlling the lateral root development of two fast-growing timber trees, *E. deglupta* and *C. alliodora*, in Costa Rica.

Materials and Methods

In December 1997, a field trial was established in the experimental area "La Montaña" of CATIE in Turrialba, Costa Rica (9°53' N.; 83°38' W.; 602 m.a.s.l.). The climate is tropical humid with 2684 mm of annual rainfall, usually with only one dry month (March) and average annual temperature of 21.7 °C. The soil, an Andic Eutropept according to the USDA/SCS Soil Taxonomy (Kass et al., 1995), developed from alluvial deposits, is clay- and nutrient-rich, has no rocks and was well drained by an adjacent 2 m ditch. The plots

consisted of single rows of three trees of either *E. deglupta* or *C. alliodora*, at 30 cm spacing within the row and 1.5 m between neighboring rows. On one side of the tree rows, at 30 cm distance, either no grass (control) or one of the following five grass species was planted at the same time: *Saccharum* sp. (sugar cane), *Cymbopogon nardus* or *Vetiveria zizanioides* (vetiver), two grasses frequently used for erosion control; and *Brachiaria brizantha* or *Panicum maximum* (guinea grass), two productive fodder bunch grasses of high nutritive value. The grasses were planted by vegetative propagation with 12 cm spacing within the row for *V. zizanioides*, *C. nardus* and *B. brizantha*, and 30 cm for the larger species *Saccharum* sp. and *P. maximum*. Bagged nursery seedlings were used to establish the trees. The 12 combinations of tree and grass species were replicated three times. The *E. deglupta* and *C. alliodora* plots were evaluated four and eight months after planting, respectively, because of the much slower initial shoot and root growth of the *C. alliodora*. Tree and grass roots were excavated manually by carefully removing the superficial soil-layers until the lateral tree root system was exposed. The position of the roots was recorded with the help of a 10 x 10 cm grid.

Results

Interactions between C. alliodora and grasses

The root system of the young *C. alliodora* trees explored the soil relatively extensively and consisted of a few fine roots only. The primary lateral roots radiated from the stem at a depth of 10-20 cm, deepening slightly with increasing distance from the stem (Figure 1). The root systems of neighboring trees clearly avoided each other, resulting in little overlap of their rooting space. In the presence of grass barriers, most of the tree roots grew in the opposite direction to the barriers, avoiding contact with the grass roots. This behavior led to strongly asymmetric root systems (Figure 2). The degree of avoidance of the grass roots by the tree roots depended on the competitiveness of the respective grass species: the aggressive, fast-growing guinea grass had the strongest barrier effect on the tree roots with no *C. alliodora* roots passing through the grass lines. The root systems of the *V. zizanoides* and the *C. nardus* were less dense and their barrier effect was less pronounced. Both *B. brizantha* and *Saccharum* sp. also had a very clear effect on tree root distribution.

Interactions between E. deglupta and grasses

The root system of *E. deglupta* is characterized by lateral roots radiating very superficially from the stem. It is a very opportunistic root system with the capacity to develop locally a dense fine root system where conditions are favorable (e.g. sites with litter accumulation, fertilizer or lime; pers. obs.). In general, the *E. deglupta* roots passed through the grass barriers. They were nevertheless influenced by the presence of the grass roots. Five types of interactions could be distinguished, depending on the grass species involved: 1) The tree roots passed through the barrier at "weak points", especially between two neighboring grass bunches. This probably was favored by the fast growth of the tree roots, which arrived at the grass lines before these had formed a dense root barrier. In order to reach these "weak points", the tree roots often changed their direction of growth. 2) The tree roots turned slightly downwards and passed below the grass barrier. 3) The tree roots divided into several smaller diameter roots which then passed through the barrier by growing around individual grass bunches (observed in particular with vetiver). This reaction could lead to a reduced extension of the tree roots and thus reduced interaction with a crop growing behind the barriers. 4) The tree roots, when reaching the grass barrier at a low angle, changed their

direction and grew parallel to the grass strip without traversing it. This was only observed with *P. maximum*. 5) In two cases, tree roots meeting with *B. brizantha* roots turned by approximately 90 degrees and grew away from the barrier.

Fig. 1. Root system of an individual *Cordia alliodora* tree

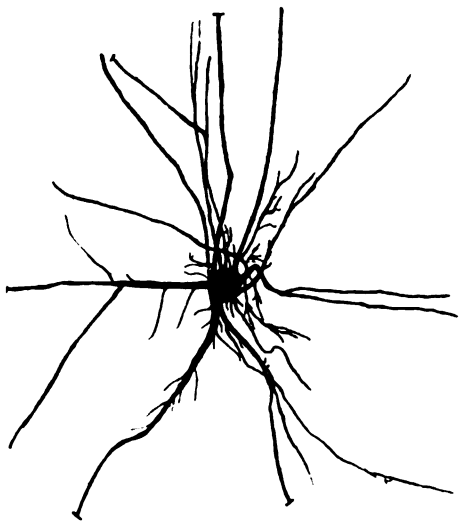
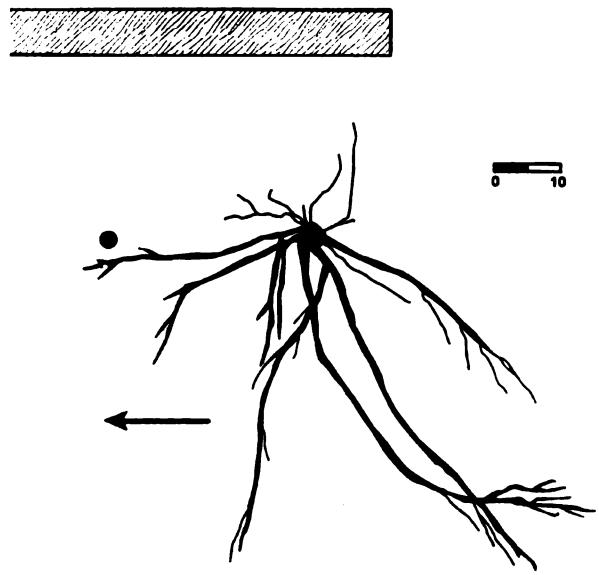


Fig. 2. Root system of a *Cordia alliodora* tree in association with a barrier of *Panicum maximum*; arrow indicates direction of tree line



Discussion

The root system of the slower-growing, less aggressive tree species, *C. alliodora,* followed a strategy of avoiding the root systems of competitors, including both neighbors from the same species and the adjacent grass barriers. Root systems of this type seem to be particularly suitable for management with biological barriers, as even a single grass row forced the *C. alliodora* roots into the opposite direction and prevented them effectively from exploring the soil beyond the grass barrier. A crop species growing here would not have experienced tree root competition at this early development stage, and depending on lateral grass root extension and competitiveness, total root competition with the crops could be reduced. In contrast, strong reactions of the *E. deglupta* roots to grass competition were rare and apparently limited to the associations with the more competitive grass species, *B. brizantha* and *P. maximum*. Less pronounced interactions, which did not result in a significant change in the growth direction of the *E. deglupta* roots, were more common and also occurred in the associations with the less aggressive grass species.

The fact that the *E. deglupta* roots were clearly influenced by the presence of the grasses indicates that the development of more efficient biological root barriers should be worthwhile. These options include: 1) choosing a competitive grass species (below-ground); 2) planting multiple, instead of single grass barriers; 3) planting the trees after the grasses so that the grass root systems would be denser at the time of the contact with the tree roots; and 4) using directed fertilizer placement within the tree line to reinforce the barrier effect. More efficient grass barriers would probably not only have a stronger effect

on tree root distribution, but also on tree growth. In this experiment, the growth of both tree species was reduced by the grasses, either because of root competition or because of shading. Obviously, the development of biological root barriers can not simply aim at maximum efficiency of the barriers for controlling tree root development, but has to look for an optimum balance between costs and benefits of the technique. This would also have to take into account additional uses of the barrier plants, e.g. for fodder or erosion control when planted along the contour on sloping land.

Conclusions

It has been demonstrated that the lateral root development of relatively fast-growing trees such as *C. alliodora* can be manipulated at an early stage with simple grass strips. Controlling root development of more aggressive tree species such as *E. deglupta* would require more efficient barriers. The results of this study can be taken as preliminary evidence for the potential of biological root barriers for the management of root interactions between trees and crops in agroforestry. Further work should concentrate on the identification of efficient grass species and planting designs for the barriers, taking the balance of costs and benefits of barriers of differing competitiveness into account. The efficiency of the barriers for older trees also needs to be studied.

References

ATKINSON, D.; JOHNSON, M.G.; MATTAM, D.; MERCER, E.R. 1978. The effect of orchard soil management on the uptake of nitrogen by established apple trees. J Sci Food Agric 30: 129-135.

KASS, D.C.L.; JIMENEZ, M.; KAUFFMAN, J.H.; HERRERA-REYES, C. 1995. Reference soils of the Turrialba valley and slopes of the Irazo 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 F.L. (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, W.W. 1937. Root development of young delicious apple trees as affected by soils and by cultural treatments. Univ Nebraska, Agric. Exp. Stat. Res. Bull. 95: 1-55

CATTLE DUNG AS A TOOL FOR PROTECTING COMMERCIAL TIMBER TREES IN SILVOPASTORAL SYSTEMS

Carlos Barrios[1], John Beer[2] and Muhammad Ibrahim[2]
[1]Master of Science in Tropical Agroforetry, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
[2]Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Systems Area.
CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.

Resumen
El crecimiento de plantulas de la especie maderable *P. saman* (27 días después de la siembra; sin pastoreo) en un potrero de *Hyparrhenia rufa* en Rivas, Nicaragua (bosque tropical sub-humedo, precipitación 1450 mm ano^{-1}; temperatura media de 27 °C, elevación de 72 msnm) fue mayor con la siembra directa en el suelo (11.1 cm) que en estiércol (9.0 cm). Sin embargo, el porcentaje de plantas danadas por plagas fue mayor en el substrato suelo (34.4 vs 12.2%). Después de cuatro ciclos de pastoreo (60 días después de la siembra) se observó una mayor tasa de crecimiento de plantas de *P. saman* con el substrato estiércol (6 cm) que en suelo (3.4 cm) y una reducción significativa en los daños causada por pisoteo (17 vs 56%) y defoliación (0.4% vs 6.5 %, respectivamente). Se concluye que el estericol de ganado fue una herramienta eficaz para introducir arboles en potreros.

Palabras claves: Defoliation, growth, *Pithecellobium saman*, repellent, seedlings, trampling

Introducción

Animals play an important role in modifying vegetation dynamics because some species may be favoured by selective grazing of a given species or plant part (Ibrahim 1994). Animal trampling can lead to soil compaction and plant mortality, but it can also be beneficial by facilitating natural or artificial seeding in the broken soil crust. Cattle generally have a preference for grasses and green leaf material which are rich in protein (Arnold 1981) and they are known to reject fouled vegetation (Marsh and Campling 1970).

This study looks at management tools for the reproduction of *Pithecellobium saman* (Jacq.) in pastures. The critical factors that impede the regeneration of *P. saman* in pastures appear to be related to: a) lack of parent plants for seed production and hence seedling regeneration; b) ineffective natural dispersion by cattle because of a low proportion of viable seeds and the concentration of seeds in site specific areas where they are eaten by rodents (Janzen 1977, 1981); and c) high plant mortality because of germination of seeds during periods of moisture stress (Janzen 1977). Other factors related to poor regeneration of *P. saman* are: grass competition, low soil fertility of degraded pastures and direct damage caused by cattle (Hatheway and Baker 1970).

The objective of this study was to analyse the viability of establishing trees in grazed pastures by comparing seedling growth and damage of *P. saman* established by direct seeding in two substrates (cattle dung and soil) in *Hyparrhenia rufa* (Nees Stapf) pastures.

Methodology

This study was conducted in Rivas, Nicaragua between the months of June and September 1998 (wet season). The experimental area was classified as a sub-humid tropical rainforest (mean annual rainfall and temperature of 1450 mm and 27^0 C, respectively; 72 m elevation). The soils were classified as a Lithic Ustorthent-lithic dystropept complex. The treatments (6) were arranged in a 2 x 3 factorial using a completely randomised block design with three repetitions; total of 18 plots each of 900 m^2. The factors were two seeding substrates (cattle dung and soil) and three stocking rates (low, medium and high). Seeds of *P. saman* were sown in 30 sites (3 seed $site^{-1}$) in the central area of each plot, at a spacing of 3 x 3 m. Measurements were made on: seedling height, height of adjacent (surrounding) vegetation measured 20 cm from the seedling stem; insect damage; trampling damage, seedling death caused by dehydration; and total mortality . Only the results with the substrates are presented in this paper.

Results and discussion

Germination and growth) before grazing commenced (27 days after sowing) *P. saman* seedling height was significantly ($p < 0.05$) greater with direct seeding in the soil compared to seeding in cattle dung (11.1 vs 9.0 cm, respectively) but insect damage of seedlings was much less in cattle dung. Survival percentage was significantly ($p < 0.05$) higher with the soil substrate (Table 1); height of adjacent vegetation was greater around dung patches but differences were not significant. The difference in growth and survival of seedlings between treatments appeared to be due to surface crusting of cattle dung which caused resistance to seedling root penetration in the soil and elevation of cotyledons (Herrick, 1993).

Table 1. Growth, insect damage and survival of *Pithecellobium saman* seedlings measured 27 days after seeding in two substrates in *Hyparrhenia rufa* pastures, Rivas, Nicaragua.

Variable	**Substrate**	
	Cattle dung	**Soil**
Seedling height (cm)	9.0 b	11.1 a
Height of adjacent vegetation (cm)	27.9 a	23.5 a
Insect damage (%)	12.2 b	34.4 a
Survival (% of sites with at least one live seeding)	77 a	93 a
P.saman density ha^{-1}.	855	1030

Means in the same row with the same letter are not significantly different ($p<0.01$).

The negative effects of crusting are eliminated when roots penetrate the soil under dung patches or when the sealed dung surface is broken by raindrop impact, insect activity and / or by softening through localised shading and rain.

Development of P. saman plants after four grazing cycles (60 days after sowing)
After four grazing cycles, there were no significant differences in *P. saman* heights between substrates (Table 2) but in this second month, growth of *P. saman* plants on the dung substrate was double that of the soil substrate (6 vs 3.4 cm). During the grazing period, growth of adjacent vegetation was greater and damage of *P. saman* plants due animal defoliation and tramping was significantly ($p < 0.05$) lower with the dung substrate. Using a dung substrate, damage of *P. saman* was only 0.4% (animal defoliation) and 17% (trampling), which is of great significance for the management of silvopastoral systems, given that damage caused by animals is a principal reason for low survival rates in pastures.

The differences in the growth of the adjacent vegetation, and of plant damage, can be explained by the repellent effect of dung on grazing cattle. Additionally, nutrients liberated from cattle dung may also explain differences in growth of the surrounding vegetation (Herrick 1993, Omaliko 1984). In general, animal traffic is less around fouled patches and therefore soil compaction should also be reduced which should favour growth and development of the *P. saman* seedlings.

Table 2. Development of *Pithecellobium saman* plants in *Hyparrhenia rufa* pastures after four grazing cycles (60 days after seeding) Rivas, Nicaragua.

Variables	Cattle dung	Soil
Seedling height (cm)	15.1 a	14.6 a
Seedling growth in the 2nd month (cm)	6	3.4
Height of adjacent vegetation (cm)	42 a	27 b
Adjacent vegetation growth in the 2nd month	14 a	4.3 b
Defoliation due to browsing (%)	0.4	6.5
Trampling (%)	17	56

Means in the same row with the same letter are not significantly different ($p<0.01$).

Conclusion

When cattle dung was used to establish *P. saman* seedling in pastures, there was a significant reduction in seedling damage caused by insect and animal defoliation, and due to trampling. In order to avoid the negative effect of crust formation on seedling emergence it is recommended to plant seeds in semi-dehydrated dung pats or at the edge of fresh pats. Further studies are needed on methods of protecting the seedlings during the dry season and in subsequent years.

Literature cited

Arnold GW. 1981. Grazing behaviour. In: FHW Morley (ed). Animals Grazing . Serie World Animal Science.Elsevier. Amsterdam. pp 79-104.

Hatheway W y Baker H 1970 Reproductive strategies in *Pithecellobium* and *Enterolobium*: Further information. Evolution 24: 253-54.

Herrick JE.1993. Restoration of tropical pastures ecosystems and the role of cattle dung patches. Ph.D. Thesis. Ohio State University.

Ibrahim MA. 1994. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic zone of Costa Rica. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen. 129 p

Janzen D 1977 Intensity of predation on *Pithecellobium saman* (Leguminosae) seed by *Merobruchus columbinus* and *Stator limbatus* (Bruchidae) in Costa Rican deciduos forest. Tropical Ecology, 18: 162-176.

Janzen D. 1981. *Enterolobium cyclocarpum* seeds passage rate and survival in horses, Costarican Pleistocen seed dispersal agents. Ecology 62 (3): 593-601.

Marsh R y Campling RC. 1970. Fouling of pasture by dung. Herbage Abstracts 40: 2

Omaliko CPE.1984. Dung decomposition and its effects on the soil component of a tropical grassland ecosystem. Tropical Ecology 25:214-220.

PRODUCCIÓN Y CALIDAD FORRAJERA DE *Brachiaria humidicola* EN MONOCULTIVO Y EN ASOCIO CON *Acacia mangium* EN UN SUELO ÁCIDO EN EL TRÓPICO HÚMEDO

D. Bolívar[1], M. Ibrahim[2], D. Kass[2], F. Jimenez[2], J. Camargo[1]
[1] Estudiante Maestría CATIE.
[2]Unidad de Desarrollo de Sistemas Agroforestales, Area de Cuencas y Sistemas Agroforestales

Abstract
This study was conducted at the IDIAP experimental station of Calabacito, Panama (mean annual rainfall of 2500 mm and temperature 27 °C; soils are acid with high Al saturation), to determine the effect of the timber tree *Acacia mangium* on the productivity and quality of *Brachiaria humidicola* pastures. The treatments were: 1) *B. humidicola* monoculture; and 2) *B. humidicola* in mixture with *A mangium*. The 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 forage yields 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 grass monoculture whereas it was only 30% for 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.

Key words: crude protein, leaf stem ratio, production, protein solubility, silvopastoral system

Introducción

En América Latina, existen alrededor de 50 millones de hectáreas bajo pasturas de las cuales cerca de 50 % se encuentran degradadas, siendo esto una de las razones principales para 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 en la productividad de la pastura. Esta es una especie bien adaptada a suelos ácidos y tiene la capacidad a fijar N bajo estas condiciones (Name 1996), también puede contribuir en una mayor 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. La *B. humidicola* es una gramínea que se adapta bien a suelos ácidos.

Metodología

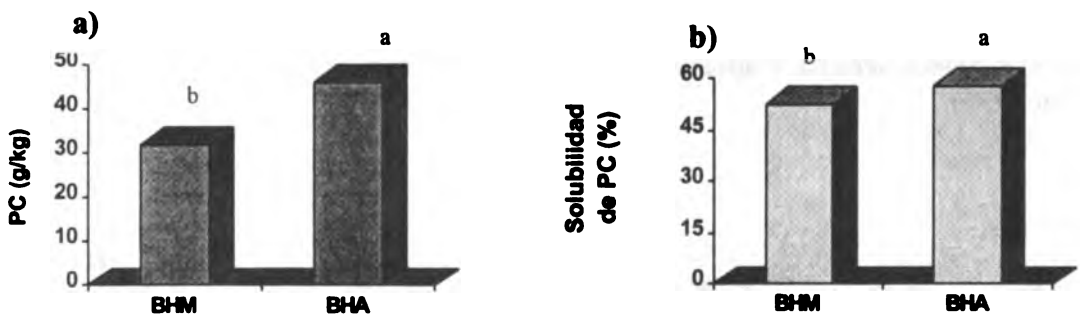
Este estudio se realizó durante 1998 (enero –agosto) en la estación experimental de Calabacito, Panamá (precipitación y temperatura media anual de 2500 mm y 27 °C respectivamente; elevación de 100 msnm). Los suelos son del orden de los Ultisoles, ácidos (pH (H_2O) = 4.9) y con concentraciones altas de 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 m^2. Los árboles de *A. mangium* se plantaron en 1993 a 3 m entre árboles y 8 m entre hileras; la *B. humidicola* fue establecida en agosto 1994. En octubre de 1997, se hizo un raleo de *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 por 24 días de descanso.

En cada parcela de BHA se delimitó un área de 72 m^2 (8 x 9 m) al azar, lo cual incluyo cuatro árboles, para estudiar la variación en 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 sub-parcelas fueron también de 72 m^2 (8*9 m) seleccionados 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

Calidad forrajera. La concentración y solubilidad de PC en el follaje de *B. humidicola* fueron significativamente mayores ($p < 0.05$) en BHA comparadas con de BHM (Figuras 1a y 1b). 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 puede estar relacionado con la capacidad de *A. mangium* de fijar N a través de relaciones simbióticas (Galiana *et al.* 1998). De igual manera, la mayor humedad en el BHA permite a la gramínea aprovechar mejor el N (Wilson 1996).



Figuras 1a y 1b. Concentración (1a) y solubilidad (1b) de proteína cruda (PC) del follaje de pasto *Brachiaria humidicola* en monocultivo (BHM) y en asocio con *Acacia mangium* (BHA), Calabacito, Panamá, 1998, (barras con la misma letra no son estadísticamente diferentes $p<0.05$).

Producción de pasto. La producción de MS del pasto en el BHA superó la de BHM en un 28 % (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 2). La mayor producción observada se relaciona con la contribución de *A. mangium* al incremento de la concentración de N y P en el suelo, y debido al mayor contenido de humedad en el suelo (0 –15 cm) bajo el BHA

(19.5% vs. 15.8 % en la época seca; 28.6% vs 26.2 % en la lluviosa). Esto pudo beneficiar la disolución de minerales como consecuencia de la mineralización, aumentando el contenido de nitratos y amonio y favoreciendo la absorción por la gramínea.

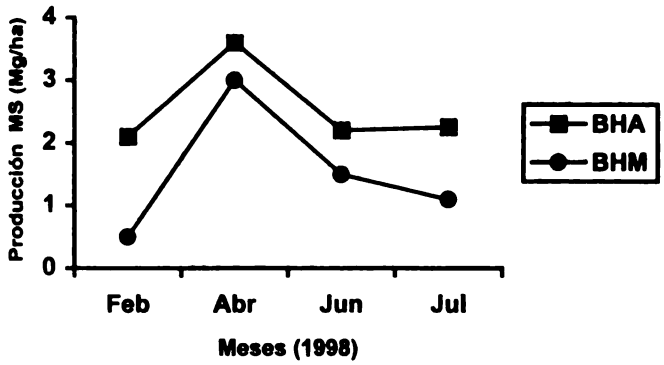


Figura 2. Variación en tiempo de la producción de materia seca de *Brachiaria humidicola* en monocultivo (BHM) y en asocio con *Acacia mangium* (BHA), Calabacito, Panamá, 1998.

El pasto presentó una mayor relación H:T en el BHA y en la época lluviosa (Figura 3a). El porcentaje de BM del pasto fue significativamente mayor ($p < 0.05$) para BHM y en la época seca (Figura 3b). En la época seca la BM represento 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, puede estar relacionado con un mayor tasa de senesencia debido a estrés hídrica (Wilson, 1996, Zelada, 1996). Una relación H:T mayor bajo BHA, puede ser una adaptación fisiológica de la pastura para tolerar sombra (Wong y Wilson 1996).

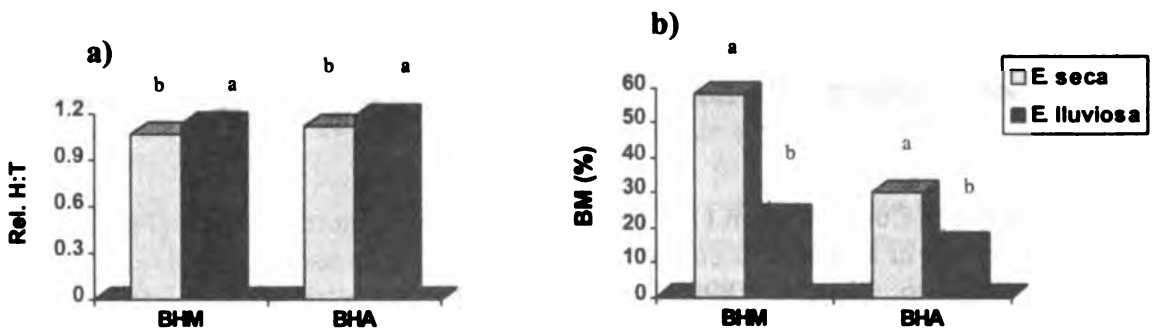


Figura 3. Efecto de la época sobre: a) relación hoja:tallo (H:T); y b) biomasa muerta (BM) de *Brachiaria humidicola* en monocultivo (BHM) y en asocio con *Acacia mangium* (BHA), Calabacito, Panamá, 1998. (barras con la misma letra no son estadísticamente diferentes $p<0.05$).

Se concluye que la integración de *A. mangium* en sistemas silvopastoriles con *B. humidicola* en esta zona contribuye en un incremento de la productividad de la pastura lo cual se caracterizo con un mayor valor nutritivo para alimentación animal.

Literatura citada

GALIANA, A.; GNAHOUA, G.; CHAUMONT, J.; LESUEUR, D.; PRIN, Y.; MALLET, B.. 1998. Improvement of nitrogen cycling in two traditional Central American agroforestry systems. Agroforestry Systems 4: 77-87.

NAME, B. 1996. Dinámica del suelo en plantaciones de *Acacia mangium* asociadas al pasto *humidicola*. IDIAP, Panamá. Sin publicar.

SERRAO, E A. 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 sola pradera de *Brachiaria humidicola* sola y en asocio con *Acacia mangium*. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba Costa Rica, 88p.

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.; 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

EXPLORACION DE OPCIONES SILVOPASTORILES SOSTENIBLES PARA EL SISTEMA GANADERO DE DOBLE PROPOSITO EN EL TROPICO HUMEDO

J. Botero[1], M. Ibrahim[2], B. Bouman[3],H. Andrade[2], J. Camargo[2]
[2]Unidad de Desarrollo de Sistemas Agroforestales, Area de Cuencas y Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.
[3] Investigador Proyecto REPOSA

Abstract
Linear programming and the "PASTOR" programme were used as tools to model silvopastoral options for dual purpose production systems in the humid tropics. A model was developed for a representative farm of 70 ha. The land use systems modelled were: 1) natural pasture with and without living fence posts; 2) *Brachiaria brizantha/Arachis pintoi* mixture; 3) alley pasture (*B. brizantha/Erythrina berteroana*); and 4) grazing in *Tectona grandis* plantations. In all land use options planting *T. grandis* in borderlines was considered, except with infertile poorly drained soils. Milk production increased significantly (14 to 41%) when current milk prices were increased by 10 to 25%. Growing *T. grandis* in borderlines of natural and *B. brizantha/A. pintoi* pastures were the most important land use systems selected by the model to maximise net returns. Grazing of *T. grandis* plantations was not attractive for livestock farms except when prices of timber increased by 10 and 25%.

Key words: financial analysis, land use, linear programing , sensitivity analysis

Introducción

La falta de sostenibilidad en los sistemas de producción animal en los trópicos se debe más que todo 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 Centro América 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; de éstos, los más investigados son las cercas vivas, bancos forrajeros, pasturas en callejones, árboles dispersos en potreros y pastoreo bajo plantaciones. La programación lineal es una rama de la matemática desarrollada para solucionar problemas complejos sobre el uso, asignación y distribución de los recursos con restricciones. Para ello, es necesario que los sistemas sean descritos en forma cuantitativa (Hillier y Liebezman 1986). El objetivo de esta investigación es desarrollar un modelo de maximización, a través de programación lineal, que contribuya a evaluar sistemas ganaderos en la Zona Atlántica de Costa Rica, identificando restricciones biofísicas y socioeconómicas de los sistemas silvopastoriles en esta zona.

Metodología

La investigación fue realizada con información colectada en la Zona Atlántica de Costa Rica. Se realizaron análisis de posibles alternativos de producción animal a nivel de finca,

desarrollados para pasturas degradadas. La función objetivo maximiza el ingreso neto, obteniendo esta cifra del valor de los productos menos los costos de los insumos y el costo de la mano de obra. Se utiliza PASTOR (Pasture and livestock technical coefficients generator) como herramienta para generar los coeficientes técnicos (entradas y salidas cuantificadas del sistema de producción (Bouman y Nieuwenhuyse, 1998). La información necesaria fue obtenida a través 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 corridos se desarrollan 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 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) pastûras en callejones (*B. brizantha-Erythrina berteroana*); y 4) plantaciones de *T. grandis*. Se consideró la siembra de *T. grandis* en linderos, excepto en el caso de suelos infértiles y mal drenadas donde no hay condiciones óptimas para el crecimiento de la especie. Los escenarios que se construyeron fueron: 1) efecto del precio (10 o 25% incremento o reducción de precios actuales) de la leche y madera sobre ingresos netos y uso de la tierra; y 2) efecto de restricciones ecológicas sobre el uso de la tierra.

Resultados y discusión

Efecto del precio de la leche y madera. El aumento del precio de leche en 10 y 25% respecto al escenario base, generó un incremento (10 a 42%) en la producción de leche de la finca y de los ingresos netos (Cuadro 1). En todos los otros escenarios, el precio de la leche y el volumen de madera producido en la finca fue estable (130–140 m^3 ano^{-1}). El modelo seleccionó un 65% de la finca para pasto natural enriquecido con *T. grandis* en linderos (Figura 1). La siembra de *B. brizantha / A. pintoi* (12 –14 has) enriquecido 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}).

Cuadro 1. Efecto de cambios en el precio de la leche sobre el ingreso neto, productos (leche y carne) y mano de obra.

	ESCENARIO (Cambios en precio de leche)				
PARAMETRO	-25%*	-10%	BASE	+10%	+25%
Precio de leche (colons/litro)	45	54	60	66	75
Función objetivo (miles colones ha^{-1} ano^{-1})	32.8	39.6	44.0	48.7	57.5
Cantidad de leche (kg $año^{-1}$)	52274	52274	52274	59801	73773
Volumen de madera (m^3 $año^{-1}$)	140	140	140	130	140

*El porcentaje corresponde a la disminución o aumento respecto al precio base de la leche. El precio base de la leche en junio 1998 fue 60 colonses l^{-1} (tasa de cambio: 1$US = 250 colones).

Estudios económicos en sistemas silvopastoriles para el trópico húmedo, han mostrado que 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). En este estudio, el manejo de *T. grandis* en plantaciones no fue una alternativa atractiva para maximizar los ingresos de la finca con los precios corrientes de la madera (Figura 1). Esto esta relacionado con el alto costo de establecimiento, del manejo de las plantaciones forestales y con los ingresos que son a largo plazo (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 atractivos para los ganaderos debido a que permiten también ingresos en el corto plazo.

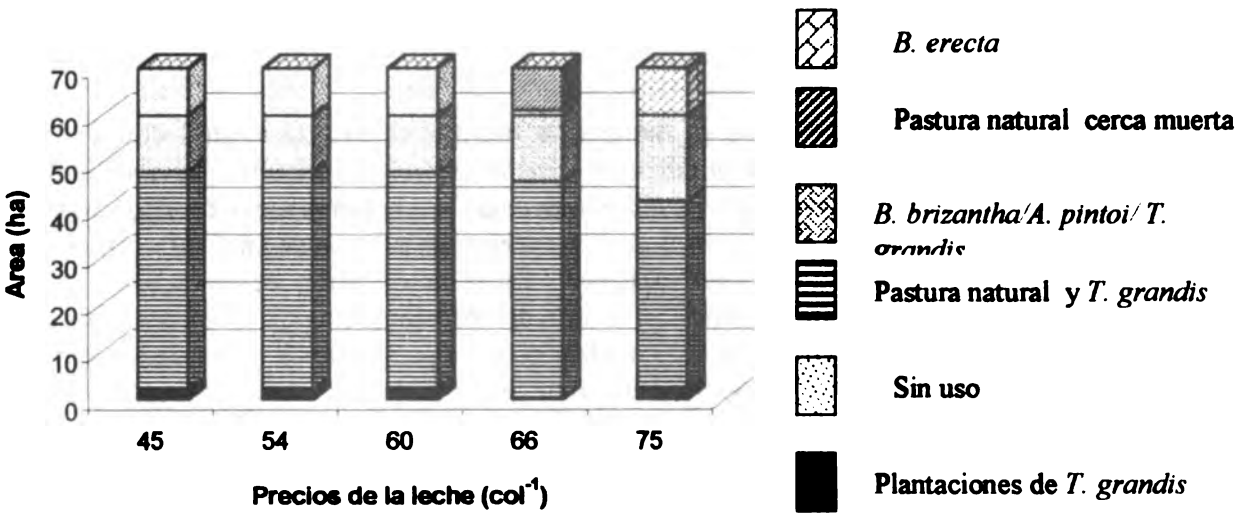


Figura 1. Efecto predicho del precio de la leche sobre el uso de la tierra en sistemas ganaderos de la Zona Atlántica de Costa Rica, junio 1998

Los escenarios de precio de madera modelada muestran que el establecimiento de plantaciones de *T. grandis* fue importante en el uso de la tierra cuando el precio de la madera incrementó en un 10% respecto al escenario base. Con este aumento, un 43% de la tierra fue dedicado para la siembra de *T. grandis*..

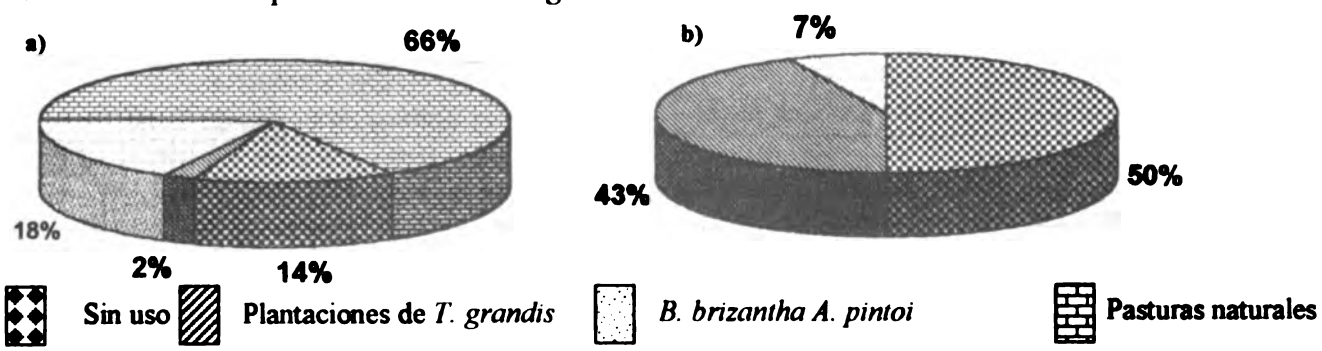


Figura 2. Efecto del incremento de 10% en el precio local de la madera (b), con respecto al escenario base (a), sobre el uso de la tierra en sistemas ganaderos en la zona Atlántica de Costa Rica (junio 1998).

Conclusión

Se concluye que la siembra de árboles maderables en linderos de pasturas fue la opción más viable para maximizar los ingresos de la finca. Además, un incremento en el precio de la madera aumentará considerablemente el área con plantaciones forestales en las fincas ganaderas.

Literatura citada

BOUMAN, B. A. M.; NIEUWENHUYSE, 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). Pre-procedings. Heredia, Universidad Nacional. 23 p.

BROOKE, A.; HENDRICK, D.; MEERAUS, A. 1992. GAMS. Release 2.25. A user´s guide. Boyd & Fraser publishing company. Estados Unidos. 289 p.

HILLIER, P. B. R.; LIEBEZMAN, G. J. 1986. Introduction to Operations Research. 4ª ed. Hoden Day., EE.UU. 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). Procedings. pp. 45-70.

HOLMANN, F.; ROMERO, F.; MONTENEGRO, J.; CHANA, C.; OVIEDO, E.; BAÑOS, A.; 1992. Rentabilidad de sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: Primera aproximación. Turrialba. 42 (1): 79-89.

HOLMANN, F. ; ESTRADA, R. 1997. Alternativas agropecuarias en la región Pacífico Central de Costra 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. 88 p.

TOLEDO, J. M. 1994. Livestock productions on pasture: parameters for sustainibility. *In* Holman J (ed.) Animal Agriculture an Natural Resources in Central America: Strategies for Sustainibility; Proceedings of a Symposium/Workshop. San José, Costa Rica. pp. 125-136.

EFFECT OF WOODY AND HERBACEOUS LEGUMES ON THE GROWTH AND NUTRIENT CONTENT OF TWO TROPICAL GRASS SPECIES

M. Domínguez[1], D. Kass[2], M. Ibrahim[2], F. Jiménez[2]
[1]Former graduate student, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
[2]Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Systems Area.
CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.

Resumen
Se realizó un experimento factorial (2 X 2 X 5) con dos especies de gramineas, *Panicum maximum* Jacq. (Var. CIAT 16061) y *Brachiaria humidicola* Rendle (Var. CIAT 679) en monocultivo o en asocio con *Centrosema macrocarpum* (Benth). Había cinco niveles de adición de mantillo: ninguno; *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook (138 g maceta^{-1}) para dar 150 kg N ha^{-1}; *E. poeppigiana* (276 g maceta^{-1}) para dar 300 kg N ha^{-1}; *Acacia mangium* Will. (86 g maceta^{-1}) para dar 150 kg N ha^{-1} y *A. mangium* (173 g maceta^{-1}) para dar 300 kg N ha^{-1}. El mejor crecimiento de gramíneas con mayor contenido de nutrientes se obtuvo con el nivel más alto de *E. poeppigiana* y asocio con *C. macrocarpum.* Sin embargo, el mantillo de *A. mangium* también tenía efecto significativo sobre el control. El efecto de *C. macrocarpum* fue siempre positivo.

Palabras claves: *Acacia mangium, Brachiaria humidicola, Centrosema macrocarpum Erythrina poeppigiana,* N supply, nutrient cycling, nutrient use efficiency, *Panicum maximum*, tropical pastures

Introduction

It should be possible to increase both the growth, N content and nutritional value of tropical pastures by associating them with either herbaceous legumes or N-fixing-trees. A range of different strategies are possible, utilizing either herbaceous or arboreal legumes in association with different grass species. The present research was carried out to see to what extent growth and nutrient content of two grass species, widely used in the humid tropics, could be improved by the addition of prunings of N fixing trees and/or by association with herbaceous legumes. Efficiency of nutrient absorption has been used to estimate how much of a nutrient applied in different forms is utilized by the crop to which it is applied and how much is taken up by other sinks within and outside of the system (Novoa and Loomis, 1981, Moll et al., 1982)

Methodology

A completely randomized experiment was set up in a greenhouse in Turrialba, Costa Rica (9°53' N, 83°38' W, altitude of 603 m). Temperatures in the greenhouse varied between 20.3 and 32 °C during the experiment. The design was a 2 X 2 X 5 factorial with two grass species, *Panicum maximum* Jacq. (Var. CIAT 16061) and *Brachiaria humidicola* Rendle (Var. CIAT 679), grown alone or in association with *Centrosema macrocarpum* Benth. There were five levels of mulch addition: none; *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook (138 g pot^{-1}) to give 150 kg N ha^{-1}; *E. poeppigiana* (276 g pot^{-1}) to give 300 kg N ha^{-1}; *Acacia mangium* Will. (86 g pot $^{-1}$) to give 150 kg N ha^{-1}, and *A. mangium* (173 g pot^{-1}) to give 300 kg N ha^{-1}. The *E. poeppigiana* contained 260 mg g^{-1} dry matter with an N content

of 42.1 mg g^{-1} The *A. mangium* contained 449 mg g^{-1} DM with an N content of 21.0 mg g^{-1}. The trial was carried out in pots with an upper diameter of 26 cm and a height of 21.2 cm, giving a volume of 0.0098 m^3, which were filled with soil taken from the experimental farm of CIAT in San Isidro del General, Costa Rica, which is classificed as an Ultisol with pH 5.2 and 55% Al saturation. Seeding rates were 4.5 kg $ha^{-1}$for *P. maximum*, 3.5 kg ha^{-1} for *B. humidicola* and 2 kg $ha^{-1}$for *C. macrocarpum*.

Plant height of the grasses was measured weekly. Biomass production was evaluated 10 and 15 weeks after planting by cutting the grass at 10 cm from the soil surface and drying the contents at 60 °C for 24 hours. Grasses were separated from legumes manually. N content was determined by the Kjeldahl method; Ca, Mg, K and P were determined by perchloric acid digestion followed by atomic absorption for Ca, Mg and K and ammonium molibdate colorimetry for P. Efficiency of nutrient absorption was calculated as: {(g nutrient in harvested plant in treatment)-(g nutrients in control)}/ (g nutrient applied) (Van Sanford and McKown, 1986; Bertsch, 1995).

Results and discussion

The analysis of variance indicated significant differences and interactions among all factors. In all cases *B. humidicola* showed greater plant height and biomass production than *P. maximum*. Highest values for plant height and biomass for both grass species were obtained with the higher level of *E. poeppigiana* mulch, which corresponded to 300 kg N ha^{-1}. Application of *A. mangium* mulch, although producing lower values of plant height and biomass than *E. poeppigiana*, still produced significantly higher values than the control pots without mulch application. Efficiency of nutrient absorption for N, Ca, Mg and K showed significant effects for mulch and for the interactions grass species X associated legume, grass species X mulch. Nutrient concentration in the grasses increased when mulch application was increased and were higher in *P. maximum*. (Table 1). Statistically significant differences in the nutrient concentration in the roots when associated with *C. macrocarpum* was observed for N, Ca, Mg, P and Mn. Higher N concentrations were found in both grass species when associated with this legume. In all associated treatments, highest nutrient concentrations were found with *B. humidicola*. Levels of Ca, K, P, Zn and N were significantly affected by the mulch X association interaction. Concentrations of Ca and P were greater in the associated treatments. N levels were also higher with mulch application but were not proportional to the amount of mulch applied. Only K concentrations showed a significant effect for the grass X mulch interaction, being greater with *B. humidicola* than with *P. maximum* but the control had a lower K concentration than either mulch at either level.

Conclusions

It was concluded that both plant height and biomass production were affected by mulch application although the degree of the effect depended on the quantity and type of mulch applied. Nutrient concentration and efficiency of nutrient absorption depended on mulch species, mulch application rates, legume association, as well as genetic differences in the capacity of grass species to absorb nutrients from soils.

Literature Cited

Bertsch, F. 1995. La fertilidad de suelos y su manejo. Asocio Costaricense de Ciencia de Suelo. San José, Costa Rica. 157 p.

Moll, R.H., 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, R.S. 1981. Nitrogen and plant production. Plant and Soil 58: 177-2204.

Van Sanford, D.A. and Mc Kown, C.T. 1986. Variation in nitrogen use efficiency among soft red winter wheat genotypes. Theoretical and Applied Genetics 72: 158-163.

Table 1. Mean concentrations (%) of nutrients in foliage as determined by grass species, mulch addition and presence of *Centrosema macrocarpum* (simple effects).

Factor	Grass species		Mulch addition				Presence of *C. macrocarpum*	
Nutrient	*P. maximum*	*B. humidicola*	*E. poeppigiana* (276 g pot^{-1})	*E. poeppigiana* (138 g pot^{-1})	*A. mangium* (173 g pot^{-1})	*A. mangium* (86 g pot^{-1})	With	Without
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	0.013b
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	0.83 b	0.126 a	0.095 b	0.093 b	0.081 bc	0.114 a	0.073 b

Values followed by same letter in same row for each factor (grass species; mulch addition; presence of *C. macrocarpum*) do not differ significantly by Tukey test at $p < 0.05$

CONTRIBUCION ECOLOGICA DE LOS TANINOS DE ESPECIES LEÑOSAS SOBRE LA UTILIZACION DE NITROGENO POR BOVINOS

O. Flores[1], M. Ibrahim[2], D. Kass[2], y H. Andrade[2]
[1]Universidad de San Carlos
[2]Unidad de Desarrollo de Sistemas Agroforestales, Area de Cuencas y Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.

Abstract
This study was conducted on CATIE's experimental farm in Turrialba, Costa Rica to determine the effect of feeding forages of contrasting tannin concentrations on N utilisation by young bulls. The treatments were different supplements of *C. calothyrsus* and *Gliricida sepium* (0: 100, 33: 67, 67: 33 and 100: 0), where increasing levels of *C. calothyrsus* simulated increasing tannin levels. *C. calothyrsus* had lower *in vitro* DM digestibility (30.2 vs 62.1%) and higher condensed tannins (18.5 vs 1.8 g kg DM $^{-1}$) than *C. sepium.* As the level of *C. calothyrsus* increased, N intake decreased, faecal N increased, urinary N, N retained and N absorbed decreased whereas the efficiency of use of absorbed N increased. The use of a mixture of forages with contrasting tannin concentrations contributed to increased efficiency of absorbed N and modified pathways of N excretion in ruminants.

Key words: *Calliandra calothyrsus, Gliricida sepium*, in vitro dry matter digestibility, N use efficiency

Introducción

La mayoría de las leguminosas forrajeras como *Calliandra calothyrsus* y *Desmodium ovalifolium* contienen altas concentraciones de taninos condensados que tienen efectos depresivos sobre el consumo y digestibilidad de la materia seca (MS) y el N (Kumar y D'Mello, 1995). Sin embargo, la incorporación de taninos en niveles adecuados en la dieta puede ejercer efectos positivos en la productividad animal, dada la capacidad de estos compuestos de proteger parte del N de la degradación ruminal y favorecer su utilización mas 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), aspecto que tiene significancia en la agricultura orgánica. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de suplementación a toretes, utilizando forrajes de diferentes niveles de taninos, sobre la utilización y excreción de N. Para este estudio se utiliza *C. calothyrsus* y *Gliricidia sepium,* dos especies forrajeras bien adaptadas en el trópico. La primera tiene alta y la segunda tiene baja concentraciones de taninos.

Metodología

Este 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), que fueron estabulados en corrales. La dieta basal fue de pasto King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), el cual fue suplementado con diferentes proporciones de *C. calothyrsus* y *G. sepium* (0:100, 33:67, 67:33 y 100:0), tal como un incremento en la cantidad de *C. calothyrsus* simula un incremento en la cantidad de taninos ofrecidos. La cantidad de leguminosa ofrecido representa 25% (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 utilizó arneses tomando como base los diseños propuestos por Gorski *et al* (1957) y Border *et al* (1963), para la colección total de heces y orina diaria. Se tomó muestras de heces y orina cada día para análisis químico. Se realizó análisis químico de forrajes determinando: N (semi-micro-Kjeldahl); fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (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 and 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 según Alagon (1990). Se estimo 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 los siguientes formulas:

EUNC (%) = (NR/NC)*100; EUNA (%) = (NA/NR) * 100

Resultados y discusión

Composición de los alimentos. La concentración de proteína cruda de las dos leguminosas fue similar pero la DIVMS de *G. sepium* supero de *C. calothyrsus* (62.1 vs 30.2%, respectivamente). Como esperaba, *C. calothyrsus* presentó mayor valores de fenoles totales y de taninos condensados que *G. sepium* (cuadro 1) y esta puede explicar diferencias en DIVMS entre los dos especies (Valerio, 1990).

Cuadro 1. Proteína cruda, digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS), fenoles totales y taninos condensados de *Pennisetum purpureum x. P. typhoides*, *Calliandra calothyrsus* y *Gliricidia sepium* (desviación estándar en paréntesis).

Parámetro	Especies		
	P. purpureum x. *P. Typhoides*	*G. sepium*	*C. calothyrsus*
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			
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)

Balance de N. La cantidad de NC disminuye significativamente ($p < 0.05$) a menudo que el nivel de *C. calothyrsus* aumenta en la dieta, lo cual puede estar relacionada con una reducción en el consumo total de MS (Flores, 1998). La inclusión de *C. calothyrsus* en la dieta resultó en una mayor cantidad de N excretada vía heces, excepto cuando este leguminosa representó 100% del suplemento. Por otro lado, la cantidad de N excretada vía orina disminuye linealmente ($p < 0.01$) cuando se aumento el nivel de *C. calothyrsus* y la misma tendencia se observó con el cantidad de NA y el NR (cuadro 2). *C. calothyrsus* tiene una baja degradabilidad de proteína y este puede explicar un incremento en fecal N (Flores 1998). No se detectó efectos significativos de tratamientos sobre EUNC. Por el contrario, la EUNA mostró una tendencia creciente y significativa ($p<0.02$) a medida que se incrementó la cantidad de *C. calothyrsus* (Figura 1). Se concluye que la mezcla con

forrajes de diferentes concentraciones de taninos contribuye en una mayor utilización del N absorbido y en mayor cantidad de N excretada vía heces en rumiantes. Sin embargo, altas niveles de *C. calothyrsus* en la dieta resultó en una reducción en la cantidad de N retenido y esta puede tener efectos negativas en la producción en particular con vacas lecheras.

Cuadro 2. Balance de nitrógeno (g 100 kg PV^{-1} $día^{-1}$) en toretes estabulados consumiendo *Pennisetum purpureum x. P. typhoides*, y diferentes niveles de *Calliandra calothyrsus* y *Gliricidia sepium*.

	C. calothyrsus 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

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

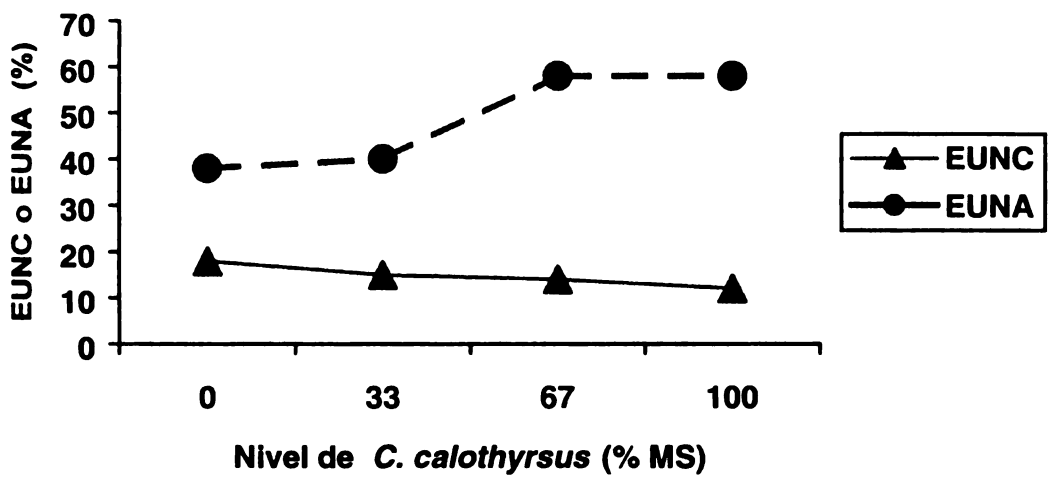


Figura 1. Efecto de diferentes niveles de *Calliandra calothyrsus* en combinación con *Gliricidia sepium* sobre la eficiencia de uso de N consumido (EUNC) y la eficiencia de uso de N absorbido (EUNA).

LITERATURA CITADA

ALAGON, 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, C.R., CATIE. 145 p.

BORDER, J.R.; HARRIS, L.E.; BUTCHER, J.E. 1963. Apparatus for obtaining sustained quantitative colletions of urine from male cattle grazing pasture or range. Journal Animal Science 22: 521-525.

FASSLER, O.; LASCANO, C. 1995. The effect of mixtures of sun-dried tropical legumes on intake and nitrogen balance by sheep. Tropical Grassland. 29: 92-96.

FLORES, O.I. 1998. Contribución ecológica de los taninos de especies leñosas sobre la utilización de nitrógeno por bovinos y la fertilidad del suelo. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 91 p.

GORSKI, J.; BLOSSER, F.R.; MURDOCK, A.S.; HODGSON, A.S.; SONY, B.K.; ERB, R.E. 1957. A urine and faeces collection apparatus for heifers and cows. Journal Animal Science 24: 100-109.

KUMAR, R.; 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). P. 95-135.

LUCAS, H.L. 1983. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. North Carolina State University. Releigh, North Carolina. Chapt. 16. p. 1-51.

ORSKOV, E.R.; 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.

CRECIMIENTO DE *Panicum maximum* BAJO *Pinus caribaea*

Luis Gallo[1], Eduardo Somarriba[2], Muhammad Ibrahim[2], Glenn Galloway[3]
[1]Estudiante Maestría, CATIE
[2]Unidad de Desarrollo de Sistemas agroforestales, Area de Cuencas y Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica
[3]Unidad de Manejo de Bosques. Proyecto TRANSFORMA

Abstract
The growth of *Panicum maximum* was studied under stands of *Pinus caribaea* with different densities. Five regression models and five stand densitiy indexes were studied. The productivity of *P. maximum* decreased as the tree stand density of increased. Stand basal area and a negative exponential function are recommended to model the productivity of *P.maximum* under *P. caribaea.*

Key words: Costa Rica, silvopastoral systems, stand density index, regression models

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 era evaluar cinco diferentes formas funcionales y cinco índices de densidad de los árboles para modelar los cambios de la productividad de *Panicum maximum* bajo rodales de *Pinus caribaea* de diferentes densidades. 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 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).

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una finca localizada en Pavones, Turrialba (9°54' N y 83°7' W, altitud de 600 m, precipitación anual de 3240 mm, temperatura promedio anual de 18°C y humedad relativa del 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 m^2 ha^{-1} de área basal. Las parcelas midieron 1000 m^2 (50 x 20 m) de área útil y 1400 m^2 de bordes. Las seis parcelas se ralearon en 1986 reduciendo el área basal a 8-14 m^2 ha^{-1}. Entre 1985-1990 se midió el crecimiento de los árboles, la composición botánica y el crecimiento de *P. maximum* utilizando el método de doble muestreo.

Resultados

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

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

Parcela	Intervalo	*P. maximum*	Indicadores de densidad de *P. caribaea*				
		(kg MS ha^{-1} día^{-1})	G (m^2 ha^{-1})	IDR	CCF (%)	RS (%)	BC (kg ha^{-1})
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; IDR = índice de densidad de rodal; CCF = factor de cubrimiento de copas; RS = índice de espaciamiento relativo; BC = biomasa de follaje del rodal. Los intervalos de medición promedian el crecimiento de *P. maximum* cada seis meses aproximadamente.

Discusión

Los modelos exponencial negativo y lineal fueron los que mejor explicaron la disminución del crecimiento de *P. maximum* ante incrementos de la densidad de rodales de *P. caribaea*. Estas observaciones son consistentes con resultados reportados en trabajos en zonas templadas con *Pinus ponderosa* (Mitchell y Bartling, 1991). El modelo $y= a\ e^{-bx}$ resulta el más indicado de los modelos exponenciales 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.

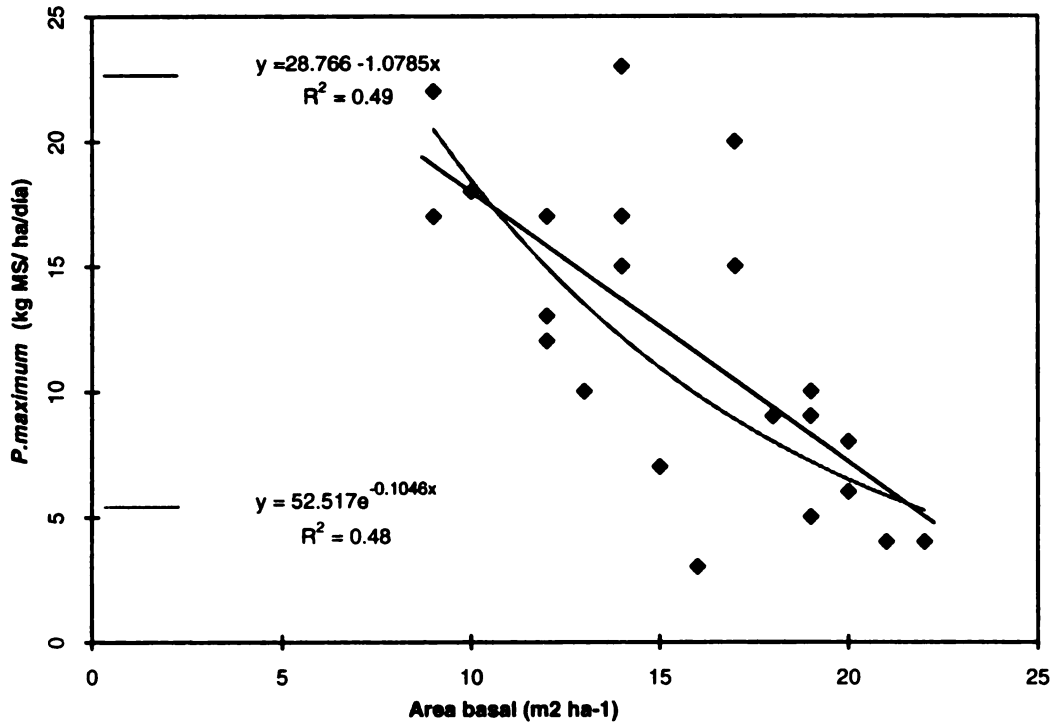


Figura 1. Modelos de regresión lineal y no lineal para la relación entre área basal (x) de *Pinus caribaea* y crecimiento de *Panicum maximum* (y) en Pavones, Costa Rica.

Los índices de densidad fueron todos muy similares en cuanto a su poder predictivo sobre el crecimiento de la pradera 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 N. La biomasa de copa es también una estimación alométrica basada en dap y 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 dap. En este estudio, la población de las parcelas 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 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 reduce 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.

Literatura citada

Egunjobi, J.K. 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, J.E.; Brinkman, K.A.; Gingrich, S.F. 1961 . Crown competition - a measure of density. Forest Science, 7:36-42.

Mitchell, J.E.; Bartling, P.N. 1991 . Comparison of linear and no linear overstory-understory models for ponderosa pine. Forest Ecology and Management 42:195-204.

Reineke, L.H. 1933. Perfecting a stand-density index for even aged forest. Journal of Agricultural Research 46:627-638.

Wilson, F.G. 1946 . Numerical expression of stocking in terms of height. Journal of Forestry.77(8):483-486.

CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA ZONA ATLÁNTICA DE COSTA RICA

A. Lopez Musalem[1], A. Schlönvoigt[2], M. Ibrahim[2], C. Kleinn[3], M. Kanninen[4]
[1]Egresado del Programa de Maestría, CATIE.
[2]Unidad Desarrollo de Sistemas Agroforestales. Area de Cuencas y Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica
[3] Unidad de Biométrica, CATIE.
[4] Programa de investigación, CATIE.

Abstract
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 Tropofluvent soil stored 233 t C ha^{-1} in the upper 50 cm under pure green Panic pasture (*Panicum maximum* Jacq.). In association with three different growth stages of natural regeneration of salmwood (*Cordia alliodora* Ruiz&Pav.) Oken; <3, 3-7, >7 years), the soil was less fertile and stored similar amounts of between 180-200 t C ha^{-1}. C concentrations decreased with soil depth and distance from the tree. Variability of C distribution increased with soil depth and age of the stand.

Key words: *Cordia alliodora*, distribución de carbono, *Panicum maximum*, secuestro de carbono, suelo

Introducción
El dióxido de carbono (C) es el principal gas de invernadero que contribuye al cambio climático. En el suelo el C está almacenado como parte de la materia orgánica, y representa una importante reserva de C dentro de la biósfera, estimado en más de 1,400 Gt (1Gt =10^{15} g) a nivel global, casi el doble del que hay en la atmósfera (Post *et al*, 1982). En los últimos 25 años en la zona Atlántica de Costa Rica, la conversión del bosque a pasturas poco productivas ha resultado en una pérdida neta de 150-2180 g C m^{-2} del suelo, dependiendo del tipo de suelo (Veldkamp, 1994). Sin embargo, en otros países tropicales laumentos en la reserva de C del suelo fueron reportados especialmente para pasturas mejoradas y bien manejadas (Lugo & Brown, 1993; Fisher *et al.*, 1994). Los niveles de degradación ambiental en Latinoamérica obligan a orientar la política de desarrollo hacia un manejo sustentable de los recursos, en donde los incentivos forestales para el secuestro de C pueden fomentar la adopción de los sistemas agroforestales. Este estudio de caso en San Carlos, Costa Rica, dio resultados sobre C almacenado en el suelo bajo pasto puro y un sistema silvopastoril que incluye pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) y laurel (*Cordia alliodora* (Ruíz&Pav) Oken) en tres diferentes etapas de regeneración natural de esta especie maderable.

Metodología
Descripción del sitio y manejo de las pasturas. La investigación se realizó en la finca La Guaria a 3 km de La Fortuna de San Carlos, en la Región Norte de Costa Rica (10°28' N, 84°35' O, 250 msnm). La región pertenece a la zona del bosque muy húmedo tropical, con clima caliente y una estación seca corta. La precipitación media anual es de 3.609 mm y la temperatura media anual es de 26,1°C. Los suelos en las parcelas experimentales se

clasifican como *Typic Tropofluvent* (USDA) de textura gruesa, pH ligeramente ácido y media a baja fertilidad. Las pasturas fueron establecidas hace 50 años, cuando agricultores colonizaron esta zona para dedicarse a la ganadería; en el caso de La Guaria, de doble propósito. Hace 15 años se comenzó a permitir la regeneración natural de *C. alliodora* en las pasturas en la finca experimental. Se manejan los pastos o con apartados de 0.7 ha (50 animales durante cuatro días, después aproximadamente cinco semanas de descanso) o de 4 ha (50 animales durante dos semanas, después aproximadamente cinco semanas de descanso). Cada tres meses se chapean los pastos manualmente.

Muestreo y mediciones. Se establecieron cuatro parcelas de observación sin repeticiones: pasto solo, pasto con árboles pequeños (<3 años), pasto con árboles medianos (3-7 años) y pasto bajo árboles grandes (>7 años). La primera se localizó dentro de un potrero de 4 ha a 800 m de las otras tres parcelas, las cuales se encontraban contiguas en apartos de 0.7 ha. En todas las parcelas se contó el número de macollos de *P. maximum* presentes en una sub-parcela de 10 m^2. En las parcelas arborizadas, se realizó un inventario del componente forestal, estimando la densidad de los árboles por hectárea y midiendo el diámetro del tallo a la altura del pecho (dap), la altura total y el diámetro de copa (excepto en la parcela con árboles pequeños) de veinte árboles, que formaban un rodal dentro de la parcela. En cada parcela, se seleccionaron un área de 20x20m con aproximadamente 10 árboles representativos para el muestreo del suelo. Quitando un borde de 2,5m, se ubicó una rejilla de 6*4 puntos a 3*5m de distancia en el centro de éste área. En cada punto, se tomaron muestras de suelo a cuatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30 y 30-50cm) con un barreno de 8cm de diámetro. De cada muestra, se tomó una submuestra de suelo de 20g, para la determinación de C orgánico por el método de Walkley-Black. Para la conversión de materia orgánica a C del suelo se usó el factor 1.72 (Diaz-Romeu y Hunter, 1982).

Análisis de datos. El C almacenado en cada capa del suelo, se calculó como valores promedios con los intervalos de confianza respectivos en g $50cm^{-2}$ (este corresponde al área muestreado en cada punto de la rejilla) o en t ha^{-1}, y g l^{-1} de suelo, que corresponde a la concentración de C en el suelo. Se compararon los sistemas pasturas solas y asociadas con *C. alliodora* en cuanto al contenido de C en el suelo consciente de la limitación que hubo diferencias entre el manejo del pasto puro y del sistema silvopastoril. Se probó un modelo de regresión lineal multivariado ($p< 0,05$), con el objetivo de detectar una relación entre el C del suelo secuestrado hasta una profundidad de 50 cm con las variables distancia a los tres árboles más cercanos y sus medidas respectivas: dap y altura total. El volúmen de madera del tallo de *C. alliodora* se calculó según Somarriba y Beer (1987). La cantidad de C almacenado en la madera, se calculó para cada árbol multiplicando el volumen por el factor de 0.25 que toma en cuenta tanto la densidad de la madera (g cm^{-3}) como el porcentaje de C en la biomasa, ambos reportados como 0.5. La acumulación de C en la madera por hectarea se calculó en base de la densidad de los árboles.

Resultados y discusión

Crecimiento de las especies. Las densidades de los árboles en las parcelas silvopastoriles disminuyeron en un 30% comparando las parcela <3 y >7 años (Tabla 1). El crecimiento de los árboles de tres a siete años corresponde a datos reportados 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 era en 20 % más alto en pasto puro que en las parcelas con

árboles pequeños. Entre más grandes los árboles, se redujo la densidad de macollos hasta un 40%. La reducción de la densidad de los macollos de *P. maximum* debajo de los árboles se puede relacionar con la sombra y competencia generada por los árboles.

Tabla 1. Densidades de *Panicum maximum* y *Cordia alliodora* en las parcelas experimentales en San Carlos, Costa Rica, y valores promedios de edad (a), diámetro del tallo a la altura del pecho ($\bar{d}$), altura total ($\bar{h}$), área basal (G) y volúmen total (V) de los árboles

Parcelas	Densidad *P. maximum* (ind. ha^{-1})	Densidad *C. alliodora* (ind. ha^{-1})	a (años)	$\bar{d}$ (cm)	$\bar{h}$ (m)	G (m^2 ha^{-1})	V (m^3 ha^{-1})	C* (t ha^{-1})
1. Pasto puro	9822	0	-	-	-	-	-	-
2. Arboles pequeños	8086	180	< 3	7.8	6.0	0.9	9.36	2.34
3. Arboles medianos	7827	153	3 - 7	17.8	15.2	3.9	35.19	8.80
4. Arboles grandes	6000	125	> 7	30.0	22.7	8.8	107.50	26.88

* almacenado en los tallos de los árboles

Almacenaje de C en el suelo. En el sistema silvopastoril, el suelo almacenó por lo menos seis veces más cantidad de C que la madera del tallo de *C. alliodora* (Tabla 1, Figura 1). En un bosque o una plantación, la mitad del C en el ecosistema se puede encontrar en la biomasa aerea (Dixon *et al* 1994); sin embargo, las densidades y edades de los árboles en estos bosques o plantaciones forestales son mucho más altos que en este estudio. La diferencia en contenido de C entre la pastura sola y la pastura con árboles se puede relacionar con una diferencia en la fertilidad del suelo entre sitios, ya que bajo pastura pura hubo porcentajes más altos de N_{total} y menos compactación. La composición química del suelo puede ser más importante en la determinación de la producción de materia orgánica que el clima (Vogt *et al.*, 1996). Estas limitaciones son probablemente el resultado del diferente manejo del pasto solo y de las parcelas con árboles. Además, la reducción de la densidad del pasto debajo de la sombra de los árboles puede afectar el almacenaje de C en el suelo, debido a que pastos bien manejados influyen positivamente sobre el C en el suelo (Fisher et al., 1994).

La concentración de C en el suelo redujo en todas las parcelas con la profundidad. La variabilidad entre puntos de muestreo era más baja en pasto puro y más alta en parcelas con árboles grandes. La presencia de árboles grandes aumentó la variabilidad de C sobre todo en capas más profundas. Lo anterior es confirmado por los resultados de las regresiones multivariadas para las parcelas con árboles medianos y grandes, que indican un aumento en la cantidad de C al disminuir la distancia al árbol más cercano.

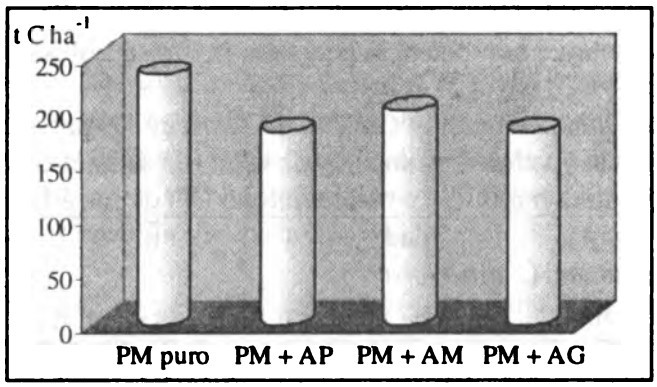


Figura 1. Almacenaje de carbono en el suelo (0-50 cm) debajo del pasto *Panicum maximum* puro (PM puro) y en asociación con *Cordia alliodora* < 3 años (PM+AP), 3-7 años (PM+AM), >7 años (PM+AG) en San Carlos, Costa Rica

Conclusiones

Este estudio de caso sobre el secuestro de C en el suelo de un sistema silvopastoril con *P. maximum* y *C. alliodora* de regeneración natural indica que en suelos medio fértiles y bien drenados este sistema tiene el potencial de acumular C en la biomasa, sin disminuir el C en el suelo durante los primeros diez años de crecimiento. Se genera ingresos para el productor y la madera producida almacena el C por muchos años, si está utilizada como madera de construcción, y a la vez se reduce la presión sobre el C almacenado en los bosques. Hay que comprobar estos resultados con estudios complementarios que incluyen diferentes ecozonas, especies de pasto y forestales para poder elaborar una propuesta para incentivar sistemas silvopastoriles a nivel nacional.

Literatura citada

Diaz-Romeu, R. y Hunter, A. 1982. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones en invernadero. Serie Materiales de Enseñanza No. 12, CATIE, Turrialba, Costa Rica

Dixon, R.K.; Brown, S.; Houghton, R.A. Salomon, A.M.; Trexler, M.C.; Wisniewski, J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science 263: 185-190

Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica. In: Gomez LD (ed) Vegetación y clima de Costa Rica. 2. ed. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

Lucas, C., Beer, J., 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

Lugo, A.E., Brown, S. 1993. Management of tropical soils as sinks or sources of atmosferic carbon. Plant and Soil 149: 27-41

Post, W.H., Emanuel, W.R., Zinke, P.S., Stangenberger. A.G. 1982. Soil carbon pools and world life zones. Nature 298: 156-159

Somarriba, E.; 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

Vogt, A.K., Vogt, D.J., Palmiotto, P.A., Boon, P., O Hara, J., Asbjorsen, H. 1996. Review of root dynamics in forested ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. Plant and Soil 187: 159-219

CONTRIBUCION DE *Acacia mangium* EN EL APORTE DE FOSFORO EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL CON *Brachiaria humidicola* BAJO SUELOS ACIDOS

A. Velasco[1], M. Ibrahim[2], D. Kass[2], F. Jiménez[2], G. Rivas[3]
[1]Estudiante Maestría CATIE
[2]Unidad Desarrollo de Sistemas Agroforestales. Area de Cuencas y Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
[3]Area Agricultura Ecológica. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Abstract
This study was conducted at the IDIAP experimental station of Calabacito, Panamá (mean annual rainfall of 2500 mm and temperature of 27 °C; soils are acid with high Al saturation), to determine the effect of the timber tree *Acacia mangium* on total, available and organic soil P. The treatments were: 1) *Brachiaria humidicola* monoculture; 2) *B. humidicola* in mixture with a low density (120 trees ha^{-1}) of *A. Mangium;* and 3) *B. humidicola* in mixture with a high density (240 trees ha^{-1}) of *A. mangium*. Total and available soil P was significantly ($p < 0.05$) lower in the dry compared to the wet season (227 vs 259; 1.7 vs 3.7 mg l^{-1}, respectively). Mixtures of *A. mangium* had higher total, available and organic P with values of 232, 253 and 292; 81, 92 and 99; 2.7, 3.8 and 4.5 mg l^{-1} for *B. humidicola* monoculture and low and high density *A. mangium* pastures respectively. It is concluded that the integration of *A. mangium* in *B. humidicola* pastures contributed to significant improvements in soil P.

Key words: humid tropics, litter, phosphorus, silvopastoral systems

Introducción

Cerca del 55% de los suelos tropicales son ácidos y corresponden al orden de los Oxisoles y Ultisoles (Sánchez y Salinas 1981). Aunque el contenido de P en ellos es estable se hace deficiente para las plantas por su baja solubilidad (Bertsch 1995), siendo por lo tanto un elemento crítico en sistemas agroforestales (Szott y Kass 1993). La *Acacia mangium*, especie que forma asociaciones con hongos micorríticos vesículo arbusculares (Cruz y Yantasath 1993) y adaptada a suelos ácidos, se muestra como especie promisoria 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*. Esta última especie es una gramínea también bien adaptada a suelos ácidos.

Metodología

Este estudio se realizó entre noviembre de 1997 y octubre de 1998 en la estación experimental de Calabacito, Panamá (precipitación y temperatura media anual de 2500 mm $año^{-1}$ y 27 °C respectivamente; elevación de 100 msnm). Los suelos son del orden de los Ultisoles, ácidos (pH (H_2O) = 4.9) y concentraciones altas de Al (4.3 meq/100 g suelo).

Los tratamientos fueron: (1) *B. humidicola* en monocultivo (BhM); (2) *B. humidicola* con *A. mangium* a baja densidad (120 arbóles ha^{-1}, BhAmB); y (3) *B. humidicola* con *A. mangium* a alta densidad (240 árboles ha^{-1}, BhAmA). El diseño fue completamente al azar con cuatro repeticiones, cada una en parcelas de 2000 m^2, para un total de 12. Los árboles de *A. mangium* se plantaron en 1993 a 3 m entre árboles y 8 m entre hileras; la *B. humidicola* fue sembrada en agosto 1994. En octubre de 1997, se hizo un raleo de *A.*

mangium para establecer las diferentes densidades BhM, BhAmB y BhAmA. 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 por 24 días de descanso.

Se utilizó el método de doble muestreo (Haydock y Shaw 1975) para determinar la cantidad de hojarasca producida mensualmente por *A. mangium*. Se recolectó muestras de ésta para determinar la concentración de P, y para estimar su aporte de P. Se tomaron muestras de suelo en la época seca (febrero-abril) y lluviosa (junio-julio) para analizar el P total (digestión con $HClO_4$), P orgánico (ignición y extracción con H_2SO_4) y P disponible (Olsen modificado). En las parcelas con *A. mangium* se tomó muestras de suelo bajo (Bcopa) y fuera (Fcopa) de la influencia de la copa, para estimar el efecto de la copa en el contenido de P del suelo. También se tomó muestras de suelo para cuantificar la población de micorrizas bajo el sistema de *A. mangium*.

Resultados y discusión

Aporte de P vía hojarasca. La concentración de P en la hojarasca de *A. mangium* fue de 0.08%. El aporte de P por esta vía fue significativamente mayor ($p<0.05$) en el sistema de alta densidad (7 kg ha^{-1} $año^{-1}$) comparado con el de baja densidad (4.5 kg ha^{-1} $año^{-1}$).

Fósforo en el suelo. El contenido de P total y P disponible fue significativamente mayor ($p<0.05$) en la época húmeda que en la época seca (259 vs. 227; 3.7 vs. 1.7 mg l^{-1}, respectivamente), pero el P orgánico no varía entre épocas. La mayor concentración de P en la época húmeda puede 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* y se observó siempre mayores contenidos de P en los sistemas con *A. mangium* a alta densidad (cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de los sistemas (BhM: *Brachiaria humidicola* monocultivo, BhAmB: *B. humidicola* más 120 árboles ha^{-1} de *A. mangium*, BhAmA: *B. humidicola* más 240 árboles ha^{-1} de *A. mangium*) sobre la concentración de P total, orgánico y disponible en el suelo (mg l^{-1}), Calabacito, Panamá, 1998.

		EPOCA	
	SISTEMA	SECA	HUMEDA
P total (mg l^{-1})	BhM	229 a[1]	232 c
	BhAmB	217 a	253 b
	BhAmA	236 a	292 a
P orgánico (mg l^{-1})	BhM	80 a	81 b
	BhAmB	81 a	92 a
	BhAmA	85 a	99 a
P fisponible (mg l^{-1})	BhM	1.7 a	2.7 c
	BhAmB	1.7 a	3.8 b
	BhAmA	1.6 a	4.5 a

[1]Medias para cada variable en la misma columna con la misma letra no difieren significativa ($p<0.05$).

La concentración de P total, P orgánico y P disponible bajo la copa de *A. mangium* fue siempre mayor que fuera de ella en la época húmeda (291 vs 254, 100 vs 93 y 4.3 vs 3.9 mg

l^{-1}, respectivamente); sin embargo, en la época seca no se encontraron diferencias (Cuadro 2). La mayor concentración de P encontrado en los sistemas con *A. mangium* puede estar relacionado con la mayor población micorrízica que se ha observado bajo sistemas silvopastoriles con *A. mangium* (Figura 1). Estudios realizados en suelos volcánicos del trópico húmedo mostraron que la integración de *Erythrina berteroana* en un sistema silvopastoril con *Brachiaria brizantha* no contribuyó en el mejoramiento del contenido de P en el suelo (Esquivel *et al.* 1998). El mejoramiento del P es un aspecto muy importante para estos sistemas, tomando en cuenta que la deficiencia de P es un factor limitante para la producción de la pastura (Sánchez y Salinas 1981).

Cuadro 2. Efecto de la copa de Acacia mangium (Bcopa= bajo la copa, Fcopa= fuera de la copa) sobre el contenido de P total, orgánico y disponible en el suelo (mg l^{-1}).

		EPOCA	
	POSICION	SECA	HUMEDA
P total (mg l^{-1})	Bcopa	225 a[1]	291 a
	Fcopa	228 a	254 b
P orgánico (mg l^{-1})	Bcopa	83 a	100 a
	Fcopa	83 a	93 b
P disponible (mg l^{-1})	Bcopa	1.6 a	4.3 a
	Fcopa	1.6 a	3.9 b

[1]Medias para la misma variable en la misma columna con la misma letra no difieren significativamente ($p<0.05$).

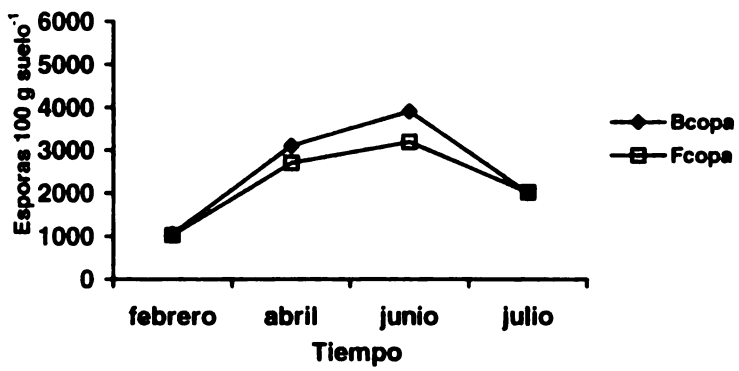


Figura 1. Variación poblacional en el tiempo de hongos micorrícicos bajo (Bcopa) y fuera (Fcopa) de la copa de *Acacia mangium* en potreros de *Brachiaria humidicola*, Calabacito, Panamá, 1998.

Conclusión

Se concluyó que la integración de *A. mangium* en sistemas silvopastoriles con *B. humidicola* contribuyó en un mejoramiento de la concentración de P en el suelo. Se recomienda continuar con investigaciones para observar las relaciones simbióticas en estos sistemas.

Literatura 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 R.E..; 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.; Jimènez, F,; Pezo Danilo. 1998. Distribuciòn de nutrientes en el suelo en asociaciones de porò (*Erythrina berteroana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) o *Arachis pintoi* con *Brachiaria brizantha*. Agroforestería en las Américas, 5(17-18): 39-43.

Haydock, K.P.; Shaw, N.H. 1975. The comparative method for estimation of dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 15:169-171.

Sánchez, P.A.; Salinas, J.S. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. Advances in Agronomy 34: 279-398.

Szott, L.T.; Kass, D. 1993. Fertilizers in agroforestry systems. Agroforestry Systems 23:157-176.

Velasco J; Rivas, G; Ibrahim, M. 1998. Hongos endomicorrízicos asociados a un sistema silvopastoril. In: Memorias de II Simposio Nacional de la Simbiosis Micorriza, 4-6 noviembre, 1998, Colima México. 2 p.

AGROFORESTRY WITH PERENNIAL CROPS: RESEARCH IDEAS AND METHODOLOGIES

E. Somarriba[1], J. Beer[1], R. Muschler[1]
[1]Development of Agroforestry Systems Unit, Watershed and Agroforestry Area. CATIE, Turrialba 7170, Costa Rica.

Resumen
La investigación agroforestal de CATIE con perennes se inició con el estudio de sistemas tradicionales de café con sombra (maderable y leguminosa), poniendo énfasis en: 1) el crecimiento, poblaciones y manejo silvicultural del componente maderable; y 2) los efectos de los árboles sobre los cultivos asociados. Una segunda fase se centró en los ciclos de nutrientes, y en una tercera fase se trataba de desarrollar tecnologías para el manejo de sombra. Los principales problemas fueron: 1) la dificultad de contar con condiciones controladas para evaluar con precisión efectos entre árboles y cultivos; 2) problemas de tamaño de parcelas y de representatividad de la zona ecológica para los cultivos principales; 3) la colaboración con los finqueros fue afectada por variaciones en los precios internacionales de cacao (lo que afectó su motivación); y 4) los análisis financieros fueron afectados por el tamaño reducido de las parcelas. La investigación actual se centra en café, para entender interacciones biofísicas y socioeconómicas que afectan el diseño de los sistemas cafetaleros, como los efectos competitivos, a nivel radicular, entre cafetos y maderables en varias condiciones ecológicas, y los criterios que utilizan caficultores para tomar decisiones de manejo.

Palabras claves: *Coffea arabica*, historical account, shade, *Theobroma cacao*, timber, traditional systems

Introduction

External and internal factors influenced formally recognized agroforestry research at its inception in CATIE in 1979. Paradigms in the international research and development community were among the most influential external factors: 1) high species diversity, structural complexity, closed nutrient cycles and little or no external inputs were considered highly desirable agroecosystem attributes; these had to be evaluated in existing and new production systems; 2) trees were a common feature in most tropical agricultural landscapes and numerous "traditional" agroforestry systems existed, especially on small tropical farms. A great effort was dedicated to document existing examples (Nair 1987).

Influential local factors included: 1) CATIE is a regional Center (Central America and the Caribbean) aimed at developing productive and ecologically sound land use technologies; research results must be applicable to identified problems; 2) most of Central America is tropical humid lowlands; 3) perennial crops have been (cacao) and are (coffee) of huge socio-economic importance in this region; 4) changes in the international market prices for coffee, cocoa, annual crops and meat resulted in changes of interests by national and international organizations; 5) many traditional agroforestry systems (AFS) include timber trees which have short production cycles on these humid fertile sites; and 6) agroforestry research was lead by foresters (e.g. Department of Natural Renewable Resources, CATIE).

These influences explain why CATIE focused on multi-strata AFS with perennials when most agroforestry research groups emphasized alley cropping with annuals.

In this paper we discuss the evolution of the main research ideas and methodologies in CATIE's agroforestry research with coffee and cocoa during the past 20 years, and the prospectus for the next five years. A critical analysis of the methods used is emphasized.

Qualitative and quantitative studies of traditional multi-strata systems in Costa Rica

Two research approaches dominated the study of traditional systems with coffee and cocoa: 1) characterization (often qualitative) of existing shaded coffee systems; and 2) quantification of coffee production and particularly timber growth. Studies concentrated on valuable timber species like *Cordia alliodora* and *Cedrela odorata*. Special attention was given to the estimation of tree density, tree growth and to the enumeration of perceived advantages and disadvantages resulting from having the trees (Beer, 1987). These timber species regenerated naturally; hence practical criteria to select both farmers and measurement plots in private farms had to be devised. Methods were borrowed from forestry, population ecology and simulation techniques (Somarriba 1990; Synnott 1979). The experimental determination of optimal shade tree densities over coffee was approached through regression analysis using a systematic spacing design, focusing on the quantification of competitive interactions between shade trees and crop plants (Beer 1992). Financial sensitivity analyses, including effects of shade on coffee quality, were also carried out.

Most research was conducted in commercial coffee plantations. Coffee production, soil erosion and biomass production of "service" shade trees, such as *Erythrina poeppigiana,* was determined using randomized complete block designs (RCB), which had the following problems: 1) plots were often too small; 2) blocks were not homogeneous and their designation arbitrary (and possibly unjustified); 3) studies were often of relatively short duration (≤ one year); 4) many uncontrolled factors (natural and human influences) affected the results; 5) stands (e.g. shade tree density) was not homogeneous in a plot; 6) information on the previous management, origen and age of the crop and tree components was unreliable.

The establishment of permanent sample plots in private farms was plagued by problems of scale and internal variability. Many AFS are managed as small units (≤ 1 ha) in which some components are large (e.g. timber trees). Excluding border areas, where these large components generally are more productive, will underestimate the productivity of the typical unit. The sample, when studying traditional shade-coffee systems, should be the whole plot and not some subjectively selected central area which supposedly represents unit area productivity. Variability is large, thus affecting precision of plot data. Several sources of variability can be identified: 1) the coffee bushes usually have variable spacing, ages and even different varieties are often mixed as replanting has occurred over a sufficiently long period for recommended germplasm to vary; 2) the timber component is usually a result of natural regeneration, which may not be permitted every year but rather at intervals, and hence there can also be a high variability in shade tree spacing, ages and sizes (result of both spacing and age differences); 3) site conditions are usually highly variable and the

experimental requirement for within-block and even within-plot homogeneity, of for example soils, often can not be met; and 4) farmer participation will vary and may provoke intensified non-representative management of the plot under study.

Nutrient cycling studies in shaded coffee and cocoa

An increasing interest in process research, and in particular the need to quantify the ability of agroforestry systems to maintain nutrient reserves, was emphasized at an early stage. Studies were initiated in private farms with traditional shade management. However, in addition to the limitations mentioned in the previous section, the need for controlled management, soil homogeneity and safety ("clean" data, and security of expensive equipment) motivated a shift toward on-station research. "La Montaña", a large, replicated, researcher controlled experiment, including the comparison of leguminous *versus* timber tree species as shade in coffee and cocoa plantations, became CATIE's "Central Experiment" for agroforestry research.

Biomass and nutrient accumulation in stems, branches, leaves, litter and soil was studied at the ages zero (soil only), five and ten years. Litterfall studies, crop and timber production, water and nutrient balances, above and below-ground organic matter decomposition, soil chemical changes, soil macrofauna and financial performance were also studied. Descriptive, compartment models of biomass and nutrient stocks and fluxes were constructed. Allometric studies were used for non-destructive estimation of standing biomass. Tensiometers and ceramic lysimeters were used to quantify water movement through soil profiles and to sample soil water nutrient concentrations. Litterfall methods were borrowed from natural forest research. Soil organic matter and input-output ratios for nutrients were used as indicators of the systems' ability (stability) to maintain nutrient budgets and hence of sustainability. Mesh-bag techniques and linear or non-linear regressions modeled mulch and fine root organic matter decomposition. Atmospheric N fixation by one shade tree species (*E. poeppigiana*) was considered an important issue, but work was done on other nearby sites.

In the late 80's, the need for larger plots, more replicates and interest in alternative shade species, more representative site conditions for coffee and cocoa production and the upsurge of interest of national organizations in the cultivation of cocoa, shifted research attention to the farmer's fields in the agricultural frontier in the humid lowlands of Costa Rica and Panama.

Shade management in cocoa plantations and the search for alternative SAF

On-farm research was initiated 1988-1990 in an attempt to develop shade management alternatives under several farm scenarios with cocoa as a main crop. Three leguminous shade tree species (*Gliricidia sepium, E. poeppigiana* or *Inga edulis*) and three timber tree species (*C. alliodora, Terminalia ivorensis* or *Tabebuia rosea*) and more complex systems with plantains (*Musa* AAB), including only *C. alliodora* as the tree component, were tested on several farms. Canopy manipulation through pruning and thinning was monitored using hemispherical photography and other visual techniques. The effects of changes in shade levels on cocoa phenology and dispersal of *Moniliophthora roreri* spores were evaluated.

Data analysis was largely based on analysis of variance. Financial analyses used standard techniques and risk analyses were based on econometric modeling of product prices (cocoa, plantains and timber) and simulation techniques. In the search for optimal management, shade species were managed (pruned, thinned) differentially according to crop needs. Individual factors (such as shade level or pruning frequency) could not be studied separately in on-farm trials due to their impracticality and negative effects on cocoa yields. Thus systems rather than individual factors were compared.

Selected technologies were then disseminated into several local Amerindian communities. Adoption and technology adaptation studies are currently under way using participatory research techniques. In addition to cocoa, agroforestry research also evaluated the use of living support stakes (*E. berteroana*, *E. fusca* and *G. sepium*) for black pepper (*Piper nigrum*) to provide a new commercial perennial crop alternative to cocoa. However, severe soil fungal infestation and the use of highly susceptible black pepper genotypes resulted in a total failure of this research. Research with perennial crops also included studies of *Eugenia stipitata* (Myrtaceae), a shade-tolerant, Amazonian fruit shrub under the shade of either *C. alliodora* or *Acacia mangium*. Despite promising production and financial results, the absence of an established market for *E. stipitata* limited the potential of this permanent agrosilvicultural system.

Current and future research with coffee

Depressed international cocoa prices over more than ten years have lead to a drastic reduction in the area under cocoa cultivation in Central America and in a drop in the interest of governmental organizations and NGO's. The economic importance of coffee in Central American countries (Galloway and Beer, 1997), and CATIE's previous experience and available research infrastructure, motivated a switch back to agroforestry research with coffee in 1996.

Research is now focused on: 1) biophysical and socioeconomic criteria used by farmers to determine shade design and crop management in the face of unstable environments; and 2) the study and manipulation of key interactions between shade trees and crops. Several key interactions are given special research attention: 1) shade leve - fertility - management (e.g. organic or not) - coffee yield; 2) shade management - microclimate modifications - pathogens - coffee yields; 3) tree - crop below ground competition for water and nutrients (root research); and 4) canopy diversification – product diversification – financial stability and risk.

For the research on farmer criteria, standard multivariate techniques (principal component, cluster and discriminant analyses), Anova and contingency tables are used to identify and rank the most important factors affecting shade canopy design. Decision models, game theory and artificial intelligence models are to be explored. Farmers' decisions and knowledge on shade and coffee management are also researched in "thought experiments": e.g. contrasting possible scenarios are formed by combinations of pre-selected key factors and farmers' responses to these theoretical situations are recorded.

An example of the research on interactions are the studies of root competition, comparing fast growing timber trees, such as *Eucalyptus deglupta*, with traditional service trees, such as *Erythrina* spp. This work is already challenging standard claims for AFS such as "tree roots develop below crop roots, and hence recycle nutrients to the crop through above-ground litter fall (natural and pruning residues)". Methods of manipulating the spatial distribution of the tree roots by zoning of tree and crop components, directed fertilizer placement and the use of grass "root barriers" to reduce tree competition with the coffee, are presently being tested.

The two main research thrusts proposed for the next five years, for CATIE AF research with coffee, are bio-physical process research on coffee responses to shade and competition with trees (growth, internal C-allocation, phenology, disease-pest tolerance, yields and quality effects) and socio-economic analyses of both traditional and new (or improved) shade coffee combinations compared to coffee mono-cultures.

Conclusions

CATIE's research agenda has been affected by external (paradigms in the international research and development community, commodity price fluctuations) and local factors (CATIE's mandate, availability of research sites nearby, the importance of coffee and cocoa in the region, available infrastructure and past experience with these crops, strong forestry department, etc.). Both on-farm and on-station research, applied and process research has been conducted using a wide array of methods. However, emphasis has been on biophysical research. More research effort is needed on dissemination, validation, adoption risks and policy. Only researcher controlled studies have been done so far; participatory, farmers' operated research is required. The development of improved timber-perennial crop plantations did not follow the foreseen sequence of on-farm (characterization of farming systems, including traditional SAF and socio-economic studies), on-station (testing of innovations) and back to on-farm (validation).

Literature cited

BEER, J. 1987. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. Agroforestry Systems 5:3-13.

BEER, J. 1992. Production and competitive effects of the shade trees *Cordia alliodora* and *Erythrina poeppigiana* in an agroforestry system with *Coffea arabica*. Ph.D diss., Oxford University, Oxford, England.

GALLOWAY, G. and BEER, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales de América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. (Serie Técnica. Informe Técnico N°285). 166 p.

NAIR P.K.R. 1987. Agroforestry systems inventory. Agroforestry Systems 5:301-317.

SOMARRIBA, E. 1990. Sustainable timber production from shade stands of *Cordia alliodora* in small coffee farms. Agroforestry Systems 10(3): 253-263.

SYNNOTT, T.J. 1979. A manual of permanent plot procedures for tropical rain forests. Tropical Forestry Paper 14. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, 67 p.

SILVOPASTORAL SYSTEMS FOR DEGRADED LANDS IN THE HUMID TROPICS. ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SILVOPASTORAL ALTERNATIVES FOR OPTIMISING PRODUCTIVITY OF LIVESTOCK FARMS: CATIE'S EXPERIENCE

Muhammad Ibrahim[1] and Andrea Schlönvoigt[1]
[1] Development of Agroforestry Systems Unit, Waterched and Agroforestry Systems Area

Resumen
La sub-línea silvopastoril de CATIE ha dado los siguientes resultados de estudios recientes: 1) La integración de *Acacia mangium* con pasturas de *Brachiaria humidicola* mejoró la calidad de un suelo ácido y la productividad de la pastura; 2) El uso de estiercol de vaca como un substrato para la siembra directa de semillas de *Pithecellobium saman* en pasturas resulto en una reducción en daños de las plantulas por plagas, pisoteo y ramoneo; 3) El daño de arboles maderables comerciales en potreros fue significante menor cuando el manejo de pastoreo dejo una mayor producción de forraje disponible; 5) Los taninos en los forrajes afectan la utilización de N por rumiantes; 5) Se identificó especies forrajes tolerantes a sombra; y 6) El modelaje de sistemas de uso de la tierra muestra que la siembra de arboles maderables y de uso múltiple en potreros fueron importantes para reducir de pérdidas de nutrientes del suelo.

Palabras claves: fodder trees, repellents, soil improvement, timber trees

Introduction

Between 1976 – 1996, CATIE's research focus with silvopastoral systems was on selecting and managing fodder trees and shrubs for feeding ruminants, with the exception of a few studies which looked at tree-pasture interactions. During 1997, the research priority for silvopastoral systems shifted to the restoration of degraded pastures and integrating multipurpose timber trees in livestock production systems. The three research components are: 1) competitive and synergistic effects of tree/pasture/animal interactions; 2) ecological contributions of silvopastoral systems for the restoration of degraded pasture soils; and 3) productivity and economic sustainability of silvopastoral systems designed to recover degraded pastures in the humid tropics. This paper summarizes the main research findings from these components over the past three years.

Methodology

Results

Competition and synergism between trees, pasture and animals. There have been some studies to determine the ecological role of trees in improving soil quality and to quantify their effect on pasture productivity. A grazing study conducted at the IDIAP experimental station in Calabacito, Panama showed that the integration of *Acacia mangium* in *Brachiara humidicola* pastures contributed to improvements in soil N and P status. In the wet season, mean available soil P in the *A. mangium* mixture was 4.11 mg l^{-1} whereas in the *B. humidicola* monoculture it was only 2.65 mg l^{-1} (Velasco et al.,1998). A high population of mycorrhiza (2824 spores 100 g $soil^{-1}$) was found in association with *A. mangium* and this

may be responsible for P concentration differences between systems (Velasco et al., 1998). In the same experiment, mean grass dry matter yields measured in the mixture were 28% higher than that observed in the monoculture (Bolivar, 1998). However preliminary studies showed that soil Mn in the association with *A. mangium* higher was higher (90.9 vs 596 mg l^{-1}) (Ibrahim unpublished) and this problem was also reported in studies with the use of mulch of *A. magium* for the cultivation of *Vigna sinensis* in acid soils (Gonzalez 1997). Green house studies conducted at CATIE showed that DM yields of grasses were higher with the use of mulch of *Erythrina poeppigiana* compared with *A. mangium* (mean 7.5 vs 4 g maceta^{-1} (0.0098 m^3) in order to obtain equal N application rates), and lower DM yields of grasses were associated with slow decomposition rates of the mulch of *A. mangium* (Dominguez 1998). Further studies are required to determine the role of multipurpose trees in soil improvement.

The beneficial role of tannins in N utilisation of fodder was studied in Turrialba, Costa Rica. *Calliandra calothyrsus,* which has a high tannin concentration, was used in different proportions with *Gliricidia sepium,* which has a low tannin concentration (Flores, 1998). The efficiency of utilisation of N consumed decreased but the efficiency of utilisation of N absorbed increased as the level of *C. calothyrsus* in the diet was increased. (Figure 1). However, the amount of N retained decreased with high levels of *C. calothyrsus* and this may have negative consequences for animal production especially with dairy cows. Faecal N increased with high *C. calothyrsus* diets which is a potential benefit for organic farming.

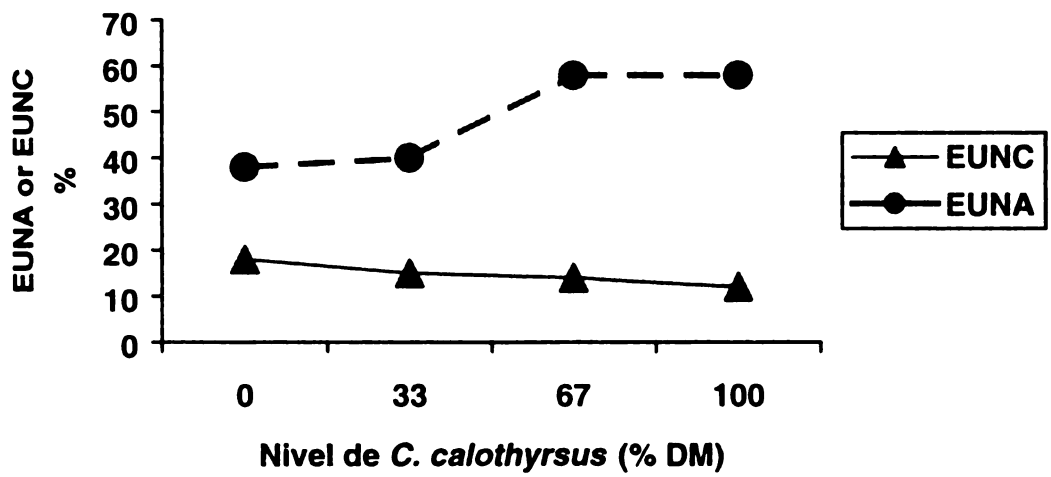


Figure 1. Effect of different levels of *Calliandra calothyrsus* (%DM) on efficiency of use of N consumed (EUNC) and of N absorbed (EUNA) by young bulls.

Ecological contributions of silvopastoral systems to the restoration of degraded pasture soils. In this research component, emphasis was given to the role of silvopastoral systems in carbon (C) storage. Soil organic C measured on a medium fertile soil under *Panicum maximum* pasture was 233 t C ha^{-1} (50 cm depth), while in a slightly less fertile soil under a

mixture of *P. maximum* and *Cordia. alliodora*, which was less than 10 years old, 180- 200 t C ha^{-1} was stored. These preliminary results indicate that the soil under silvopastoral regimes may not gain more C, but their net contribution to C sequestration could be in the production of timber (Musalem 1998). However, in another study conducted on very acid infertile soils, soil C content (30 cm depth) was higher in mixtures with *B. humidicola* and *A. mangium* (2.33%) compared to grass monoculture (1.69%) (Ibrahim unpublished). Further studies are being conducted to quantify C sinks in silvopastoral systems. Additionally research is being planned to determine the service role of these systems in water conservation and in reducing environmental pollution.

Productivity and economic sustainability of silvopastoral systems designed to recover degraded pastures in the humid tropics. In Central America, grazing is generally practised on fragile areas which results in land degradation, mainly because of overgrazing and soil compaction. On -farm studies conducted on hillsides of the Pacific region of Costa Rica showed that foliage of *Cratylia argentea* (multipurpose species), used as a dry season supplement for animal feeding, resulted in significant improvements (> 35%) in intake of dried *Hyparrenhia rufa* grass, which is the dominant pasture species (Franco 1997). Data is being collected on soil erosion, fertility and C sequestration from these systems.

Management of natural regeneration of commercial trees in pastures represents one of the cheapest methods of producing timber from these systems. However there is little knowledge on management practices to promote tree establishment in pastures. A grazing study was conducted in the Chaco region of Argentina to determine the effect of low (3000 kg MS ha^{-1}) and high (5000 kg MS ha^{-1}) pasture availability on tree damage and survival. The percentage of damaged trees was lower with high compared to low pasture availability (48 vs 65%, respectively) though some species were more tolerant to grazing them others (Simon *et al.*, 1998). *Geoffroea decortican* and *Prosopis nigra* had a smaller percentage of damaged plants than *Schinopsis balansae* with means of 45, 65 and 86% for low pasture availability and 43, 45 and 76% for high pasture availability, respectively. These results demonstrate the need for good grazing management to ensure survival of trees in pastures.

Barrios (1998) studied the use of cattle dung and soil (control) as substrates for introducing the timber tree *Pithecellobium saman* in pastures, and the use of dung as a repellent for protecting pochote (*Bombacopsis quinata*) plants against animal defoliation, on a sub-tropical humid site of Nicaragua. Direct seeding in cow dung resulted in lower insect and trampling damage of seedlings of *P. saman* when compared with direct seeding in soil (12.2 vs 34.4%; 17.6 vs 56.3%, respectively), but survival was reduced in the dung treatment (43.7 vs 72.3%, respectively) because the emergence of the cotyledons was apparently restricted by the formation of a crust. Survival and growth (60 days after planting) of *P. saman* after four grazing cycles was better with moderate compared to heavy grazing (17.2 vs 8.5 cm; 73 vs 92%, respectively). The treatment of *B. quinata* with a slurry of cattle dung resulted in lower damage compared to untreated plants (60 vs 71%) but damage remained high partially because of the way the trees were planted close to the pasture divisions. Research on management of silvopastoral systems for increased timber production will intensify over the coming years.

The establishment of pure timber plantations on livestock farms is a scenario that is emerging in Central America. Adequate grazing management of these plantations can result in short term income generation while reducing the risk of fire, but management tools are needed to determine optimum tree and livestock densities considering economic and ecological benefits. In Turrialba, Costa Rica, the relationship between productivity of swards of *P. maximum* and stand density of *Pinus caribaea* were analysed by means of linear and non-linear regression techniques comparing the following potencial predictors: basal area; Reineke stand density index; canopy cover factor; relative spacing index; and biomass of leaves (Gallo 1998). The results showed that the relationship between tree basal area (x; m^2 ha^{-1}) and daily growth rate (y; kg MS ha^{-1} dia^{-1}) of *P. maximum* gave the most reliable predictions of gross productivity ($y = 28.76 - 1.08x$).

Shade tolerant herbaceous species (ex. *Brachiaria brizantha*, *P. maximum* and *Arachis pintoi*) have been identified for use in forest plantations (Zelada and Ibrahim). The agronomic behaviour of eight improved grasses was evaluated in the humid tropics in full sunlight and in managed *E. poeppigiana* plantations (Bustamante *et al.*, 1998). Six of the eight grasses produced significantly higher (10 to 53%) DM yields in the silvopastoral system with *E. poeppigiana*. The most productive species were *P. maximum* CIAT 16061 and *B. brizantha* CIAT 6780. Studies of the management of forest plantations for the recovery of degraded lands will continue.

Modelling land use options. Silvopastoral land use options were modelled for dual cattle production systems in the humid tropics using PASTOR and linear programming as tools (Bouman *et al*,. 1998). For this study, a representative cattle farm (70 ha) was selected. The pasture/silvopastoral options modelled were: natural pastures; improved grass monocultures with and without fertilisation; *B. brizantha/A. pintoi* mixture; *Erythrina berteroana* protein bank; alley pastures (*E. berteroana* and *B. brizantha*); and grazing in *Tectona grandis* plantations (Botero, 1998). In all pasture systems, *T. grandis* grown in borderlines was considered, except with poorly drained soils. The base scenario showed that natural pasture and legume based pasture enriched with *T. grandis* planting were land use options which maximised economic surplus of the farm. Silvopastoral alternatives became more attractive when mining of soil N was restricted (Figure 2). Establishment of large areas of *T. grandis* plantations on cattle farms was only viable when prices of timber were increased by 10 to 25%.

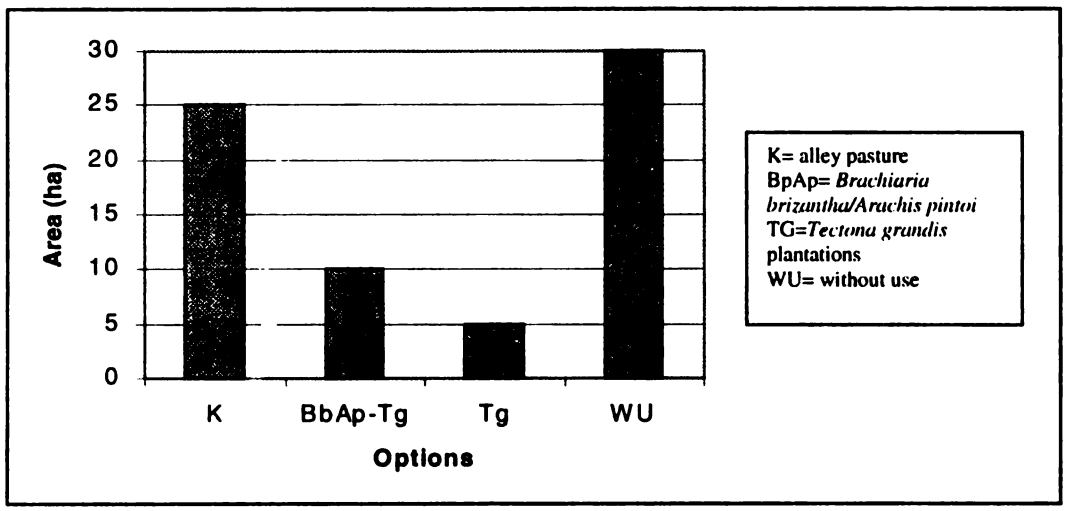


Figure 3. Area of silvopastoral options recommended to maximise economic surplus when soil N mining is restricted to 9 kg N ha^{-1} yr^{-}

Conclusions

The main promising results are: 1) feeding foliage of leguminous trees resulted in significant improvements in utilisation of dried native pastures; 2) direct seeding of timber species in cattle dung proved to be an effective method of establishing seedlings in pastures; 3) strategic grazing management resulted in a significant reduction in the percentage of commercial trees damaged in pastures; 4) shade tolerant herbaceous species can be selected for silvopastoral systems; 5) the incorporation of a timber component on livestock farms increases their proftability.

Future priorities should be: 1) develop a methodology for quantifying degraded pastures in Central America and design silvopastoral alternatives to restore these areas; 2) study the use of multi-purpose tree species for the restoration of soil quality and productivity; 3) continue studies on natural regeneration of timber trees in pastures; 4) continue studies on above and below-ground interactions in silvopastoral systems; 5) integrate timber trees in borderlines of livestock farms; and 6) model C sequestration in silvopastoral systems at a farm, regional and/or watershed level to determine the potential economic benefits from sequestereding C.

Literature cited

Barrios, C. 1998. Pastoreo regulado y bostas del ganado como herramientas forestales para protección de arbolitos en porteros. MSc. Tesis, CATIE, Turrialba Costa Rica CATIE. 93 p.

Bolívar D. 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 M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 97 p.

Botero JA. 1998. Exploración de opciones silvopastoriles para la sostenibilidad del sistema doble propósito en el trópico húmedo. MSc. Tesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 99 p.

Bouman BAM; Nieuwenhuyse A and Hengsdijk H. 1998. PASTOR: a technical coefficient generator for pasture and livestock systems in the humid tropics; version 2.0 . A users guide. Quantitative Appraches in systems analysis, No. 18. AB-DLO-PE, Wageningen, The Netherlands 59 p.

Bustamente J; Ibrahim M y Beer J. 1998. Evaluación agronómica de ocho gramíneas mejoradas en un sistema silvopastoril con poro (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de Turrialba. Agroforesteria en las Américas 5 (19): 11- 16.

Domínguez A. 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* y *Brachiaria humidicola* (Rendle) con y sin asocio de *Centrosema macrocarpum* (Benth). MSc. Tesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 69 p.

Flores OI. 1998. Contribución ecológica de los taninos de especies leñosas sobre la utilización de nitrógeno por bovinos y la fertilidad del suelo. MSc. Ttesis CATIE, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 91 p.

Franco MH. 1997. Evaluación de la calidad nutricional de *Cratylia argentea* como suplemento en el sistema de producción doble propósito en el trópico sub-humedo de Costa Rica. M.Sc tesis CATIE, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 75 p.

Gallo LC. 1998. Crecimiento de *Panicum maximum* bajo *Pinus caribaea*: relaciones dosel-pradera. MSc tesis CATIE, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 82 p.

González F. 1997. Efecto de *Acacia mangium* Will como barbecho mejorado sobre la disponibilidad de fósforo en cultivos posteriores en un ultisol acido. M.Sc. Tesis CATIE, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 86 p.

Musalem AL. 1998. Aporte de los sistemas silvopastoriles al secuestro de carbono en el suelo. MSc tesis, CATIE, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 47 p.

Simón M, Ibrahim MA, Finegan B and Pezo D. 1998. Efectos del pastoreo bovino sobre la regeneración de tres especies arbóreas comerciales del Chaco Argentino: Un método de protección. *Agroforesteria en las Américas* 5 (17-18): 84- 87.

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.

Zelada E and Ibrahim M. 1997. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en el trópico húmedo de Costa Rica. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal (ALPA) 5: 42 –44.

LINEAS DE INVESTIGACION DE CATIE

CATIE RESEARCH LINES

- Línea 4: Desarrollo de tecnologías para el manejo sostenible de bosques y su biodiversidad.

- *Line 4: Development of technologies for the sustainable management of forest and their biodiversity.*

AVANCES EN LA DOMESTICACIÓN DE *VOCHYSIA GUATEMALENSIS*

Francisco Mesén, Jonathan Cornelius, Florencia Montagnini
Unidad de Silvicultura de Plantaciones
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Summary
Vochysia guatemalensis Sm., J.D. is a fast-growing timber tree, found naturally in the wet lowlands from southern Mexico to Panama, usually forming pure stands. Due to its fast growth and good stem form, it is being increasingly planted, mainly in Costa Rica. During the last 10 years, CATIE has implemented a number of activities aimed at the domestication of this species. These include selection of plus trees, assessment of genetic variation through provenance/progeny tests, establishment of seed orchards, capture of selected genotypes using vegetative propagation techniques and studies on seed storage and germination. In addition, field tests have been established to evaluate the performance of both clonal and seedling material, under different silvicultural systems. In this article, the advances in the domestication process of *V. guatemalensis* and the main research results are highlighted, and suggestions are given for the future development of the domestication strategy.

Introducción

Vochysia guatemalensis Sm., J.D. (San Juan, mayo, chancho blanco) es un árbol originario de los bosque tropicales lluviosos de América, desde México hasta Panamá, que puede alcanzar alturas de hasta 55 m y diámetros de hasta 1,5 m (Flores 1993). Por su buena forma y rápido crecimiento está recibiendo cada vez más atención para programas de reforestación en las zonas bajas húmedas de Costa Rica (Cornelius y Mesén 1997, Espinoza y Butterfield 1989, González y Fisher 1994, Montagnini *et al.* 1997).

Durante los últimos diez años, el CATIE ha venido desarrollando una estrategia de domesticación de la especie que incluye acciones de exploración y selección de individuos sobresalientes (árboles *plus*) en el bosque natural, evaluación de la variación genética en ensayos de procedencia/progenie, estudios de enraizamiento de estacas juveniles y establecimiento de ensayos clonales, así como pruebas de almacenamiento y germinación de semillas, evaluación del comportamiento de la especie bajo diferentes sistemas silviculturales y desarrollo de huertos semilleros de plántulas para la producción de semilla genéticamente comprobada. Algunos resultados de estos trabajos han sido publicados por Cornelius y Masís (1994), Cornelius y Mesén (1997), Mesén (1998), Mesén y Trejos (1997), Mesén y Cornelius (en prep.), Montagnini *et al.* (1995, 1997), Montagnini y Porras (1998) y Salazar *et al.* (en prep.). Este documento resume los principales resultados obtenidos y presenta recomendaciones para la continuación del proceso de domesticación de la especie.

Metodología

Selección de árboles plus: en 1990 se inició un proceso de exploración a lo largo del área de ocurrencia natural de la especie para la identificación de árboles fenotípicamente superiores. La selección estuvo basada en 10 características, con énfasis en altura, diámetro (dap) y rectitud del fuste. Fueron seleccionados 57 árboles en seis procedencias: Izabal

(Guatemala), La Ceiba (Honduras); y Florencia, Guápiles, San Miguel y Siquirres (Costa Rica). Se realizó una recolección de semilla de estos árboles, la cual se mantuvo debidamente identificada y separada por árbol madre. También se obtuvo un lote testigo de un árbol semillero seleccionado por la Organización para Estudios Tropicales (OET) en San Miguel, Costa Rica.

Ensayos de variación genética: la semilla fue utilizada para el establecimiento de tres ensayos de procedencia/progenie, dos en Sarapiquí (Isla Grande y OET), y uno en la finca experimental del CATIE en Turrialba, Costa Rica. En los tres sitios se utilizó un diseño de bloques completos al azar con nueve repeticiones y parcelas de seis árboles en línea por progenie, a un espaciamiento de 3 x 3 m. Periódicamente se realizan mediciones de altura total, dap y características del fuste y la copa. Además, se realizó un análisis foliar en el ensayo de la OET a los 58 meses de edad.

Propagación vegetativa: en los estudios de enraizamiento se utilizaron estacas obtenidas de rebrotes de setos manejados, derivados de plántulas de los árboles plus, y las estacas fueron puestas a enraizar en propagadores de subirrigación, descritos por Leakey *et al.* (1990) y Mesén (1998). Mediante una serie de estudios secuenciales, se determinó el efecto del sustrato, la dosis de ácido indol-3-butírico, la longitud y el área foliar de la estaca sobre el éxito del enraizamiento.

Ensayos clonales: para establecer los ensayos clonales, 97 árboles superiores fueron seleccionados en el ensayo de progenies establecido en Turrialba, los cuales fueron talados y los rebrotes utilizados para la generación de los clones, siguiendo la metodología desarrollada en los estudios anteriores. Fueron establecidos dos ensayos en San Carlos, Costa Rica, utilizando un diseño de bloques completos al azar con ocho repeticiones y parcelas de dos árboles por clon. Además, fueron incluidos cinco testigos de plántulas de semilla. Este ensayo fue establecido en abril 1996 y aun no ha sido analizado.

Almacenamiento y germinación de semillas: en el Banco de Semillas del CATIE están en progreso varios ensayos de manejo de semillas que incluyen tratamientos de desecación en un rango de 5 a 33% de humedad en combinación con tratamientos de almacenamiento a 5, 15 y -17°C. La semilla en almacenamiento es evaluada periódicamente para determinar su capacidad germinativa.

Estudios silviculturales: los estudios silviculturales incluyen plantaciones establecidas en un terreno de pastos abandonados en la Estación Biológica La Selva, en Sarapiquí, Costa Rica, en las cuales se evalúa el crecimiento y comportamiento de la especie en condición pura y en combinación con otras tres especies nativas (i.e. *Callophylum brasiliense*, *Jacaranda copaia* y *Stryphnodendron microstachyum*). Las plantaciones fueron establecidas en bloques al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos: cuatro parcelas de cada especie en condición pura, una parcela de las cuatro especies en mezcla y una parcela de regeneración natural. El distanciamiento inicial fue de 2 x 2 m, con raleos del 50% a los tres y seis años de edad en la mitad de cada parcela. Se realizaron mediciones cada seis meses durante los dos primeros años y mediciones anuales posteriormente para evaluar altura total y dap. Además, se realizaron análisis de suelo y evaluaciones de daños

por plagas hasta los dos años de edad y estimaciones de biomasa a los tres y a los seis años de edad.

Huerto semillero: El análisis a los ocho años de edad del ensayo de procedencias/ progenies establecido en Turrialba fue utilizado para diseñar un programa de aclareos genéticos, con el objetivo de convertir el ensayo en un huerto semillero de plántulas para la producción de semilla genéticamente mejorada. La primera etapa de este aclareo será realizada durante 1999.

Resultados y Discusión

Los resultados de los ensayos de procedencia/progenie mostraron la existencia de diferencias importantes entre procedencias en cuanto a variables de crecimiento y forma del fuste. En el ensayo de la OET, a los 3,5 años de edad, las procedencias costarricenses superaron a las introducidas en 15% en altura (9,9 m *vs.* 8,6 m) y 8% en dap (14,8 cm *vs.* 13,7 cm), aunque estas últimas mostraron mejor forma del fuste. En el ensayo de Turrialba, a los ocho años de edad no hubo diferencias en dap entre las procedencias La Ceiba, San Miguel e Izabal (dap promedio 20,7 cm), pero estas superaron en 11% a la procedencia Guápiles (18,7 cm). Al igual que en el ensayo de la OET, las procedencias introducidas mostraron en general mejor forma del fuste que las costarricenses. Estos resultados refuerzan una vez más la importancia de los ensayos de procedencias antes de iniciar programas de reforestación a gran escala.

Hubo diferencias altamente significativas entre progenies. En general, las cinco mejores progenies en el ensayo de la OET superaron a las cinco peores en 13 y 43% en cuanto a dap y rectitud del fuste, respectivamente. En el ensayo de Turrialba, las 10 mejores progenies superaron a las 10 peores en 31 y 50% en cuanto a dap y rectitud del fuste, respectivamente. Estos resultados demuestran la posibilidad de obtener ganancias genéticas importantes mediante la selección de árboles plus, principalmente para mejoramiento de la forma del fuste.

Los estudios de propagación vegetativa determinaron que *V. guatemalensis* puede ser fácilmente propagada mediante el enraizamiento de estacas juveniles, utilizando propagadores de subirrigación con grava o arena fina como sustrato, y estaquitas de 6 cm de longitud con áreas foliares de 30 a 50 cm^2. Las estacas enraizaron sin necesidad de aplicaciones externas de auxina, aunque la aplicación de AIB en dosis de 0,2% redujo el tiempo de iniciación de raíces y mejoró la calidad del sistema radicular.

La semilla de *V. guatemalensis* puede ser desecada dentro de rangos de 5 a 33% de humedad sin reducciones significativas en su porcentaje de germinación. La germinación inicia a los ocho días y se prolonga por 4-20 días. Después de seis meses, la semilla almacenada a 5 o 15 °C mostró porcentajes de germinación cercanos al 50%. Después de 12 meses, la semilla almacenada a 15 °C todavía mantuvo porcentajes de germinación de 20-30%, mientras que la de 5 °C mostró porcentajes bajos de germinación (<10%) o no germinó del todo. La semilla no soportó el almacenamiento a -17°C, independientemente de su contenido de humedad.

En los estudios silviculturales, *V. guatemalensis* alcanzó una altura promedio de 16 m a los seis años de edad, únicamente superada por *J. copaia*, la cual presentó una altura promedio de 19,6 m. Ambas especies presentaron mayores diámetros y mayor biomasa aérea en las parcelas mixtas que en las parcelas puras. Este resultado probablemente se debe a la mayor competencia intraespecífica que ocurre en los árboles creciendo bajo condición pura. *V. guatemalensis* también presentó los mayores valores de deposición de materia orgánica en las parcelas puras y la severidad del ataque de insectos fue relativamente baja (<20%) en las parcelas de esta especie. En otros estudios, las parcelas de *V. guatemalensis* presentaron la mayor abundancia y diversidad de formas de vida y de especies en su sotobosque, en comparación con otras tres especies nativas evaluadas a los tres y siete años de edad. Esto señala otra función importante de esta especie en la recuperación de la biodiversidad de ecosistemas degradados.

Conclusiones

En Sarapiquí, las procedencias San Miguel y Guápiles mostraron mayor crecimiento que las procedencias introducidas y deberían ser preferidas para programas locales de reforestación con esta especie. Por su parte, se debería utilizar semilla de la procedencia San Miguel para la zona de Turrialba, puesto que la procedencia Guápiles presentó un crecimiento pobre en este sitio. A pesar de la mejor forma de las procedencias introducidas, se sugiere utilizar procedencias locales por su mayor tasa de crecimiento y facilidad de obtención de semilla. Además, la forma del fuste en esta especie es generalmente buena y aun en las procedencias locales no debería ser un problema producir suficientes árboles de buena forma como para formar un rodal de árboles rectos después de los aclareos finales.

Existe variación genética significativa en características de importancia económica en esta especie, y por lo tanto, potencial para mejoramiento genético mediante la selección de árboles individuales, sobre todo en cuanto a forma del fuste. En el CATIE está en proceso el establecimiento de un huerto semillero para la producción de semilla mejorada; entre tanto, se recomienda el uso de semilla de árboles seleccionados, sobre todo por rectitud del fuste, en las poblaciones locales o en las procedencias que han demostrado superioridad en los ensayos.

Estaquitas juveniles de *V. guatemalensis* enraizan con relativa facilidad en propagadores de subirrigación. Mediante la aplicación de los tratamientos indicados, es posible alcanzar porcentajes de enraizamiento superiores al 90% en un lapso de ocho semanas. Después de cinco meses de crecimiento en vivero, las plantas alcanzan una altura adecuada (30-40 cm) para su establecimiento definitivo en el campo.

La semilla de *V. guatemalensis* es tolerante a la desecación dentro de los rangos probados de 5-33%, y es posible lograr porcentajes de germinación de 50% después de seis meses y de 20-30% después de 12 meses, manteniendo la semilla en bolsas plásticas cerradas, a una temperatura de 15 °C.

Los estudios silviculturales confirman el potencial de *V. guatemalensis* como especie de rápido crecimiento para reforestación, lo mismo que sus efectos beneficiosos sobre los contenidos de materia orgánica del suelo y la biodiversidad. La plantación en combinación con otras especies nativas favorece el crecimiento de la especie y a la vez, brinda seguridad

ante los mercados cambiantes por la posibilidad de obtener una mayor variedad de productos.

Es necesario continuar las evaluaciones de los ensayos clonales y silviculturales, así como completar el aclareo del huerto semillero para disponer de semilla genéticamente mejorada. Se debería establecer ensayos clonales en una mayor diversidad de sitios, utilizando como comparadores las mejores fuentes locales de semilla disponibles, para determinar si las ganancias genéticas en cuanto a forma del fuste y crecimiento justifican el uso de material clonal. Se requieren estudios de biología reproductiva y sistemas de cruzamiento para poder planear de mejor manera las futuras acciones de selección y mejoramiento genético.

Literatura citada

Cornelius JP, Masís J. 1994. Avances en el mejoramiento genético de *Vochysia guatemalensis*. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales (C.R.) 9:11-15.

Cornelius JP, Mesén F. 1997. Provenance and familiy variation in growth rate, stem straightness, and foliar mineral concentration in *Vochysia guatemalensis*. Can. J. For. Res. 27:1103-1109.

Espinoza M, Butterfield R. 1989. Adpatabilidad de 13 especies nativas maderables bajo condiciones de plantación en las tierras bajas húmedas del Atlántico, Costa Rica. In: manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple. Editado por R. Salazar, Actas Reunión IUFRO Grupo de Trabajo S1-07-09, Antigua, Guatemala. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 159-172.

Flores EM. 1993. Chancho blanco (white yemeri). Arboles y Semillas del Neotrópico, 2:1-27.

González JE, Fisher RF. 1994. Growth of native forest species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. For. Ecol. Manage., 70:159-167.

Leakey RRB, Mesén F, Tchoundjeu Z, Longman KA, Dick JMcP, Newton A, Matin A, Grace J, Munro RC, Mutoka PN. 1990. Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. Commonwealth Forestry Review 69(3):247-257

Mesén F, Trejos E. 1997. Propagación vegetativa de San Juan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Smith) mediante enraizamiento de estacas juveniles. Revista Forestal Centroamericana, 21:19-24.

Mesén F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE, Serie Técnica, Manual Técnico No. 30, 36p.

Mesén F, Cornelius JP. (en prep). Evaluación de un ensayo de procedencias-progenies de *Vochysia guatemalensis* en Turrialba, Costa Rica, a los ocho años de edad con fines de conversión en huerto semillero.

Montagnini F, González E, Porras C, Rheingans R, Sancho F. 1995. Mixed-tree plantations in the humid tropics: growth, litterfall and economics of experimental systems in Latin America. IUFRO International Symposium on Growth and Yield of Tropical Forests. Sept. 27 - Oct. 1, 1994. Fuchu, Tokyo, Japan. pp. 125-135.

Montagnini F, Sancho F, González E, Porras C, Moulaert A, del Mónaco A. 1997. Plantaciones forestales puras y mixtas con especies nativas para la reforestación de terrenos degradados en Costa Rica: estudio comparativo del crecimiento, daño por plagas, regeneración natural y costos de establecimiento. Biocenosis 12(1):25-34.

Montagnini F, Porras C. 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: an example of an integrative approach from the humid tropics. Environmental Management 22(3):459-470.

Salazar R, Vásquez W, Arnfred Thomsen K, Nymann Eriksen E. (en prep) Drying and storing *Vochysia guatemalensis, Vochysia ferruginea* and *Virola koschnyi* seeds.

CAPACIDAD Y RIESGOS DE ACTIVIDADES FORESTALES EN EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO Y CONSERVACION DE BIODIVERSIDAD EN FINCAS PRIVADAS DEL AREA CENTRAL DE COSTA RICA

José Joaquín Campos, Rosalba Ortiz
Unidad de Manejo de Bosques Naturales
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Summary
The payment of enviromental services (PSA) in forest ecosystems is an innovative Costa Rican mechanism to recognize the contribution of forest's owners in protecting forest services. A Law from 1996, stablished the financial and the institutional mechanisms to implement this payment system in private farms for protection and management of natural forests and forest plantations. This study select and evaluate criteria and indicators (C&I) from biological, economic and social perspectives, to determine the benefits and risks associates with different forest ecosystems in protecting biodiversity and carbon sequestration services. Besides, the study integrate evaluations from diferent sectors (scientific and land owners), in order to facilitate decision making process in PSA.

Introducción

En 1996 con La Ley Forestal 7575(art.3 inciso k), Costa Rica reconoce oficialmente los servicios ambientales de bosques naturales y plantados, así también se establece un mecanismo de pago por servicios ambientales (PSA). Esta es una medida novedosa que permite un pago a los dueños de bosques y plantaciones forestales por los servicios ambientales que esos ecosistemas brindan a la comunidad costarricense y mundial. Su principal fuente de financiamiento es Nacional, a través del impuesto selectivo al consumo de combustibles, del cual se destina un tercio para PSA (aproximadamente un 5%) según lo estipula el artículo 69 de la Ley Forestal.

Se reconoce PSA a los propietarios de bosque en áreas comprendidas entre 2 y 300 ha, en conservación, manejo y regeneración de bosque natural; y 1 ha o más para reforestación o manejo de plantaciones. Las solicitudes se realizan a través de las oficinas regionales en forma individual o y el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), creado mediante art.46. de la Ley Forestal 7575, es el ente financiero que centraliza los recursos y emite los certificados para PSA. El poder Ejecutivo mediante decreto, establece las áreas prioritarias, el monto a pagar por hectárea y el plazo máximo para la presentación de las solicitudes (Reglamento Ley Forestal 7575, Art.38). Los montos a pagar dependen de la disponibilidad de recursos, actualmente los montos se dividen en 5 anos[1], y se distribuyen en diferentes porcentajes según la actividad forestal. Cuadro I.

1 Todos aquellos que se acogen al PSA deben ceder sus derechos por fijación de carbono a FONAFIFO, para que a través de la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC) se comercialicen a nivel internacional. Según decreto No.26975-MINAE (mayo, 1998) , los propietarios de bosque quedan comprometidos a prestar servicios ambientales por cinco años en el caso de protección del bosque, y en los plazos que cada contrato establezca para manejo de bosque natural o de plantaciones. Estos compromisos quedan inscritos en el Registro Público y afectan su finca directamente.

Cuadro I. Montos asignados en totales y % anuales al Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica según actividad forestal.

Actividad	Monto total US$ por ha	Monto Total en colones/ha	Año y % pago anual por ha				
			1	2	3	4	5
Manejo de bosque	371.5	94.000	50	20	10	10	10
Conservación y regeneración de bosque	237	60.000	20	20	20	20	20
Reforestación	608.6	154.000	50	20	15	10	5
Plantaciones establecidas	237	60.000	50	20	15	10	5

Fuente: Decreto Ejecutivo, MINAE-No.26977, 26 de mayo 1998.
Nota: tipo de cambio US$1= 253 colones.

El estudio analiza las actividades forestales de manejo y protección de bosque natural, y plantaciones forestales en fincas privadas sujetas al pago de servicios ambientales y una actividad alternativa de uso de la tierra (pastos), con el objetivo de determinar los beneficios y riesgos asociados en conservación de biodiversidad y secuestro de carbono, y su impacto económico y social.

El análisis se centró en las fincas privadas del Area de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCVC), zona pionera en la implementación de mecanismos financieros para el PSA. El ACCVC abarca una extensión de unas 594.500 ha., con tierras tanto en la vertiente Pacífica como en la Caribe. Presenta un rango altitudinal desde 20 metros en las llanuras en la zona limítrofe con Nicaragua hasta 3.432 metros en el Volcán Irazú (Mapa anexo 1).

Metodología

- ***Selección de principios, criterios e indicadores***

Se seleccionó un sistema de jerarquía de principios, criterios e indicadores (C&I) desde tres dimensiones: biofísica, social y económica. El requisito de selección era identificar indicadores fáciles de medir desde el escritorio, con base a la experiencia de investigación y trabajo de campo en el caso de expertos científicos y técnicos, y con base en percepciones y vivencias de propietarios de bosque. Cuadro II.

Cuadro II. Principios, criterios e indicadores evaluados por dimensión según científicos, técnicos y dueños de bosques.

Dimensión biofísica 1/		
PRINCIPIOS (P)	CRITERIOS (C)	INDICADORES (I), *Algunos ejemplos*
P1. Mantenimiento de ecosistemas	C1. Flujo de energía C2. Poblaciones de flora y fauna se mantienen C3. Se mantiene la diversidad de especies	P1/C1/ I1. Grado de erosión P1/C2/I1. Capacidad de mantener poblaciones viables P1/C3/I1. Grado de diversidad
P2. Fijación y almacenamiento de Carbono	C1. Carbono	P2/C1/I1. Almacenamiento de Carbono

Dimensión social		
P1. Beneficio continuo e Intergeneracional de la actividad	C1. Aceptación social de la actividad C2. Fomento de la educación y capacitación C3. Participación de la gente local	P1/C1/I1. Valoración de la actividad P1/C1/I2. Oportunidad de capacitación sobre la actividad P1/C3/I2. Participación local en toma de decisiones
Dimensión económica		
P1. La actividad contribuye a la satisfacción de necesidades básicas del propietario de la tierra	C1. La actividad genera beneficios económicos C2. Integración con otras actividades C3. Apoyo Legal y Político	P1/C1/I1. Ingresos generados por la actividad P1/C2/I1. Se facilita la integración de actividades conexas P1/C3/I2. Asistencia técnica efectiva
P2. Existen mercados para servicios ambientales	C1. Existen mercados para carbono. C2. Existen mercados para biodiversidad.	P2/C1/I1. Existe mercado para Carbono P2/C2/I1. Existe mercado para Biodiversidad

Fuente: elaboración propia.
Notas\
1/ La dimensión biofísica no fue evaluada con dueños de bosque
2/ Algunos indicadores de la dimensión económica y social varían en el caso de dueños de bosques y los expertos científco/técnicos.

- ***Evaluación de indicadores e integración de resultados***

La evaluación de indicadores se realizó con dos poblaciones, la primera correspondió a los propietarios de bosques con PSA y la segunda, a un grupo de expertos investigadores y extensionistas que laboran en aspectos biofísicos, económicos y sociales de ecosistemas forestales. Para cada C&I se definió una función difusa que permitiera integrar niveles. La función difusa está basada en la teoría de conjuntos difusos y permite integrar conceptos de vaguedad e incertidumbre dentro del análisis matemático. Para ello, se definieron intervalos de variación que permiten dar valores a cada indicador (se utilizaron tres: 0 a 1; 0 a 100; y 1=bajo, 2=medio, y 3=bajo). Estos se traducían a una sentencia de 0-1 en términos de criterios y luego en términos de principios. Por último, los valores de los principios se integran a nivel de dimensión y se brinda un resultado de 0 a 1 por cada dimensión y por cada actividad.

Resultados

La evaluación biofísica se realizó solo a nivel de expertos, y muestra la protección y manejo de bosque natural con valores de 0.79 en escala de 0 a1, mientras que las plantaciones muestran 0.44 y pastos 0.07 solamente. Protección se favorece por su capacidad de mantenimiento de ecosistemas; en manejo de bosques, es intermedio, porque hay ciertos impactos en los procesos extractivos que alteran el ecosistema. En términos del carbono, el manejo de bosques, es una actividad que fija carbono en forma continua, y permite el almacenamiento, tanto en madera en pie como en bienes durables; en cambio el bosque protegido sólo contiene carbono almacenado y la fijación se realiza sólo en términos de mantenimiento del ecosistema.

En la dimensión económica resultaron valores de 0.67 para protección, 0.76 para manejo de bosque, 0.66 para plantaciones y 0.61 para pastos, según expertos; de 0.64, 0.46, 0.6 y 0.6 respectivamente, según evaluación de dueños de fincas. Los C&I evaluados señalan problemas para las actividades de manejo de bosques y plantaciones forestales, básicamente por desconocimiento y difícil acceso a mercados. Esta debilidad hace que la actividad de pastos siga siendo una opción más rentable por sus beneficios inmediatos, y el dueño de la finca prefiere dejar el manejo de bosques y plantaciones en las áreas marginales de su finca.

La evaluación social muestra valores de 0.1 para bosque protegido, 0.28 para manejo, 0.43 para plantaciones y 0.54 para pastos, según dueños de bosque y de 0.41, 0.14, 0.37 y 0.3 respectivamente, según la evaluación de expertos. Los expertos coinciden en que las actividades forestales deben verse como una actividad complementaria para los pequeños productores, aún cuando el único objetivo del bosque sea la producción de madera. Los dueños de bosque insisten en la necesidad de capacitación en el uso múltiple del bosque.

Conclusiones

Costa Rica ha sido pionero y continúa desarrollando mecanismos, tanto a nivel nacional como internacional, para reconocer la importancia y el valor de los servicios ambientales de los bosques que posee. Sin embargo, existen algunos aspectos que deben mejorarse, en términos sociales es necesario mejorar la participación local en el proceso de toma de decisiones e incrementar educación a niños en el tema. Además, es necesario capacitar a propietarios en manejo y protección de bosques, y generar actividades en bosques protegidos de bajo impacto en términos biofísicas y que generen empleos.

En la dimensión económica se manifestó la necesidad de fortalecer el conocimiento de los dueños de bosque sobre los beneficios de bosques manejados y protegidos, en asistencia técnica, acceso a mercados de los diversos bienes y servicios del bosque, y fortalecer actividades que incrementen el valor agregado de los productos y con ello los ingresos de los propietarios del bosque.

Bibliografía

Chomitz, K.; Brenes, E.; Constantino, L.. 1998. Financing Environmental Services the Costa Rican Experience. World Bank, report.20p.

Finegan, B., Palacios, W. and Zamora, N., In Press. Ecosystem-level forest biodiversity and its evaluation by Criteria and Indicators. In: Alain Franc et al. (Editors), Indicators for Sustainable Forest Management. CABI and IUFRO.

Prabhu, R; Colfer, J.P.; Venkateswarlu, P.; Cheng, Ley; Soekmadi, R.; y Wollenberg, E..1996. Testing criteria and indicators for the sustainable management of forests: Phase I, Final Report. CIFOR-THE EUROPEAN UNION-GTZ-THE FORD FOUNDATION-USAID.

Ruitenbeek, J.; Cartier, C.. 1998. Rational Explotations: Economic Criteria & Indicator for Sustainable Management of Tropical Forests. Center for International Forestry Research (CIFOR). Indonesia 50p.

DINÁMICA DE JUVENILES DE SEIS ESPECIES ARBÓREAS EN UN ROBLEDAL INTERVENIDO DE LA CORDILLERA DE TALAMANCA, COSTA RICA

Grace Sáenz & Manuel Guariguata
Unidad de Manejo de Bosques Naturales
Area de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Abstract

Diameter and height growth patterns, as well as seedling and sapling mortality were studied over five years in a montane forest under two types of silvicultural intervention. The study is based on anual measurements of individuals marked six months after harvest. In the case of seedlings, the parameters evaluated were: total height and diameter at 10 cm from the base. For the sapling category, the diameter at 1.30 m was also measured. The Clark and Clark (1992) methodology was used to evalutate the crown illumination index of all individuales. Six tree species were studied: *Quercus costaricensis, Quercus copeyensis, Ocotea austinii, Drimys granadensis., Weinmania pinnata, Podocarpus macrostachyus.* The *Q. copeyensis* seedlings showed the highest diameter and height growth rates, with annual mean increments in diameter of 3.2 mm/years and height of 28 cm/years. The *Q. costaricensis* saplings had the greatest diameter and height growth, with rates of 3.6 mm/year and 43 cm/year, respectively. *Quercus* species showed diameter and height growth rates significantly correlated with the crown light index for the seedling and sapling category. Seedlings had the highest mortality rates in all species.

Introducción

Generalmente la dinámica de la regeneración de los bosques húmedos tropicales ha sido explicada en función de la dinámica de la estructura del bosque (aperturas) y asociada a conceptos de tolerancia y/o dependencia de claros. Sin embargo la mayor parte de los estudios sobre los procesos dinámicos y demográficos de la regeneración natural y su dependencia con los regímenes de disturbio se han realizado principalmente en bosques húmedos de zonas bajas, mientras que en otros ecosistemas tropicales como el caso de los robledales de altura, son pocas las investigaciones efectuadas. Mucho menos información existe aún sobre prácticas de aprovechamiento forestal y su efecto sobre la dinámica de la regeneración arbórea de bosques tropicales montanos.

Dadas las diferencias en composición y estructura entre ambos tipos de ecosistemas boscosos es interesante evaluar la aplicabilidad de dicho "modelo" general en el proceso de regeneración de los robledales. Este documento presenta los resultados de una investigación efectuada en el sitio clave "Villa Mills-Siberia", en el cual se estudió durante cinco años el crecimiento y sobrevivencia de brinzales y latizales de seis especies arbóreas en un robledal bajo manejo para la producción de madera.

Metodología

Sitio de estudio: El estudio se llevó a cabo en la parte noroccidental de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica, en el Área Experimental Villa Mills-Siberia (9°34´ N, 83° 41´ W), la cual se encuentra a una altitud entre 2 650 y 2 800 m s.n.m.. Según Holdridge 1982, la zona corresponde a un bosque muy húmedo montano. Una descripción detallada del sitio se presenta en Blaser y Camacho 1991.
Diseño experimental: El experimento se instaló utilizando la red de parcelas permanentes de silvicultura (20.85 ha) de bosque primario. En cuatro parcelas fue aplicado un tratamiento silvicultural extrayendo 30% de área basal y en las otras cuatro se extrajo el 20% del área basal (en ambos tratamientos se cortaron arboles de todas las clases diamétricas con un DAP superior a 10 cm). Mayores detalles sobre los tratamientos se presentan en CATIE (1996). Para el estudio fueron marcados brinzales (individuos ≥ 0.30 m altura y < 1.5 m altura) y latizales (individuos ≥1.5 m altura y < 9.9 cm DAP) de trece especies arbóreas, sin embargo en este documento se presenta la información de las seis especies más abundantes: *Quercus costaricensis* Liebm., *Quercus copeyensis* C.H. Mueller, *Ocotea austinii* C.K. Allen., *Drimys granadensis* L. F., *Weinmania pinnata* L., *Podocarpus macrostachyus.*

La investigación se basa en mediciones anuales realizadas durante 5 años a individuos de las dos categorías de tamaño marcados seis meses después de la aplicación de las intervenciones. Los parámetros medidos fueron en el caso de los brinzales: la altura total (cm), el diámetro a 10 cm de la base (mm) y a los latizales se les midió además el diámetro a 1.30 m. Se evaluó para todos los individuos el índice de iluminación de la copa utilizando la metodología propuesta por Clark y Clark (1992). Además fueron registrados los datos de mortalidad de todas las especies. Solo en el caso de los *Quercus* fue evaluado el efecto de los dos tratamientos aplicados.

Resultados y discusión

Crecimiento en diámetro y altura: De manera general encontramos que el crecimiento presentó relación directa con el tamaño de los individuos, siendo mayores los incrementos medianos en diámetro y altura en la categoría de latizal. Para los brinzales la mediana del incremento en diámetro durante el período total osciló entre 3.2 mm/año (*Q. copeyensis* en el tratamiento de 30% de AB extraída) y 0.8 mm/año (*O. austinii*), mientras que para los latizales varió entre 3.6 mm/año (*Q. costaricensis* en el tratamiento de 30%AB extraída) y 1.2 mm/año *(O. austinii).* Para el incremento en altura en la categoría de brinzal los valores variaron entre 28 cm/año (*Q. copeyensis* en el tratamiento de 20% de AB extraída) y 9 cm/año (*O. austinii)* y en la categoría de latizal entre 43 cm/año (*Q. costaricensis* con 30% de AB extraída) y 18 cm/año *(O. austinii).*

Comparación del crecimiento entre especies en función de la intensidad de aprovechamiento: La diferencia entre tratamientos sobre el crecimiento diamétrico fue significativa en los individuos de las dos categorías de tamaño y para ambas especies de *Quercus*, mientras que, en el crecimiento en altura se encontraron diferencias entre

tratamientos únicamente en la categoría de latizal y para la especie *Q. costaricensis.* En todos los casos fue mayor el crecimiento en el tratamiento de 30% de AB extraída.

Comparación del crecimiento entre especies: Comparando el incremento diamétrico de las dos especies de *Quercus*, a nivel de brinzal en ambos tratamientos *Q. copeyensis* creció significativamente más que *Q. costaricensis* y en el caso del incremento en altura no existieron diferencias. A nivel de latizal en el incremento diamétrico no se encontraron diferencias, para el incremento en altura bajo el tratamiento de 30% de AB extraída Q. *costaricensis* creció significativamente más que *Q. copeyensis;* en constraste, bajo 20% de extracción de AB fue *Q. copeyensis* la especie que presentó mayor crecimiento.

De la comparación de los Quercus con el resto de las especies se determinó que los brinzales de *Q. costaricensis* y *Q. copeyensis* crecen significativamente más en diámetro y altura, con excepción en algunos casos de W. pinnata. En la categoría de latizal *Q. costaricensis* presenta la misma tendencia, mientras que *Q. copeyensis* solo muestra diferencias con respecto a *O. austinii.* Estas diferencias en las tasas de crecimiento encontradas en ambas categorías de tamaño, podría deberse a una mayor capacidad de respuesta de los Quercus a las fluctuaciones en los niveles de luz bajo dosel. En relación a la anterior otros estudios han demostrado que mientras un incremento adicional de 1-2% de luz entrando a través de un claro podría no disparar una respuesta en una especie intolerante a la sombra, podría ser suficiente para provocar una fuerte respuesta en los juveniles bajo dosel de especies tolerantes a la sombra (Canham 1989).

Iluminación de micrositios ocupados por la regeneración natural: Los individuos de todas las especies presentaron en ambas categorías de regeneración una mediana del índice de iluminación de copa de 2.5 (luz lateral alta), lo que indica que la mayoría reciben luz lateral alta y pocos reciben luz directa por arriba. Datos similares son reportados por Clark y Clark (1992) y Clark *et al.* (1993), también para juveniles de seis especies en un bosque muy húmedo tropical de bajura no intervenido estructuralmente.

Efecto de la exposición de copa sobre el crecimiento: De manera general el nivel de significancia de las correlaciones fue mayor en la categoría de latizal que en la de brinzal (Cuadro 1). Los análisis de correlación muestran significancia especialmente con las especies que presentaron índices de iluminación menor (*Q. costaricensis, Q. copeyensis* y *O. austinii*). En el caso de los brinzales, solamente las dos especies de Quercus (bajo tratamiento de 30% extracción de AB) correlacionaron significativamente y *solo Q. costaricensis* lo hizo tanto con el incremento en diámetro como en altura. A nivel de latizal *Q. costaricensis* en ambos tratamientos así como *Q. copeyensis* con 30% de extracción de AB correlacionaron de manera positiva y altamente significativa su crecimiento diamétrico y en altura con el índice de exposición de copa, así mismo *O. austinii* mostró correlación significativamente con el incremento en altura y *W. pinnata* en cuanto a el incremento en diámetro.

Demografía: Las tasas de mortalidad para los brinzales (entre 0 y 11.8%) fueron menores que las reportadas en otros estudios (Lieberman y Lieberman 1987, Nicolson citado por Swaine et al. 1987, Clark y Clark 1992), estos autores señalan para seis especies no pioneras, porcentajes de mortalidad entre 2.7 y 19% para la clase ≤ 1.5 cm de diámetro,

mientras que en un bosques húmedo sometido a manejo (de Graaf 1986) encontró tasas de mortalidad de promedio 7 a 13% para individuos de 5 a 200 cm de altura en el período inmediato después del refinamiento. En el caso de los latizales las tasas de mortalidad encontradas en nuestro estudio fueron un poco mayores (0 a 4.6%) comparados con los valores reportados en bosque sin intervenir (0 y 1.7) sin embargo, se encuentran en el rango de los datos encontrados por de Graaf (1986) en bosque bajo manejo.

Cuadro 1: Resultados del análisis de correlación (Spearman) entre el índice de exposición de copa (1998) y el crecimiento en diámetro y altura. Códigos de especie: *Q. costaricensis* con extracción del 20% de AB: Qcs T20, *Q. costaricensis* con extracción del 30% de AB: Qcs T30, *Q. copeyensis* con extracción del 20% de AB: Qcp T20, *Q. copeyensis* con extracción del 30% de AB: Qcp T30, *O. austinii*: Oa, *W. pinnata*: Wp.

	Incr diamétrico		Incr. altura	
Brinzales	Coef. Corr	p	Coef. corr	p
Qcs T30	0.15	*	0.17	*
Qcp T30			0.23	*
Latizales				
Qcs T30	0.40	***	0.24	***
Qcs T20	0.25	***	0.18	**
Qcp T30	0.42	**	0.45	**
Oa			0.22	*
Wp	0.30	**		

Conclusión

Si bien es cierto la intervención del bosque modificó en alguna medida las condiciones de iluminación, los tratamientos aplicados no fueron tan drásticos como para producir diferencias radicales en las condiciones de luz de los estratos más bajos del bosque. Sin embargo, parecen ser suficientes para inducir una fuerte respuesta en los juveniles bajo dosel de especies tolerantes a la sombra, en especial de las especies de *Quercus*.

Referencias

Blaser, J. & Camacho, M. 1991. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de robles (*Quercus spp.*) del piso montano en Costa Rica. Colección silvicultura y manejo de bosques naturales no. 1.

CATIE. Informe Técnico no. 185. 67 p. CATIE. 1996. Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales, Curso Intensivo Internacional: Estudios de caso. Turrialba, CR. Material educativo/CATIE no.34. 73 p.

Clark, D.A. & D.B. Clark. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. Ecol. Monogr. 62: 315-344.

Clark, D.A., D.B. Clark & P.M. Rich. 1993. Comparative analisys of microhabitat utilization by saplings of nine tree species in neotropical rain Forest. Biotropica 254: 397-407.

De Graaf, N.R. 1986. A silvicultural System for natural regeneration of tropical rain forest en Suriname. Agricultural University, Wageningen, Holanda. 250 pp.

Lieberman, D., & M. Lieberman., R. Peralta, and G.S. Hartshorn. 1985. Growth rates and ages-size relationships of tropical wet forest trees in Costa Rica. J. of Trop. Ecol. 73: 915-924.

Swaine, M.D., D. Lieberman, & F.E. Putz. 1987. The dynamics of tree populations in Tropical forest a review. J. Trop. Ecol. 3: 359-366.

SEED REMOVAL AND SEED DISPERSAL IN TWO SELECTIVELY-LOGGED FORESTS WITH CONTRASTING PROTECTION LEVELS IN COSTA RICA

Jesús J. Rosales, Manuel R. Guariguata,
Bryan Finegan
Unidad de Manejo de Bosques Naturales
Area de Manejo y Conservación de la Biodiversidad

Abstract

We evaluated seed removal and the fate of removed seeds (as a measure of dispersal) in two nearby tropical rain forest sites in the Caribbean lowlands of Costa Rica that had been selectively logged but that differ in their degree of protection from human intrusion (primarily due to hunting) and habitat connectivity: We expected differences between sites in rates of seed removal and the fate of removed seeds, and predicted that secondary seed dispersal rates by mammals would be highest at the protected site. Patterns of seed removal under two protection treatments (semipermeable cages *vs.* uncaged) varied both within species across sites and within sites across species suggesting site differences in the abundance of vertebrate seed consumers. However, differences were largely species specific. For all species combined, twice as many seeds were dispersed after 50 d of observation at La Selva. We found evidence for differential seed survival in our study species between sites, probably related to altered mammal community composition probably as a result of hunting pressure and loss of habitat connectivity at Tirimbina with respect to La Selva.

Introduction

It has been suggested that in forested sites lacking a full complement of the mammalian community, tree recruitment rates may be altered due to local extinction caused by fragmentation or hunting of seed dispersing animals, or by overabundance of seed predators. In this paper, we evaluate seed removal and the fate of removed seeds of seven tree species (six of which are timber species) in two closely located forest sites in NE Costa Rica. Both sites underwent selective logging (La Selva Biological Station and Tirimbina Rain Forest Center) but they show contrasting levels of habitat connectivity and human intrusion. We predicted (1) differences between sites in rates of seed removal and the fate of those removed seeds, and (2) that seed dispersal rates by mammals were to be higher at the protected site.

Methodology

Species selection was dictated by their commercial value, their occurrence at both study sites, and by availability of seed. The species were *Pentaclethra macroloba, Welfia regia, Minquartia guianensis, Carapa nicaraguensis, Virola koschnyi, Otoba novogranatensis* and *Lecythis ampla.* Seeds of all species are known to be readily consumed and/or dispersed by a variety of mammals, including small to medium size scatterhoarding rodents, perhaps with the exception of *Pentaclethra macroloba* whose seeds contain compounds which are toxic to many animals. We performed all experiments described below simultaneously in both sites. The entire work lasted for about 6 mo during 1998.

We performed exclusion experiments in order to discern whether seed removal varied between sites according to mammal body size. At each site, fifteen random locations in the forest understory were selected, spaced by no less than 50 m. At each location, two groups of 10 seeds were placed on litter-free soil, each group randomly receiving a "caged" and "uncaged" treatment. The caged treatment consisted of an open-top cylinder made of galvanized chicken wire staked to the ground. The mesh size allowed the entrance of small rodents and probably squirrels through the top. For *Lecythis* and *Carapa*, the number of replicate locations had to be reduced to 10 in each species due to insufficient number of seeds. The number of seeds that remained at every location in each treatment were monitored over 50 d.

To assess whether the fate of seeds removed by terrestrial mammals varied between sites, a separate batch of seeds were threaded with fishing line. The thread was spray painted with fluorescent color to facilitate its detection after removal. We considered that a seed was "dispersed" if it was either removed or buried away from their original location but within a 10 m radius. All seeds that were not found and those for which only the thread was left were considered "predated". The location of all dispersed seeds was marked with a white plastic stake and followed over the same census intervals as above.
We quantified all mammal encounters during the whole study period while performing the seed censuses.

Results

Patterns of seed removal and dispersal varied both within species across sites and within sites across species suggesting site differences in the abundance of vertebrate seed consumers (Table 1). Compared to all species, *Pentaclethra* had the lowest removal in both caged and uncaged treatments. However, seeds at La Selva suffered higher removal rates than at Tirimbina. Seeds of *Lecythis* and *Carapa* also showed higher removal rates at La Selva, particularly in the uncaged treatment. The opposite result was found in *Virola*, where seed removal rates appeared higher at Tirimbina in both treatments. Two species, *Welfia* and *Otoba*, showed similar seed removal rates regardless of site and treatment. Any potential differences in mammal abundance among sites are masked by the fact that these latter species are consumed by a large array of mammals of different body sizes. Overall, twice as many seeds were dispersed after 50 d at La Selva (5.3 %) than at Tirimbina (2.2 %), being this difference statistically significant ($\chi^2 = 12.6$, 1 d.f., $p < 0.001$). Two of the study species, *Pentaclethra* and *Welfia* showed no detectable dispersal at any site, which suggests either that they are consumed (and not cached) at first encounter (likely for *Welfia*), or that they are simply avoided due to toxicity (likely for *Pentaclethra*). Seeds of *Carapa* and *Lecythis* showed no dispersal at Tirimbina.

Discussion

We found evidence for our initial prediction of differential seed and seedling survival in our study species between sites. This is probably related to altered mammal community composition (Table 1) as a result of hunting pressure and loss of habitat connectivity at Tirimbina with respect to La Selva. These differences, however, were not consistent across sites. Some species had higher removal rates at La Selva while other showed the opposite pattern. This suggests that potential alterations in tree recruitment patterns due to differences in animal community composition are likely to be species specific.

Seeds of *Carapa* are well known to be scatterhoarded by medium-sized rodents such as agouties (*Dasyprocta* spp), therefore maximizing the probability of seed germination and seedling establishment. Although in our case, *Carapa* suffered disproportionately higher seed removal at La Selva, than at Tirimbina, seeds were also dispersed (as opposed to zero dispersal at Tirimbina). A similar pattern was observed in *Lecythis* (whose seeds are also dispersed by agouties) where all undispersed seeds at Tirimbina were rapidly attacked by ants which consumed the endosperm. Two of the study species with the smallest seeds (*Minquartia* and *Virola*) seemed to experience more removal by small mammals at Tirimbina than La Selva. Our work seems to confirm earlier findings of other case studies that have dealt with the so called "defaunation" hypothesis that have also shown altered patterns of plant regeneration due to truncated trophic chains. We hypothesize that in NE Costa Rica, production forests adjacent to parks and conservation areas are more likely to maintain a wider spectrum of viable populations of plants and animals, given the assumption that human intrusion is also controlled. Even if forests are logged gently, sustained recruitment of at least mammal-dispersed timber species appear less likely if loss of habitat connectivity and excessive hunting pressure are combined.

Table 1. Number of sightings of mammalian fauna at the study sites in the Caribbean lowlands of Costa Rica over a 6 mo period.

	Tirimbina	La Selva
Species	No. (No./ha)	No. (No./ha)
Alouatta palliata (Howler monkey)	4 (0.06)	8 (0.13)
Ateles geoffroyi (Spider monkey)	2 (0.03)	15 (0.24)
Cebus capuchinus (White-faced monkey)	7 (0.10)	7 (0.11)
Dasyprocta punctata (Agouti)	--	2 (0.03)
Puma concolor (Puma)	--	2 (0.03)
Tamandua mexicana (Tamandua)	--	2 (0.03)
Tayassu tajacu (Collared peccary)	--	4 (0.07)
Sciurus variegatoides (Squirrel)	1 (0.01)	2 (0.03)
Total	14 (0.19)	32 (0.52)

EFECTOS DE LA DESVITALIZACIÓN DE ÁRBOLES SIN APLICACIÓN DE ARBORICIDAS MEDIANTE TRATAMIENTOS SILVICULTURALES EN BOSQUES HÚMEDOS LATIFOLIADOS

Carlos David Quirós Molina
Proyecto TRANSFORMA-UMBN/CATIE

Summary
Following the proposal of on operational technical framework for forestry management, this states the application of post-harvest silvicultural treatments. This activity has been implemented in different research sites, operational management areas and forests under management in general. The treatmen eliminates undiserable vegetation and promotes favorable conditions for future desirable vegetation.

Undesirable mass is removed through devitalization, basically using the ringing technique. At the beginning, tasks were carried out by applying tree fertilization, that is, 100% of the individuals treated. No application of these products is presently promoted, which means a 90% devitalization.

Resumen
Siguiendo el planteamiento de un marco técnico operativo de manejo forestal, este propone la aplicación de tratamientos silviculturales posterior a la cosecha, esta actividad se ha implementado en diversos sitios de investigación, áreas de manejo operativo y bosques manejados en general. El tratamiento elimina vegetación no deseable y crea condiciones favorables para la vegetación deseable futura.

La masa no deseada se elimina mediante desvitalización, básicamente utilizando la técnica de anillamiento, en un inicio los trabajos se realizaban considerando la aplicación de arboricidas, logrando la desvitalización total o el 100% de los individuos tratados, hoy recomendamos la NO aplicación de estos productos, logrando un 90% de desvitalización.

Introducción

En bosques húmedos naturales tropicales bajo manejo, la aplicación de tratamientos silviculturales ha sido una herramienta para favorecer la vegetación deseable. Los tratamientos y las técnicas de desvitalización o eliminación de vegetación no deseable son variadas, desde la tala o corta y la muy frecuente técnica del anillamiento con aplicación de arboricidas, sin embargo con las experiencias acumuladas de trabajos realizados, hemos orientado la desvitalización sin la aplicación de químicos o arboricidas y simplemente se realiza la tarea del anillamiento y/o perforaciones que acaban paulatinamente con el individuo y/o masa competidora no deseada.

Metodología

El estudio recopila información de diversos bosques primarios intervenidos (donde se ha cosechando la madera rolliza) y con posterior aplicación de tratamientos silvícolas. Se hace referencia a dos estudios de caso: el primero, una recopilación de experiencias en varios bosques de la región Huetar Atlántica y Huetar Norte de Costa Rica, específicamente el sitio clave de investigación La Tirimbina y las áreas de manejo La Montura, Hogar de Ancianos y La Legua. El otro estudio de caso presenta lo desarrollado en el sitio clave de investigación Los Laureles de Corinto ubicado en la región Atlántica de Costa Rica..

El diseño experimental utilizado fue:

Se eligieron las áreas con tratamientos silviculturales de:
- Liberación
- Saneamientos o mejora y
- Refinamiento.

La aplicación del tratamiento se realizó mediante la utilización de las técnicas de:
- Anillamiento y
- Anillamiento y Perforación

El anillamiento se realizó con motosierra o con herramientas (hacha y/o cuchillo); consistiendo básicamente en descortezar la circunferencia del árbol en un anillo de aproximadamente 30 cm de ancho, también se puso en práctica otra forma, que fue simplemente hacer dos aperturas distanciadas a 30 cm y no proceder a descortezar, esto se hizo, en Tirimbina, La Montura, Hogar de Ancianos, y La legua.

En Los Laureles de Corinto, se realizó anillamiento, procediendo de las dos formas antes citadas y diferenciado los sitios de su aplicación, sin embargo aquí se modificó ya que también se hizo una perforación en un sólo sitio o punto del anillo, de manera que la punta de la espada u hoja de la motosierra penetrara hasta el duramen.

El monitoreo del grado y/o efecto de desvitalización o muerte en los árboles tratados, se lleva a cabo por medio de observaciones mensuales hasta completar un año y bimestralmente durante el segundo año. La escala utilizada para monitorear fue:

0 = Árbol no muestra decadencia
1 = Árbol muestra follaje amarillento
2 = Árbol con follaje y fuste afectado
3 = Árbol moribundo
4 = Árbol a punto de morir
5 = Árbol Muerto
(Quirós y Finegan, 1994)

Resultados y Discusión

En un inicio (primer estudio de caso) la técnica de anillamiento sin arboricidas, logró la mortalidad de un 80% de los árboles tratados, se resistieron las especies duras; las semiduras decayeron en el primer año y las especies suaves se lograron desvitalizar en los primeros 6 meses de aplicado el tratamiento. Por clasificación diamétrica , los árboles en la clase 10-30 cm mostraron mayor rapidez de decadencia.

En el estudio de caso de Corinto, incorporando resultados hasta el primer año de monitoreo se ha demostrado que la mortalidad se ha logrado hasta en un 90% para todas las especies tratadas y en un 100% para la especie gavilán, ésta representa la especie con mayor número de individuos tratados, principalmente en las clases diamétricas mayores a 50 cm de dap, ya que fue aplicado un tratamiento de saneamiento (Quiros, 1998)

Información posteriormente recolectada, pero no analizada en su totalidad, demuestra que la mortalidad a aumentado en todas la especies , aún en las especies duras, sin embargo en estas últimas el período para su total desvitalización es mayor a un año después de aplicado el tratamiento. También al igual que en el primer caso, se determinó que los individuos de diámetros menores decaen más rápidamente, comparativamente con los de mayores dimensiones diamétricas.

Respecto a la forma de anillamiento, ya sea, con y sin descortezado, no se encontraron diferencias significativas entre estas técnicas.

Conclusiones y Recomendaciones

La vegetación tratada siempre fue mayor o igual a 10 cm de dap , cuando se presentó el caso de especies con relevante valor ecológico no se desvitalizaron , aun presentando problemas de competencia con vegetación deseable para producción de madera rolliza.

Las especies de mayor peso específico se resisten más a la decadencia.

La decadencia es más rápida en los individuos de menor diámetro (10-30 cm).

Los tratamientos ejecutados han logrado mejorar las condiciones de la masa deseable remanente.

No hay diferencias significativas entre uso y no uso de arboricidas, y debido al alto porcentaje de desvitalización de árboles sin uso de arboricidas, se recomienda en la medida de lo posible, evitar el uso de estos productos químicos.

Evitar el uso de arboricidas reduce el costo económico y ecológico, ya que se evita hacer daño al ambiente.
El anillado se recomienda hacerlo a la altura que permita mas facilidad de operación, y sin realizar el descortezado.

Los planteamientos en cada estudio de caso, muestran resultados comparativos, entre: métodos, sustratos (arboricidas), concentraciones de arboricidas, especies tratadas y

dimensiones de los individuos y técnicas de aplicación. Recomendándose continuar con este tipo de investigaciones, ya que las experiencias al respecto son escasas en masa vegetales leñosas y en particular en bosques húmedos latifoliados.

Literatura citada

QUIRÓS, D . 1998. Prescripción de un tratamiento silvicultural en un bosque primario intervenido de la zona atlántica de Costa Rica. CATIE/UMBN (Costa Rica). Serie de Notas Técnicas. Manejo Forestal tropical # 5. 12p.

QUIRÓS, D ; FINEGAN, B. 1994. Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica. CATIE (Costa Rica). Serie Técnica. Informe técnico # 225. 25p.

ELEMENTOS FENOLÓGICOS PARA LA SILVICULTURA DE *Quassia amara* EN TALAMANCA, COSTA RICA

Lilibeth Leigue, Daniel Marmillod, Róger Villalobos, Bryan Finegan
Unidad de Manejo y Conservación de la Biodiversidad
Area de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Abstract

Quassia amara is a tropical shrub used as a medicinal plant or natural insecticide, and whose silviculture for diversified forest management is studied by CATIE. In Costa Rica the species is found below 450 m.a.s.l. in areas where soils maintain their humidity all year round. Populations are denser in sunny areas, whereas in very rainy places, the shrub only grows at higher altitudes. During one year, growth, flower, fruit and seed production of *Q. amara* plants of a natural population in Talamanca, Costa Rica, were measured and related to topographic and light conditions. Shrubs produce flowers and fruits under all light conditions, but more intensively and during longer periods for shrubs with greater basal diameter (> 65 mm) and intermediate light exposure (20-80 % of tree top receiving direct vertical light). Higher light exposure levels did not produce significant changes, but rather a tendency to decrease. Maximum averages were 1112 flowers and 135 fruits per shrub up until 180 phenological activity days. Topographic conditions had no effect on phenology but affected annual diametric increase; this was great for shrubs on mountain peaks or slope terraces. Diametric increase was greater for flowering shrubs under intermediate light exposure conditions or for non flowering shrubs with maxim light exposure (4.14 mm). Illumination control appears to be a fundamental factor for the species integration in diversified forest management.

Introducción

La "cuasia" (*Quassia amara,* Simaroubaceae), es un arbusto presente desde México hasta Brasil ampliamente utilizado como planta medicinal desde el siglo 18. El uso de sus ramas para elaborar insecticidas naturales, importante en Europa y Estados Unidos antes del auge de los pesticidas sintéticos en 1940, retoma importancia en la actualidad ante la búsqueda de pesticidas naturales (Brown 1995, Villalobos 1995). En el CATIE se estudian aspectos biológicos y económicos para el uso sostenible de este recurso forestal no maderable y se ha elaborado un plan de manejo para una población natural de la especie en la Reserva Indígena Kéköldi, Talamanca, Costa Rica (Marmillod *et al.* 1995).

La presencia y la densidad de poblaciones naturales de cuasia en Costa Rica se relacionan con la altitud (solo se presenta por abajo de 450 msnm), la disponibilidad de agua en el suelo (solo en sitios donde la humedad no es limitante ni excesiva durante el año) y la disponibilidad de luz (su densidad es mayor en sitios donde los valores anuales de brillo solar son más altos). En regiones lluviosas y nubladas la especie es más común en condiciones topográficas más iluminadas y en bosques disturbados (Ling 1995, Villalobos 1995). Villalobos (1995) propone que la mayor disponibilidad de luz a través de los años favorece la floración y el crecimiento de la cuasia. En el plan de manejo elaborado por Marmillod *et al.* (1995) se propone el establecimiento de conos de regeneración de cuasia por medio de la dispersión de semillas en aberturas naturales del dosel o la eliminación parcial de árboles de sombra vecinos a posibles arbustos semilleros. En Talamanca, donde hay dos momentos de menor

precipitación: setiembre - octubre y febrero – marzo, la floración de la cuasia ocurre entre noviembre y mayo (Brown 1995, Leigue 1997, Ling 1995).

Esta investigación pretende determinar la existencia de relaciones entre el tamaño, ambiente de iluminación y ubicación topográfica de arbustos de *Quassia amara* y su comportamiento fenológico en cuanto al crecimiento, floración, fructificación y producción de plántulas, como base para la silvicultura de la especie.

Metodología

La investigación se realizó en la Reserva Indígena de Kéköldi (9°38' latitud Norte y 82°48' longitud Oeste), en la costa caribeña de Costa Rica, en una zona de vida bosque muy húmedo premontano transición a basal, con una precipitación media anual cercana a 2831 mm, empleando arbustos silvestres de cuasia presentes en huertos, bosques secundarios y primarios. En agosto de 1996 se identificaron 437 arbustos con un diámetro cuadrático a 30 cm sobre el nivel del suelo ($d_{0.3}$) mayor a 200 décimas de mm (mm*0.1), es decir aprovechables (Ling 1995). Estos individuos, clasificados en 4 clases de $d_{0.3}$: 200-350 mm*0.1, 351-500 mm*0.1, 501-650 mm * 0.1 y mayor a 650 mm * 0.1, representaron la combinación de 4 condiciones de posición topográfica y 7 de iluminación. Para cada combinación se contó con al menos 10 repeticiones: 6 de ellas de las dos clases de $d_{0.3}$ menores.

Las condiciones topográficas consideradas, conforme a las experiencias de Ling (1995) y Villalobos (1995) fueron: cima (parte alta de una conformación orográfica), lomo (parte superior de las estribaciones de la cima), ladera (pendientes mayores a 40%) y plano en ladera (terreno de baja pendiente que interrumpe una ladera). La categorías para calificar la iluminación de los arbustos se basaron en el sistema de Clark y Clark (1992): 1.0 (individuo bajo el dosel, sin iluminación directa), 1.5 (mínima luz lateral), 2.0 (iluminación lateral directa sobre 10% a 50% de la copa), 2.5 (iluminación lateral sobre más del 50% de la copa), 3.0 (iluminación superior vertical directa sobre 10% a 80% de la copa), 4.0 (iluminación vertical directa sobre más del 80% de la copa), 4.5 (copa iluminada superior y lateralmente, con pocas sombras por fustes o copas mayores).

Para la caracterización dasométrica de cada individuo, al inicio y al final del estudio, se midió: $d_{0.3}$ en mm*0.1 con calibrador, altura total (h) por eje en dm, con vara telescópica; descripción de la copa, actividad fenológica inicial e iluminación. En 14 evaluaciones, efectuadas cada 21 días en promedio, de octubre de 1996 a octubre de 1997, se midió el número de inflorescencias en los estados de botón (corola cerrada), abierta (en el ápice) y madura (estambres visibles) y de infrutescencias con frutos en los estados pequeños (hasta 1.0 cm de largo por drupa), verdes (drupa mayor a 1.0 cm) , maduros (color negro) y secos. Se efectuaron análisis de variancia para diseños no balanceados y pruebas de Duncan para determinar el efecto de las clases diamétricas, condiciones topográficas, de luz y sus interacciones sobre la producción total de flores y frutos, la duración de los periodos de actividad reproductiva y el incremento de $d_{0.3}$ y h.

Resultados y discusión

Un 68% de los arbustos resultaron "activos", es decir que florecieron, y de estos un 88% resultaron "activos efectivos", o sea que fructificaron. Hubo arbustos activos de todas las

clases diamétricas y en todas las categorías de iluminación, aunque su proporción es mayor a 70% en las categorías de luz superiores a 2.5 y menor a 65% en el resto. No se determinó relación directa entre la condición topográfica y la actividad fenológica. Un menor incremento de $d_{0.3}$ en las condiciones de ladera podría revelar una limitación en la disponibilidad de nutrientes de los suelos más propensos a la erosión.

Un modelo que relaciona las condiciones de luz, topografía y $d_{0.3}$ con las variables fenológicas resultó significativo ($p < 0.0001$). La iluminación y la clase de $d_{0.3}$ como factores independientes produjeron diferencias significativas, no así la topografía. Aunque las diferencias de producción media de flores y frutos por arbusto entre las categorías de iluminación mayores a 3.0 no fueron significativas, su valor, que aumentó al pasar de las categorías menores a las intermedias (de 159 flores y 21.7 frutos en la categoría 1.0 a 1112 flores y 135 frutos en la categoría 3.0), disminuyó en las mayores (927 flores y 105 frutos en la 4.5). La media de días con actividad reproductiva siguió ese mismo comportamiento (138 días para la categoría 3.0, 84 días en la categoría 1.0). Es posible que la caída de estos órganos antes de concluir su ciclo sea mayor en las plantas más expuestas.

Los individuos más grandes mostraron mayor capacidad reproductiva, dentro del grupo activo predominaron los de $d_{0.3}$ mayor a 350 mm*0.1. Todas las diferencias entre medias de órganos reproductivos por arbusto para las clases de $d_{0.3}$ fueron significativas (desde 46 flores y 5 frutos en la clase 200-300 mm*0.1 hasta 1428 flores y 162 frutos en la clase > 651 mm* 0.1). Mientras individuos de la clase de $d_{0.3}$ mayor tuvieron 141 días de actividad sexual, los de la menor solo 77 días. Según esto, el $d_{0.3}$ es un buen indicador de madurez sexual, y los individuos de mayor tamaño rodeados de un dosel protector pero expuestos a iluminación vertical, podrían seleccionarse como plantas madre para la colecta de semilla.

Se determinó un periodo medio de 30 días desde que aparecen los botones hasta tener frutos, y unos 43 días para que éstos culminen su madurez y caigan del árbol. Por lo tanto, la colecta óptima de frutos con fines silvícolas puede iniciarse unos 70 días después de iniciada la floración. El tamaño de las flores es menor al final del ciclo, lo que podría indicar una disminución de la energía disponible o destinada para su producción.

El 99.6% de los individuos presentó un solo evento de floración en el año, el resto, con floración permanente, son plantas con alta exposición a la luz. Es posible que el arbusto expuesto en forma prolongada a la luz presente un patrón de floración subanual o continuo, según la clasificación de Newstrom *et al.* (1994), o que el arbusto permanentemente sombreado tenga un patrón supra–anual, en lugar del patrón anual que aparentemente predomina en la especie. Sin embargo, si la floración conlleva una alta demanda energética solo los individuos en condiciones óptimas de humedad y fertilidad del suelo podrían responder a altos niveles de luz durante periodos prolongados.

La iluminación también afectó significativamente el crecimiento anual de los individuos en $d_{0.3}$ y en h. Aunque no hay diferencias significativas de incremento en $d_{0.3}$ entre las 3 categorías de mayor iluminación, en los individuos activos esta variable tiene una tendencia similar a la de la floración, pues alcanza un máximo en la categoría 3.0 (37.3 mm*0.1) para luego decaer (35.3 mm*0.1 en la categoría 4.5), mientras que los individuos inactivos mantienen una tendencia de mayor crecimiento al aumentar la luz (3.9 y 41.4 mm*0.1 para

las categorías 1.0 y 4.5 respectivamente). Solo se observaron diferencias de incremento en h entre las clases de iluminación para los individuos inactivos (de 3.9 m*0.1 en la categoría 1.0 a 41.4 m*0.1 en la clase 4.5), mientras los activos mostraron incrementos menores a 2.2 m*0.1. Aparentemente existe una demanda de asimilados por parte de los órganos florales que limita la respuesta a la luz en cuanto a crecimiento vegetativo.

La diferencia entre los promedios del área de proyección de la copa de los individuos de las clases diamétricas: 501-650 mm * 0.1 y > 650 mm * 0.1, de 845.52 dm^2 y 500.84 dm^2 respectivamente, resultó significativa. La iluminación también determina esta variable en forma significativa ($p < 0.0008$), los individuos en condición de luz 3.0 tienen el mayor promedio de superficie cubierta, 874.46 dm^2, aunque sin diferencia significativa con los de las condiciones 4.0 y 2.0. El menor promedio es el de la condición 1.0, con 518.32 dm^2.

Conclusiones

Aunque la cuasia es capaz de sobrevivir en condiciones de sotobosque, responde a aumentos en la disponibilidad de luz con mayores tasas de crecimiento, producción de flores y de frutos hasta alcanzar un máximo en condiciones de luz vertical directa sobre no más del %80 del follaje del arbusto. La demanda de asimilados inherente a la actividad reproductiva hace que los individuos de mayor tamaño sean los mejores productores de semillas y que no todas las inflorescencias lleguen a producir semillas. La promoción de condiciones de luz favorables a la reproducción sobre árboles semilleros es factible dentro del manejo silvícola. El aprovechamiento sostenible de la cuasia puede implementarse en forma óptima dentro de sistemas de manejo diversificado del bosque, con intervenciones que provocan entradas de luz pero mantienen un dosel protector, típicas de la extracción de maderas de bajo impacto y de otros tratamientos silvícolas. El $d_{0.3}$ es una variable más adecuada para diferenciar individuos adultos ($d_{0.3} > 20$ mm) y estudiar la relación entre ambiente, crecimiento y actividad reproductiva de la cuasia, que la h.

Literatura citada

BROWN, N. 1995. The autecology and agroforestry potential of the Bitterwood tree *Quassia amara* L. ex Blom (Simaroubaceae). Ph. D. Thesis, Cornell University, New York. 250 p.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. Ecological Monographs, 62(3), 1992, pp. 315 - 344.

LEIGUE, L. 1997. Elementos ecológicos para la silvicultura de *Quassia amara* en Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 92 p.

LING, F. 1995. Estudio Ecológico de *Quassia amara* en la Reserva Indígena de Kéköldi, Costa Rica. *In* Ocampo R. Ed. Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Catie, Turrialba, CR. Serie técnica, Informe técnico No. 267. pp 56-67.

MARMILLOD, D.; CHANG, Y.; BEDOYA, R. 1995. Plan de aprovechamiento sostenible de *Quassia amara* en la Reserva Indígena de Kéköldi. *In*: Ocampo R. Ed. Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica, informe técnico 267. p. 68-90.

NEWSTROM, L.E.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. 1994a. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. Biotropica 26(2):141-159.

VILLALOBOS, R. 1995. Distribución de *Quassia amara* L. ex Blom en Costa Rica, y su relación con los contenidos de cuasina y neocuasina (insecticidas naturales) en sus tejidos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Catie. 174 p.

RESPUESTA DE *Carludovica palmata* A DIFERENTES INTENSIDADES DE COSECHA DE HOJAS

Judith Ceballos, Daniel Marmillod, Róger Villalobos,
Manuel Guariguata, Gabriel Robles
Unidad de Manejo y Conservación de la Biodiversidad
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Abstract

Two tests were established to determine the effects of harvesting new (spear) leaves in a natural population of *C. palmata,* a non timber forest resource used as a handicraft fiber. In the first test, two harvest intensities (0 and 100% of spear leaves) in plants from five size categories (based on number of shoots per cluster) were practiced. In the second test, three harvest levels (0, 50 and 100%) in plants from one size category were practiced. These treatments were conducted monthly during a period of eight months. The effects of the treatments on the growing and fruiting of the plants, production and dimensions of new spear leaves were evaluated.

There were significant differences from basal cluster perimeter, petiole length, number of old leaves and spear leaves dimensions between plant size categories. During the eight months of sampling in the second test, there was a significant effect of the treatments on number of old leaves (less in harvested plants than in untouched plants), and number of fruits (more in harvested plants). In the first test, there was a significant effect on number of old leaves. The treatments did not have significant effects on the time of emergency, production and dimension of new leaves. It is suspected that clusters had sufficient reserves to replace the losses of leaf area caused by harvest during the test period.

The highest fruit production was from February to April; up to 23 infrutescences per plant in March, decreasing to the lowest point in August with 0.2 infrutescences per plant. Greatest leaf production was when less fruits were present and the lowest was before April. It is recommended that leaf harvest should be done during the months of June to September, during the highest leaf production and to harvest bigger individuals.

Introducción

Carludovica palmata es una hierba tropical perenne de la familia Cyclanthaceae. Sus tallos son rizomas que producen macollas compuestas por un gran número de cepas o vástagos. Las hojas constan de largos pecíolos acanalados y láminas plegadas en forma de abanico (Harling 1958).

C. palmata es utilizada tradicionalmente con fines artesanales, alimenticios y medicinales desde el Sudeste de México hasta la parte central de Bolivia (Bennett *et al.* 1992). En varias zonas las fibras obtenidas a partir de las láminas de sus hojas jóvenes aún no desplegadas ("*candelas*") se utilizan para la elaboración de artesanías y cestería de calidad reconocida internacionalmente. Esta actividad, de gran importancia económica, hace de este recurso uno de los productos no maderables del bosque de mayor importancia en la región (IICA-Laderas 1996).

Aunque se han iniciado estudios sobre aspectos agronómicos orientados a establecer plantaciones de *C. palmata* (Uc 1995, Alarcón y Londoño 1977), no se ha analizado su potencial como recurso no maderable aprovechado a partir de los bosques tropicales, se

conoce muy poco sobre su biología, ecología y el efecto de la cosecha tradicional de sus productos en sus poblaciones naturales. Esta información es básica para establecer estrategias que permitan el manejo sostenible y la conservación de la especie.

La presente investigación forma parte del trabajo de la Unidad de Manejo y Conservación de la Biodiversidad, del CATIE, tendiente al desarrollo de metodologías para el manejo diversificado del bosque. Su objetivo es determinar el efecto de diferentes niveles de cosecha de las hojas jóvenes de *C. palmata* sobre el crecimiento y productividad de poblaciones naturales de la especie.

Metodología

El estudio se realizó en el extremo noroeste de la Reserva Indígena Kéköldi, localizada en la costa Atlántica de Costa Rica, en el cantón de Talamanca, entre las coordenadas 9° 00′ y 9° 50′ latitud Norte, 82° 35′ y 83° 05′ longitud Oeste. El área de trabajo no supera los 50 msnm. La temperatura media varía entre 24 y 27 °C y la precipitación media anual es de 2800 mm. Los suelos de la región se han clasificado como Ultisoles e Inceptisoles en su mayoría, salvo en las cercanías al mar y en la confluencia de algunos ríos donde existen Entisoles (Barrantes *et al.* 1994).

Se trabajó en un rodal natural de *C. palmata* ubicado en el pie de monte. Con base en un muestreo previo se definieron cinco categorías de tamaño de las plantas, a saber: 2 a 5, 6 a 9, 10 a 13, 14 a 17 y 18 a 25 cepas por macolla. Se numeraron y marcaron las cepas de cada planta incluida en el experimento. No fueron incluidas las plantas de regeneración (con solo una cepa) pues no producen candelas aprovechables y aquellas con más de 25 cepas, pues son poco frecuentes y el control de su crecimiento complejo.

Se instalaron dos ensayos: para evaluar la respuesta de la planta en diferentes estados de desarrollo a la cosecha intensiva de sus candelas, se implementó un diseño experimental completamente al azar en un arreglo factorial con las cinco categorías de tamaño y dos tratamientos (0 y 100 % de cosecha); para evaluar el efecto de tres intensidades de cosecha (0, 50 y 100 % de las candelas) se usaron también las plantas de la categoría 10 a 13 cepas, en un diseño experimental completamente al azar. Cada unidad experimental consistió de una macolla y para cada tratamiento se contó con 10 repeticiones.

Conforme al criterio del artesano, solo se cosecharon las hojas jóvenes aprovechables, es decir, aquellas sin daño cuya "candela" tiene al menos 60 cm de longitud y 20 mm de diámetro, y su peciolo 100 cm de longitud. Solo se tomaron medidas en las candelas con más de 1 m de peciolo, si una lámina se abre antes de eso no llega a ser aprovechable.

Al inicio y final del ensayo se midieron como indicadores de desarrollo el perímetro basal de la macolla, la longitud del peciolo de la hoja más alta y el número total de hojas con su lámina desplegada. Durante ocho meses (febrero a setiembre) se cosecharon todas las candelas aprovechables producidas en las plantas con tratamiento de 100% de cosecha y una de cada dos candelas aprovechables producidas en las del tratamiento 50%. Las cosechas se realizaron mensualmente al mismo tiempo que las mediciones del diámetro de las candelas y de la longitud de estas y su peciolo, el número de infrutescencias, de candelas totales y de candelas aprovechables por planta.

Tanto los indicadores de desarrollo como los promedios de longitud y diámetro de candelas y peciolo, fueron las variables dependientes en el análisis de variancia para determinar el efecto de los tratamientos y su interacción con los estados de desarrollo.

Resultados y Discusión

El inicio de las mediciones pareció coincidir con la etapa de máxima fructificación, 100 de las 110 plantas utilizadas (90.9 %) produjeron flores o frutos, comportamiento que se mantuvo hasta el mes de abril. De mayo a septiembre disminuyó la actividad reproductiva. El promedio mensual de 23 infrutescencias por planta, de marzo, fue el mayor y el de 0.2 infrutescencias por planta, en agosto, el menor. La producción de hojas, aunque permanente, fue mínima de febrero a abril y se incrementó a partir de mayo hasta su máximo en el mes de julio. Esta relación inversa entre la producción de frutos y candelas sugiere la posibilidad de que la cosecha de hojas incida en la actividad reproductiva, lo cual podría determinarse con el seguimiento prolongado de este estudio.

Durante el periodo de observación solo se observó una tendencia de crecimiento en cuanto al perímetro de las plantas. Sin embargo, tanto ese perímetro ($p=0.0001$) como la longitud del peciolo mayor ($p=0.0028$) y el número de hojas ($p=0.0001$) son significativamente diferentes entre las categorías de tamaño, lo mismo que la producción de candelas ($p=0.0001$) e infrutescencias ($p=0.0003$). Por cuanto es probable que en lapsos de observación mayores aumente el valor de estas variables al desarrollarse las plantas. El número medio de hojas varió de 12 para las plantas de menor tamaño a 57 para las de categoría mayor, siendo significativas las diferencias entre todas las categorías según la prueba de Tukey ($\alpha= 0.05$).

Las plantas con 50 y 100 % de candelas cosechadas presentaron un número de hojas significativamente menor ($p=0.0588$) y de infrutescencias significativamente mayor ($p=0.0059$) que las plantas testigo en el ensayo con plantas de 10 a 13 cepas. Sin embargo, en el ensayo para todas las clases de tamaño solo fue significativa la diferencia del número de hojas ($p=0.0431$), y aunque las plantas con 6 a 13 cepas que fueron cosechadas produjeron más infrutescencias, en el resto de las categorías de tamaño la tendencia se invierte.

En la palma *Chamaedorea tepejilote,* Oyama y Mendoza (1990) encontraron estímulo a la producción de frutos por la defoliación parcial pero reducción por la defoliación total, tendencia que se invirtió después de dos años. Por otra parte Chazdon (1991) quien no observó efecto de la defoliación sobre el crecimiento, fructificación, ni la supervivencia de la palma *Geonoma congesta,* considera que en plantas que amacollan la producción de frutos no es tan prioritaria y el impacto de la defoliación es amortiguado entre los ejes. Al igual que lo observado por esa autora en *G. Congesta*, no se observaron en *C. palmata* diferencias significativas en cuanto a la emisión de nuevas cepas, tanto en el ensayo con dos tratamientos ($p= 0.6403$) como en el de tres tratamientos (0.9878).

Para determinar un posible aumento en la emisión de nuevas hojas como respuesta a la cosecha, similar al observado en algunas palmas (Mendoza *et al.* 1987, Oyama y Mendoza

1990, Chazdon 1991, O'Brien y Kinnaird 1996) serán necesarios varios años de observación.

Hubo diferencias significativas entre las categorías de tamaño para el tiempo de emisión, el diámetro y la longitud del peciolo de las candelas (p=0.0001) así como para la aparición de candelas maduras con menos de 1 m de largo de peciolo (p=0.0116) o con más de 1 m (p=0.0001), pero no hubo diferencia entre tratamientos de cosecha.

Aunque se ha observado que la defoliación puede acelerar la madurez de las hojas o reducir su tamaño, al menos en algunas palmas (O'Brien y Kinnaird 1996), en el periodo de observación de este estudio no se han determinado tales tendencias.

Conclusiones

Las plantas de *C. palmata* de mayor tamaño, determinado por el número de cepas por macolla, producen un mayor número de infrutescencias y hojas, así como de candelas aprovechables. Después de 8 meses de observación, la cosecha mensual de 100 o 50% de las candelas aprovechables no afecta en forma significativa el crecimiento de la planta ni las dimensiones de las nuevas hojas. Aunque hay una tendencia de la cosecha a promover la producción de infrutescencias en plantas de tamaño intermedio, se requiere un mayor periodo de observación para determinar variaciones en esa tendencia a lo largo del tiempo y en plantas de los diversos tamaños. En la zona de Kéköldi es recomendable cosechar las candelas durante los meses de mayo a agosto, cuando es mayor su producción, preferiblemente a partir de las plantas de mayor tamaño.

Literatura citada

ALARCÓN, R.; LONDOÑO, T. 1977. Manejo de la paja toquilla, *Carludovica palmata*, en la zona de influencia del Parque Nacional Yasuní, Napo, Ecuador. In Mena, P.A. et al. Eds. Estudios biológicos de la conservación. Ecociencia. Quito. p. 375-392.

BARRANTES, J.C., CARMONA, M., DÍAZ, M., DURO, J.M., LING, F., OCAMPO, R., VILLALOBOS, R. 1994. Diagnóstico y resultados de investigación en la región Baja de Talamanca, Costa Rica. Documento de trabajo No. 5. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. 42 p.

BENNETT, B. C., ALARCÓN R.; CERON, C. 1992. The ethnobotany of *Carludovica palmata* Ruiz y Pavon (Cyclanthaceae) in Amazonian Ecuador. Economic Botany. 46(3): 233-240.

CHAZDON, R. 1991. Effects of leaf and ramet removal on growth and reproduction of *Geonoma congesta*, a clonal understorey palm. Journal of Ecology. 79: 1137-1146.

HARLING, G. 1958. Monography of the Cyclanthaceae. Acta Horti Bergiani. Band 18 (N :01).

IICA/LADERAS. 1996. Seminario taller proyecto microrregional, conceptualización y metodología. Memoria. Santa Bárbara, Honduras. 91 p.

MENDOZA, A., PIÑERO, D. Y SARUKHÁN, J. 1987. Effects of experimental defoliation on growth, reproduction and survival of *Astrocaryum mexicanum*. Journal of Ecology 75: 545-554.

O'BRIEN T. G. Y KINNAIRD, M. 1996. Effect of harvest of leaf development of the Asian palm *Livistona rotundifolia*. Conservation Biology 10(1): 53-58.

OYAMA, K. Y MENDOZA, A. 1990. Effects of defoliation on growth, reproduction, and survival of a neotropical dioecious palm, *Chamaedorea tepejilote*. Biotropica 22(2): 119-123.

UC, D. R. 1995. El cultivo de la palma jipi (*Carludovica palmata* Ruiz y Pavón): Aprovechamiento y características agronómicas en la parte norte del estado de Campeche. Tesis de Ingeniería en Agronomía. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 111 p.

LA ETNOBOTÁNICA COMO UNA HERRAMIENTA PARA ORIENTAR LA DIVERSIFICACIÓN DEL MANEJO SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES TROPICALES: EL CASO TERIBE

Gabriel Robles, Róger Villalobos, Daniel Marmillod, Yorleny Chang
Unidad de Manejo y Conservación de la Biodiversidad
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Abstract
To impel rural development which is compatible with natural resource conservation in four communities of the Teribe area in Bocas del Toro, Panama, improvements, including the incorporation of useful native species to its production systems, were proposed. The study used ethnobotany to identify those species which were considered to be useful and to give them a use value, which constitutes part of the basic information for the selection process of species to be incorporated into agro-systems to be improved, especially the productive forest. The information required for this process was generated in four stages: identification of plant communities and their floristic composition, an ethnobotanical study, diagnosis of local demand for plant resources, and identification of commercial species in the province. The selection method defined characteristics that the species should have in accordance with the objectives of improvement of each agro-system, evaluation variables and selection criteria. The application of this method then allowed us to prioritize the community's interest for these species.

Introducción

La etnobotánica tradicionalmente se ha dirigido a la búsqueda de nuevas fuentes de productos de valor comercial, hacia la adquisición de un entendimiento teórico de cómo las personas perciben y manejan su ambiente, a la colección de germoplasma, simples colectas botánicas, etc. Una nueva forma es la aplicación de la etnobotánica para la valoración de la relación de las comunidades con el uso de los recursos de la biodiversidad, aplicado hacia la resolución de problemas de conservación y desarrollo. La etnobotánica puede ayudar a diseñar sistemas que provean una alternativa para reemplazar o mejorar los sistemas tradicionales, al mismo tiempo que promover la conservación de los bosques y sus recursos naturales. El proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central (Olafo) implementó esta metodología en cuatro comunidades de su Area Demostrativa en la cuenca media y baja del valle Teribe, Bocas del Toro, Panamá.

Selección de especies.

La selección de especies de interés para la producción representa una tarea esencial en la planificación de un proceso productivo. En el caso del manejo de bosques naturales, donde no se pretenda a priori substituir el bosque original por una plantación, sino usar la masa existente, esta selección, plasmada en los objetivos del manejo, será limitada por la presencia y disponibilidad de especies útiles.

La decisión de qué producir es del propietario o usufructuario del bosque, pero para que pueda tomar esa decisión, necesita saber cuales son las especies útiles presentes. Para identificar las especies útiles de un predio forestal es necesario realizar un sondeo, el cual puede incluir varias etapas. La etnobotánica ayuda a rescatar elementos del conocimiento

local sobre la presencia, utilidad y biología de las especies, en función de los recursos disponibles, y puede complementarse con recorridos, parcelas o inventarios de campo que permitan una cuantificación preliminar de la abundancia. Encuestas u otras formas de investigación sobre la importancia (comercial, alimentaria, de salud, cultural, etc.), popularidad y nivel de conocimiento de las distintas especies también son útiles. En todos los casos, el sondeo tiene que tomar en cuenta el objetivo empresarial —que puede acercarse a un objetivo de desarrollo de una comunidad en caso de manejo forestal comunitario—y ser diseñado para generar la información adecuada, considerando las restricciones impuestas por la realidad.

Objetivo

La presente investigación se enmarca dentro de un proceso de selección de especies para el manejo de pequeñas fincas en la zona Teribe, con el cual se pretende contribuir a la implementación del objetivo de desarrollo planteado por el Proyecto Olafo: La base productiva de la población indígena Teribe, ubicada en la cuenca baja y media del valle Teribe, es conservada a través del mejoramiento de sus sistemas de producción.

Metodología

La metodología utilizada para el levantamiento de la información de las especies, se realizó en cuatro etapas, realizadas en distintos momentos.

Estudio de las comunidades vegetales y su composición florística. Se levantaron en tres .sitios 12 parcelas (PPC) con un área total cada una de 5,000 m^2 (100*50 m). Cada una de estas parcelas se subdividió en 5 subparcelas, cuatro de 625 m^2 y una de 2500, en las cuales se determinó el Indice de Valor de Importancia (IVI) de las especies con dap mayor a 5 cm.
Estudio etnobotánico. Se realizó en ocho diferentes sitios y comunidades de la zona Teribe (BONYIC, DLUEYYIK, KUDI, SHLOBEN, SIEIYIC, SIEYKIN, SOLON, SRODIYIK), y en los cuales participaron 11 diferentes informantes o conocedores de plantas (curanderos, materos, etc.)
Identificación de las especies comercializadas en la provincia. Encuesta realizada a 23 empresas en las principales ciudades de la provincia de Bocas del Toro: Changuinola, Almirante, Guabito, Chiriquí Grande y la Isla de Bocas del Toro.
Diagnóstico de la demanda de la Comunidad Teribe por los recursos vegetales. A través de cuatro encuestas: 1) General de usos y demanda de recursos del ; 2) Uso y demanda de recursos del para la confección de medios de transporte; 3) Uso y demanda de recursos del para la confección de artesanías; 4) Uso y demanda de madera en la comunidad Teribe.

Resultados

Estudio de las comunidades vegetales y su composición florística. Se contabilizaron 260 especies arbóreas con dap igual o mayor a 5 cm (incluyendo palmas), pertenecientes a 58 familias. De las especies identificadas, solamente 146 se encuentran presentes en más de dos sitios de muestreo. Un grupo de 20 especies se encuentran en más del 50% de los sitios muestreados y sólo 5 especies aparecen en más del 75% del total de sitios, con valores de Indices de Valor de Importancia (IVI) semejantes. Estas especies son: *Otoba novogranatensis*, *Virola multiflora*, *Virola koschnyi* y *Cecropia insignis*, a excepción de *Iriartea deltoidea*, que presenta un IVI superior.

Las familias más importantes de acuerdo a la cantidad de especies presentes en cada una son: Leguminosae (que incluye las subfamilias Caesalpinioideae, Faboideae y Mimosoideae) con un total de 30 especies que corresponde a un 11,5% del total, Moraceae con 25 especies (9,6%), Rubiaceae con 24 especies (9,2%), Lauraceae con 20 especies (7,7%), Sapotaceae con 14 especies (5,4%), Meliaceae con 11 especies (4,2%), Euphorbiaceae y Anonaceae con 10 especies cada una (3,8% cada una), Bombacaceae con 9 especies (3,5%), Myristicaceae y Flacourtiaceae con 8 especies cada una (3,1% cada una) y Burseraceae y Sterculiaceae con 7 especies cada una (3,0% cada una).

Se encuentra un total de 781 individuos/ha con mas de 5 cm de dap. El 25% del total de árboles por hectárea pertenece a 5 especies: *Pentaclethra macroloba, Iriartea deltoidea, Socratea durissima, Faramea occidentalis, Compsoneura sprucei.* Si a estas se le agregan otras 19 especies, se acumula el 50% del total de individuos. Nueve especies del total acumulan el 25% del IVI; estas son: *Pentaclethra macroloba, Iriartea deltoidea, Poulsenia armata, Socratea durissima, Otoba novogranatensis, Virola multiflora, Minquartia guianensis, Virola koschnyi, Quararibea ochrocalyx.* Un total de 37 especies acumulan el 50% del IVI.

Estudio etnobotánico. A través del estudio etnobotánico realizado con conocedores de la etnia Teribe, para conocer la biodiversidad útil, se recopiló información para un total de 56 familias, 145 géneros, con 121 especies identificadas taxonómicamente. Las familias botánicas más importantes de acuerdo al número de especies utilizadas se pueden observar en el Cuadro 1. Del total de plantas predominan las hierbas (37%), seguidos por los arbustos (20%), los bejucos (16%), las hierbas epífitas (11%), y por último los árboles (10%). Ahora bien, si se analiza las especies en relación con sus sitios de cosecha o procedencia , se observa que del total de plantas 128 se encuentran en estado silvestre, 13 son cultivadas y 4 se encuentran en ambos estados. Con respecto al ambiente vegetacional, el bosque secundario (con 40%) es el hábitat preferido por la mayoría de las especies.

Algunas de las especies que presentan un mayor número de usos son: *Smilax* sp., *Costus* sp., *Trattinnickia aspera, Witheringia* sp., *Machaerium* sp., *Aristolochia* sp., *Aristolochia constricta, Zamia skinneri, Peperomia* sp., *Dracontium costaricense, Columnea tulae* var. *Tomentulosa, Annona reticulata* y *Trattinnickia aspera* que pueden ser utilizada como alimento y medicinal; *Mansoa standleyi, y Symphonia globulifera* cuyos usos son artesanales y medicinales, *Ipomea alba*, que es utilizada como medicinal y en labores utilitarias, *Ocimum* sp., que es utilizada como medicinal y como especia, y *Desmodium adscendens* que es utilizada como medicinal y la vez puede ser un veneno.

Identificación de las especies comercializadas en la provincia. Los resultados demuestran que la especie de mayor venta en la zona de Changuinola es *Cordia alliodora* con una venta mensual de 35 250 pies tablares y se vende principalmente como madera dimensionada, seguido por la industria de la ebanistería y mueblería.

Otra especie importante es *Carapa guianensis* con una venta de 20 150 pies tablares/mes y *Cedrela odorata* con 20 900 pies tablares/mes. Sumando entre estas tres especies el 54,2% de las ventas de madera en la zona de estudio. Pallets o tarimas para las cajas de banano,

muebles y ebanistería en general, artículos de artesanías, madera dimensionada generalmente para el sector construcción y confección o reparación de botes de madera son las actividades de transformación identificadas en la provincia de Bocas del Toro.

Diagnóstico de la demanda de la Comunidad Teribe por los recursos vegetales. Los resultados presentados en este documento corresponden únicamente a la encuesta de materiales utilizados para la construcción. Para postes la especie más utilizada es *Minquartia guianensis* con un 96%, travesaños *Cordia alliodora* con 96%, en pisos *Cordia alliodora e Iriartea deltoidea* presentan los mayores porcentajes de utilización (88 y 29% respectivamente), en la parte del esqueleto de los techos las especies de preferencia son: *Cordia alliodora, Iriartea deltoidea, Faramea occidentalis*, siendo la mas utilizada el laurel, en las paredes la especie más utilizada es *Cordia alliodora e Iriartea deltoidea* (82 y 38% respectivamente), en la cobertura del techo la especie mayormente utilizada es *Geonoma congesta* (83%). La razón principal de uso de estas especies es por su buena durabilidad y el caso del laurel se le suma que es ampliamente distribuida en la zona. El criollo, la jira y el cafesillo se extrae del bosque y el laurel de los rastrojos y la fincas. Es importante anotar que en el estudio de la vegetación no se encontró laurel.

Conclusiones

Del objetivo y restricciones se derivan las cualidades que deberían reunir las especies para hacer viable su aprovechamiento dentro del sistema productivo esperado. Estas cualidades abarcan aspectos como aceptabilidad, mercado, tipo de producto deseado, facilidad de procesamiento, requisitos ecológicos y abundancia. El objetivo suele traducirse en varias cualidades, pero cada restricción al uso del recurso conlleva al menos una cualidad de la especie. Una vez definidas las cualidades, se determinan para cada una, las variables mínimas que permitan valorar el cumplimiento de la cualidad, y se evalúa su aplicabilidad. Pueden ser cuantitativas o cualitativas, pero deben ser factibles de medir con los recursos, materiales y en el tiempo disponible para tomar la decisión.

El proceso de selección comprende la metodología de medición de variables, organizada en una forma que facilite la recolección de la información e integre los procedimientos relacionados, la escala de desempeño de cada variable y el conjunto de criterios para valorar las variables involucradas. Con ellos se asigna a las diferentes variables, cualitativas o cuantitativas, el peso relativo que tienen en el proceso de selección, en forma individual y a través de sus interacciones.

Literatura citada

GENTRY, A.H.; DODSON, C. 1987. Contribution of nontrees to species richness of a tropical rain forest. Biotropica 19(2):149-156.

MARTIN, G. 1995. Ethnobotany: A methods manual. Chapman & Hall, London. 268 p.

ECOLOGY AND CONSERVATION OF COSTA RICAN WHITE-LIPPED PECCARIES AND JAGUARS.

Eduardo Carrillo[1], Joel Saenz[2]
[1]Unidad de Manejo y Conservación de la Biodiversidad
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad
[2]Programa Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional, Heredia Costa Rica

Resumen
El cariblanco (*Tayassu pecari*) y el jaguar (*Panthera onca*) son dos especies en peligro de extinción. El Parque Nacional Corcovado (PNC) es el área protegida que posee las mayores poblaciones de éstos animales en el país. Los pobladores que viven en áreas aledañas al PNC afirman que los cariblancos salen del parque una o dos veces por año, oportunidad que aprovecha la gente para cazar estos animales. A pesar de la importancia de los cariblancos como fuente de proteína animal para los pobladores rurales en el Neotrópico y su importancia en la dinámica del bosque, es poco lo que se conoce de su biología. , Por su parte, el jaguar es considerado un predador de ganado doméstico en alrededores de áreas protegidas, pero tambien es poco lo que se conoce de su biología. En enero de 1995 iniciamos un proyecto de investigación en el PNC cuyos objetivos fueron: 1. Estimar la variación estacional en el radio de acción y uso de hábitat de los cariblancos y jaguares asociados con ellos, y 2. Determinar si las manadas de estos animales salen del PNC durante algún momento del año. Treinta y seis cariblancos y un jaguar hembra han sido capturados usando trampas o un sistema de dardos. Nuestros datos muestran que las manadas de cariblancos utilizaron un radio de acción entre 200 ha y 1800 ha, y que fueron predominante diurnos. La jaguar hembra tuvo un radio de acción promedio de 800 ha y sus movimientos estuvieron estrechamente relacionados con los movimientos de los cariblancos. No encontramos evidencia de que los cariblancos o jaguares de las zonas bajas de Corcovado realicen movimientos hacia afuera del área protegida.

Introduction

Costa Rica is one of the most advanced countries in Central America regarding to the protection of wild areas and their natural resources. Many of these areas were created in response to the need to save the last remnant of one species or an ecosystem in a specific zone of the country.

Only recently have scientists asked themselves if most of the Costa Rican wild areas fulfill the minimum requirements to maintain species which require extensive areas to survive. Such is the case of white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*) and jaguars (*Panthera onca*), two species which have disappeared in most of the country and the rest of Central America, mainly due to the destruction of their habitat and to hunting pressure. Because of this, white-lipped peccaries and jaguars are considered in danger of extinction (March 1995). However, the white-lipped peccary is very important in the diet of rural people in Costa Rica and other Neotropical countries (Redford and Robinson 1987) and is a major prey species of endangered jaguars. Jaguars are sometimes considered a pest because they kill cattle to for food (Rabinowitz and Nottingham 1986). Nevertheless, their population

dynamics, their role in the tropical forest ecosystem, and the general biology of these species are relatively unknown (Rabinowitz and Nottingham 1986).

Therefore, to conserve jaguars and peccaries, it is necessary to make management decisions that maintain healthy populations. In Costa Rica, Corcovado National Park (CNP) is likely the area with the largest population of jaguars and white-lipped peccaries in the country, making it the most appropriate place to conduct studies of their ecology.

White-lipped peccaries comprised 90% of jaguars' diet in Corcovado National Park (Chinchilla 1994). There is some evidence that white-lipped peccaries perform an annual migration out of CNP boundaries. When that occurs, the local people living around the park take advantage and hunt the animals. If this is true, the effect of this harvest needs to be identified. In general, there is not sufficient information available concerning the ecology of white-lipped peccaries to make management decisions to protect and eventually utilize those animals as source of protein in rural zones in Latin-American countries, and to provide enough prey to maintain sustainable population of jaguars in Corcovado.

We proposed to carry out research that should indicate what the minimal areas are to maintain healthy populations, and whether it is necessary to create corridors between CNP and other areas to maintain them. Results of this study not only will help to conserve white-lipped peccaries and jaguars but will help to conserve the biodiversity of places like CNP and other similar places in Latin-America.

Local people in Latin-American countries usually are not interested in conserving things that they cannot use. They often do not understand the word biodiversity, or why it is important to conserve all animals and plants. However, if one offers them the possibility to use animals like peccaries in future to fulfill their basic needs, then they can understand why it is important to investigate, manage and conserve a species or an ecosystem.

With this work we planed to: 1) estimate movement and activity patterns and home range, of white-lipped peccaries and jaguars in the tropical rain forest of CNP, 2) determine if white-lipped peccary herds are migrating outside the CNP and thus becoming more vulnerable to hunting by humans.

Methods

White-lipped peccaries were captured using a Telinject darting system. Each darted animal was weighed, measured and marked with a radio-collar. Jaguars were captured utilizing a Clover-type live trap. Peccary and jaguar movement patterns, home range, activity patterns, habitat use and migration were be estimated using radio telemetry. The radio telemetry error in the study area was calculated before starting the study ($\pm$ 225 m), and is currently checked monthly by placing radio-collars in the forest at known locations on a map. Every peccary was monitored once per hour during a 6-hour period every 2 weeks, and five different animals will be monitored at any one time. Individual jaguar was monitored once per hour during each 6-hour period peccaries are being monitored.

Results and discussion

One adult female jaguar and 36 white-lipped peccaries were captured and successfully marked since January 1995. Approximately 3,000 peccary and 900 jaguar locations have been collected so far, and every marked peccary and jaguar has been found with no more than 24 hours of searching time.

At least once a month, each animal was located and the number of animals of their accompanying herd was counted. We found that group sizes fluctuated from 16 to 224 individuals. There was a significant overlap in the space used by each herd. During February and March, the herds joined it in a "super-herd," coinciding with the mate season. Our results suggest that white-lipped peccary herds are not stable, unlike reports of *Tayassu tajacu*, the other tayassuidae species present in Costa Rica. We did not find evidence to support the statement that white-lipped peccary herds, which live in Corcovado lowlands, migrate outside the CNP. Female jaguar had a 8 km^2 home range and their movements were highly related with peccary's movements. However, it is important to carry out more research about peccary's herds who live in the borders of CNP.

Literature Cited

CHINCHILLA, F. 1994. Food habits of the jaguar (*Panthera onca*), cougar (*Felis concolor*) and ocelot (*F. pardalis*) (CARNIVORA: Felidae) in Corcovado National Park, Costa Rica. Masters Thesis. Programa Regional de Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional, Costa Rica. 50 pp.

DONCASTER, C. P. 1990. Non-parametric estimates of interaction from radio-tracking data. J. theor. Biol. 43:431-443.

MACDONALD, D. W., F. G. BALL and N. G. HOUGH. 1980. The evaluation of home range size and configuration using radio tracking data. In: A handbook on biotelemetry and radio-tracking: 405-425.Amlaner, C.J. and Macdonald, D. W. (Eds). Oxford, Pergamon press.

MARCH, I. J. 1995. The White-lipped Peccary (*Tayassu pecari*). Pp 7-13. In: Status Survey and Conservation Action Plan: Pigs, Peccaries, and Hippos. (Ed) W.L. R. Oliver. IUCN/SSSC Pigs and Peccaries Specialist Group and the Hippo Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland. Pp 203

RABINOWITZ, A. R., and B. G. NOTTINGHAM. 1986. Ecology and behavior of the jaguar (*Panthera onca*) in Belize, Central America. J. Zool. London. 210:149-159.

REDFORD, K. H. And J. R. ROBINSON. 1987. The game of choice: patterns of Indian and colonist hunting in the Neotropics. American Anthropologist 89:650-667.

REGENERACION NATURAL EN PLANTACIONES PURAS Y MIXTAS DE ESPECIES NATIVAS

Florencia Montagnini, Manuel Guariguata, Natasha Ribeiro, Ana Mariscal
Unidad de Silvicultura de Plantaciones
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Abstract
We measured natural regeneration and understory light availability in two plantations in pure and mixed designs in the humid lowlands of Costa Rica. The plantations consisted of 8 native species: Plantation 1: *Jacaranda copaia*, *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* and *Stryphnodendron microstachyum*; Plantation 2: *Terminalia amazonia*, *Dipteryx panamensis*, *Virola koschnyi* and *Albizia guachapele*. In Plantation 1, at 3 and 7 years forest tree invasion was higher under *V. guatemalensis*, while shrubs were more abundant under *J. copaia* and under mixed-species treatments. In Plantation 2, at 5 years the mixed treatment had the highest number of herbaceous understory species, while *D. panamensis* had the highest understory biomass. At 7 years, *V. koschnyi* and *T. amazonia* had the highest number of woody species. Competition for grasses is a major factor influencing woody invasion under these plantations. High accumulation of litter on the plantation floor may contribute to diminish grass growth and thus encourage woody invasion under the species' canopies.

Introducción

Las plantaciones forestales pueden brindar múltiples beneficios tales como producción de madera, protección del suelo, captura de carbono atmosférico, y protección de cuencas hidrográficas. Además el uso de plantaciones con especies nativas monoespecíficas o mixtas puede desempeñar un papel importante en la recuperación de suelos, y la estructura y diversidad florística de ecosistemas tropicales degradados (Lugo 1992, Montagnini and Sancho 1990, Guariguata et al. 1995, Parrotta 1992).

Los principales factores limitantes para la regeneración en pastizales abandonados en regiones de bosque húmedo tropical pueden incluir escasez de nutrientes, niveles altos de compactación del suelo, falta o exceso humedad en el suelo, elevada radiación solar, y competencia intra e interespecífica (Nepstad et al.1991). Además otro elemento limitante crítico es la disponibilidad de semillas, especialmente en sitios cuyo tamaño o distancia de fuentes semilleras pueda limitar la dispersión de propágulos.

Las plantaciones forestales pueden contribuir a la recuperación de condiciones ambientales favorables a los procesos de regeneración natural en su sotobosque (Parrotta 1995, Guariguata et al. 1995). Por ejemplo, en Puerto Rico, bajo el dosel de plantaciones de *Albizia lebbek* de 6 años de edad, se encontraron 22 especies de árboles y arbustos, en comparación con una sola especie en parcelas control sin plantar (Parrotta 1992). La mayoría de las especies encontradas eran dispersadas por aves o murciélagos, por lo cual se concluyó que el dosel de las plantaciones puede cumplir un papel clave en los procesos de regeneración proveyendo perchas y hábitat para los animales dispersores. En La Estación Biológica La Selva, Costa Rica, resultados de estudios de diversidad vegetal bajo la

cobertura de ocho especies forestales y un tratamiento de regeneración natural sugieren también que las plantaciones presentan un buen potencial para acelerar los procesos de recuperación de suelos degradados (Powers et al.1997).

En el presente trabajo se compara la regeneración natural en el sotobosque de plantaciones forestales de ocho especies nativas en parcelas monoespecíficas y mixtas, en La Estación Biológica La Selva. En todos los casos se compara además con parcelas sin plantar, dejadas como parcelas testigo de regeneración natural.

Metodología

Sitio de estudio: El estudio se desarrolló en La Estación Biológica La Selva, cantón Sarapiquí, provincia de Heredia, Costa Rica (10°22'N, 83°59'W, 35-137 msnm). La temperatura promedio es de 24°C y la precipitación anual promedio es de 4000 mm .

Diseño experimental: Los tratamientos se establecieron en 1991 en un área de pastizal abandonado. Las parcelas de 32x32 m^2 se encuentran en bloques al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos: parcelas puras de cada especie, una parcela mixta con las 4 especies, y una parcela de regeneración natural (Montagnini and Porras 1998). El presente trabajo consideró las siguientes especies: Plantación 1: *Jacaranda copaia*, *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Stryphnodendron microstachyum*; Plantación 2: *Terminalia amazonia*, *Dipteryx panamensis*, *Virola koschnyi* y *Albizia guachapele*. La distancia inicial entre árboles fue de 2x2 m, con raleos a los 3 y 6 años hasta un espaciamiento de 4x4 m.

El muestreo de la vegetación se realizó en sub-parcelas establecidas dentro de los tratamientos mencionados. Las sub-parcelas fueron establecidas en el centro de cada parcela, para evitar efectos de borde. Para el muestreo de vegetación arbórea se consideraron los individuos mayores a 15 cm de altura. Se clasificaron las especies inventariadas con ayuda de personal la Estación Biológica La Selva y comparación con ejemplares de herbario.

Resultados y discusión

Abundancia y riqueza de vegetación

En la plantación 1, a los 3 años de edad la colonización por especies arbóreas fue mayor bajo *V. guatemalensis*, mientras que los arbustos fueron más abundantes bajo *J. copaia* y en plantaciones mixtas. Asimismo, en *V. guatemalensis* se encontró una mayor diversidad de hábitos de vegetación (Guariguata et al. 1995). A los 7 años de edad se encontró mayor abundancia de individuos (tanto arbóreos como otras formas de vida) bajo *Vochysia guatemalensis*, plantación mixta, y *Calophyllum brasiliense* (Tabla 1). Estos resultados coinciden con las experiencias de Powers et al. (1997) en La Selva, quienes encontraron que plantaciones de *Vochysia guatemalensis* y *V. ferruginea* contribuyeron con la supresión temprana del pasto y atrayeronn a gran cantidad de dispersores; además, ellos también reportaron que el tratamiento regeneración (control), presentó el promedio más bajo de todos los tratamientos.

Tabla 1. Promedios de abundancia de individuos por tratamiento en Plantación 1, a los 7 años.

Tratamiento	Número de individuos en 0.057ha	Error estándar
Vochysia	90.3 a	5.2
Mixta	87.6 a	8.3
Calophyllum	78.6 a	7.5
Jacaranda	57.1 b	6.9
Regeneración	28.6 ab	7.3

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente; Prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$

Concentraciones relativamente altas de C y N fueron encontradas en el suelo bajo *Vochysia guatemalensis* (Montagnini y Porras 1998). La descomposición de hojarasca fue mas rápida en parcelas de *Vochysia, Jacaranda* y mixta, que en los otros tratamientos. Además, *Vochysia* presentó la mayor caída de hojarasca, seguida por *Jacaranda* (Byard et al.1996).

En la Plantación 2, a los 5 años la plantación mixta presentó el mayor número de especies herbáceas en el sotobosque. A los 7 años, *T. amazonia, V. koschnyi* y la plantación mixta tuvieron la mayor cantidad de especies arbóreas en el sotobosque (Tabla 2). La tasa de descomposición de hojarasca fue mayor bajo *Terminalia amazonia,* mientras que el mayor espesor del mantillo de hojarasca fue encontrado bajo *D. panamensis* y *V. koschnyi* (Kershnar y Montagnini 1998).

No se encontraron especies arbóreas bajo *A. guachapele.* Se podría deducir que la mayor disponibilidad de nitrógeno bajo *A. guachapele* favorecería más a las especies herbáceas, las cuales compiten con la regeneración natural arbórea.

A pesar de la temprana edad de estas plantaciones, se encontró que tanto *Terminalia amazonia* como *Dypterix panamensis* se regeneraban a sí mismas, factor favorable para la recuperación de áreas, en casos de que los agentes dispersores de otras especies arbóreas no actúan eficientemente.

Tabla 2. Número de individuos arbóreos bajo los seis tratamientos en Plantación 2.

Tratamiento	Número de individuos/16 m^2	Número de individuos/ha
Virola koschnyi	19	11 875
Dypterix panamensis	9	5 625
Terminalia amazonia	44	27 500
Albizia guachapele	0	0
Plantación mixta	17	10 625
Regeneración natural	7	4 375

Conclusiones

En ambas plantaciones estudiadas, y en las condiciones del sitio experimental, la regeneración arbórea fue más exitosa bajo plantaciones forestales que en potreros

abandonados. Aparentemente es más recomendable la plantación de especies forestales en lugar de esperar los procesos naturales de recuperación natural.
En las condiciones de estos ensayos (especies y ambiente), las especies más exitosas para recuperar potreros abandonados fueron *Vochysia guatemalensis, Terminalia amazonia, V. koschnyi,* y las plantaciones mixtas. En la Plantación 2, la regeneración arbórea fue mayor bajo *T. amazonia*, especie cuya hojarasca descompone rápidamente; por otro lado, la regeneración arbórea bajo *Albizia guachapele* fue nula, a pesar de ser ésta una especie fijadora de nitrógeno. En ciertos casos es posible que el establecimiento de la regeneración natural arbórea no dependa tanto del mejoramiento del suelo, como de otros factores tales como la dispersión de semillas y la creación de condiciones microclimáticas apropiadas.

La regeneración arbórea fue mayor bajo las especies cuya caída de hojarasca y acumulación de mantillo fueron más abundantes. La producción elevada de hojarasca y acumulación de mantillo contribuyen a inhibir el crecimiento de pastos, favoreciendo así la competencia por especies arbóreas.

Literatura citada

Byard, R., Lewis, K., Montagnini F. 1996. Leaf litter descomposition and mulch performance from mixed and monospecific plantations of native tree species in Costa Rica. Agriculture, Ecosistems and Environment 58: 145-155.

Guariguata, M. R., Rheingans, R., and Montagnini, F. 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forest restoration. Restoration Ecology 3(4): 252-260.

Kershnar, R. and Montagnini, F. 1998. Leaf litter decomposition, litterfall and effects of leaf mulches from in mixed and monospecific plantations in Costa Rica. Journal of Sustainable Forestry 7 (3/4): 95-118.

Lugo, A. E. 1992. Tree plantations for rehabilitating damaged forest lands in the tropics. *In* M. K. Wali, editor. Ecosystem rehabilitation, vol. 2: Ecosystem analisis and synthesis. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.p 247-255

Montagnini, F.; Sancho, F. 1990. Impacts of native trees on soils: a study in Atlantic lowlands of Costa Rica. Ambio 19:386-390.

Montagnini, F.; Porras, C. 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: An example of an itegrative approach from the humid tropics. Environmental Management Vol.22, No.3 3.p 459-470.

Nepstad, D.; Uhl, C.; Serrao, E. 1991. Surmounting barriers to forest regeneration in abandoned, highly degraded pastures: a case study from Paragominas, Pará, Brasil. *In* A.B. Anderson (Editor) Alternatives to deforestation: Steps toward sustainable use of the Amazon Rain forest. Columbia University Press, New. York. p.215-229.

Parrotta, J. A. 1992. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 41:115-133.

Parrotta, J. A. 1995. Influence of understory composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site. Journal of Vegetation Science. 6: 627-636.

Powers, J. S.; Haggar, J. P.; Fisher, R. F. 1997. The effect of understory composition on understory woody regeneration and species richnees in 7- year old plantations in Costa Rica Forest Ecology and Management 99: 43-54.

PROPORCIÓN DE MADERA DE DURAMEN EN ÁRBOLES DE *Tectona grandis* Y *Bombacopsis quinata* EN COSTA RICA

Luis Diego Pérez Cordero, Luis Ugalde Arias, Markku Kanninen
Unidad de Silvicultura de Plantaciones
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Abstract
The definition of the rotation period for species of medium to fast growth should consider, besides the dimensional development of the trees, other important factors like wood quality. In this study differences in heartwood proportion between young and advanced aged trees of teak and pochote in several zones from Costa Rica are shown. Trees from different climatic zones of the country were selected trying to comprise young and advanced ages. In advanced aged teak in Costa Rica, it is possible to obtained heartwood volume percentages up to 60% approximately. In pochote, the heartwood formation is minimum at ages near to the suggested rotation periods.

Introducción

La definición de turnos de rotación para especies de mediano a rápido crecimiento deben tomar en cuenta, además del desarrollo dimensional de los árboles, las características estructurales y de calidad de la madera.

Mientras que la estimación del porcentaje de madera dura o duramen permite conocer las diferencias en durabilidad y valor decorativo, la determinación de la densidad es un método sencillo y rápido para estimar tempranamente el grado resistencia mecánica que puede esperarse en la producción final (Bhat, 1995).

El duramen es la proporción de madera dentro de un árbol que ha cesado la producción de células vivas y en donde los materiales de reserva (por ejemplo almidones) han sido removidos o convertidos en sustancias más perdurables (Society of American Foresters, 1983).

En este estudio se muestran las diferencias en cuanto a proporción de duramen en árboles jóvenes y de avanzada edad de teca y pochote, en diferentes zonas de Costa Rica.

Metodología

Se seleccionaron árboles de diferentes plantaciones en varias zonas del país tratando de abarcar edades jóvenes y avanzadas, así como diferentes condiciones climáticas.
En teca se aprovecharon 37 árboles con edades entre los 8 y los 46 años, de los cuales 13 árboles fueron utilizados para el estudio de porcentaje de duramen. En pochote se cosecharon un total de 17 árboles (edades de 10 a 26 años), analizándose en 10 de ellos el porcentaje de duramen.

A cada árbol cortado se le extrajeron secciones del fuste, partiendo de 0.3 m de altura, luego a 1.3 m y en adelante a distancias variables (cada 2.0 m, 2.6 m ó 3.3 m).

En cada sección se midió el diámetro promedio del duramen, el diámetro promedio total sin corteza y el diámetro promedio total con corteza. Se calcularon las áreas de duramen, albura y corteza y a partir de estas el volumen total con corteza, volumen total sin corteza, volumen de albura y volumen de duramen.

Resultados

El porcentaje de volumen de duramen en árboles de teca en Costa Rica tiende en general a aumentar con la edad. De esta forma, se encuentran a los 8 años porcentajes de duramen de 30% y a los 47 de hasta 61%. Así mismo, la albura disminuye de un 45% a solo 24% (aproximadamente la mitad). La corteza equivale a un 25% del volumen total a edades de 8 a 10 años, mientras que a los 47 años disminuye a 14%.

A manera de ejemplo se presenta en la Figura 1 el perfil de un árbol de teca de 20 años cosechado en Jicaral, Puntarenas y un árbol de 47 años aprovechado en Parrita, Puntarenas.

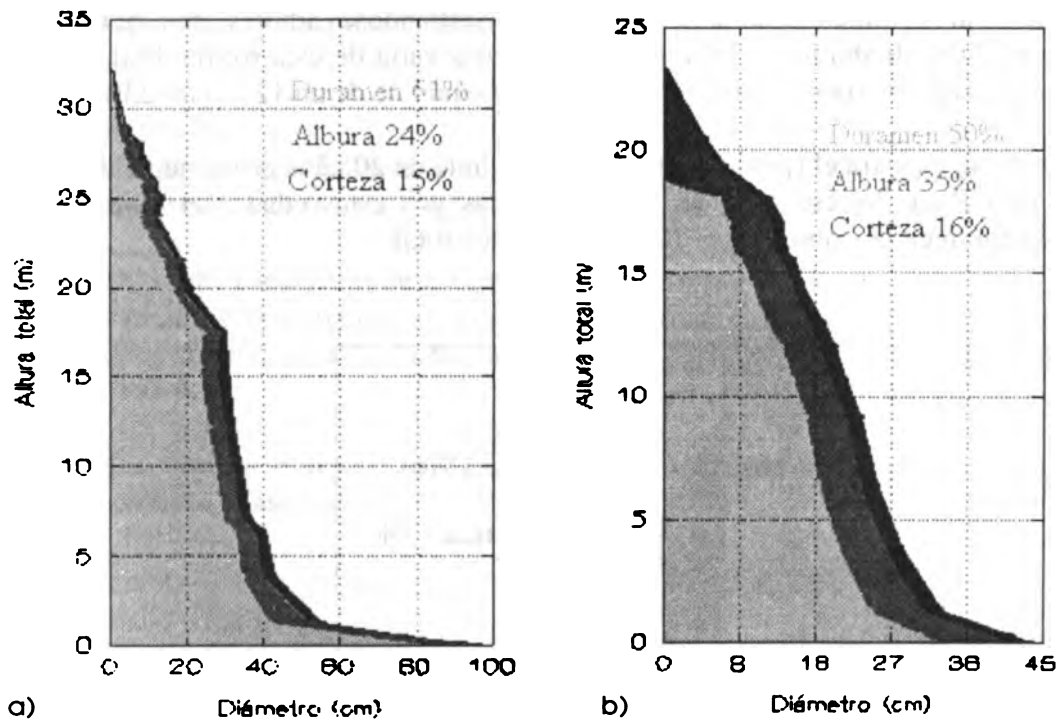


Figura 1. Distribución del volumen de duramen, albura y corteza en un árbol de *Tectona grandis* de 47 años aprovechado en Parrita de Puntarenas (a) y un árbol de 20 años cosechado en Jicaral de Puntarenas, Costa Rica (b).

Los árboles cosechados en las zonas de Parrita, Quepos, Buenos Aires y Palmar Norte, en donde no existe una estación seca tan marcada como en Guanacaste, presentaron porcentajes de volumen de duramen similares e inclusive levemente superiores a los encontrados en árboles provenientes de Guanacaste.

Bhat (1995) realizó un estudio en Nilambur (Kerala) en donde encontró porcentajes de duramen en teca de 30.1% a los 8 años y de 76.6% a los 51 años. Además, concluyó que el rápido crecimiento (asociado a sitios más húmedos) estaba asociado con una mayor producción de duramen, contradiciendo el pensamiento general de que a mayor rapidez de crecimiento, menor formación de madera de duramen.

En pochote, a diferencia de en teca, se encontraron porcentajes de duramen muy bajos, inclusive a edades cercanas a los turnos de rotación sugeridos para esta especie (25-30 años) (Pérez, 1998).

El porcentaje de duramen varía desde un 0.2% a los 10 años a hasta un 13.6% a 18 años (con respecto al volumen total con corteza), encontrándose árboles de 26 años con solamente un 7.0% de duramen. El volumen de albura varía de esta forma desde un 70% hasta un 84.4% del volumen y el volumen de corteza equivale de un 12% a un 23%.

En la Figura 2 se muestra el perfil de un árbol de pochote de 20 años proveniente de la zona seca de Costa Rica. Nótese que aún en estas zonas y a estas edades el porcentaje de volumen de duramen no sobrepasa el 10% del volumen total.

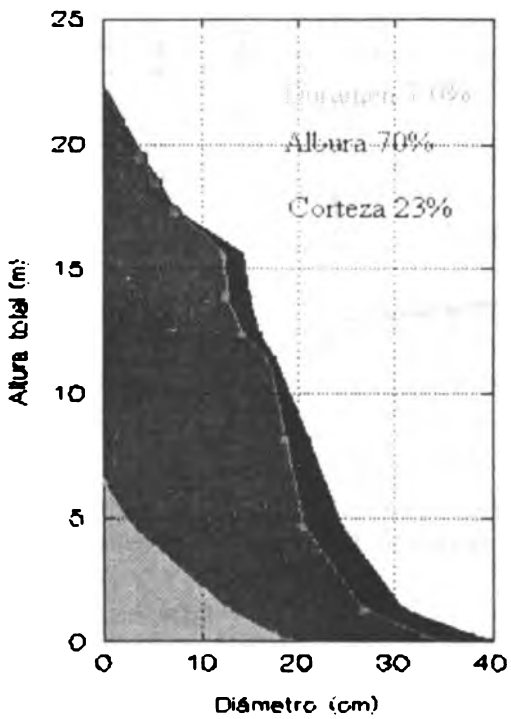


Figura 2. Distribución del volumen de duramen, albura y corteza en un árbol de *Bombacopsis quinata* de 20 años cosechado en Jicaral de Puntarenas, Costa Rica.

Al igual que en teca, en pochote no se presentaron mayores diferencias entre árboles provenientes de zonas secas y de zonas húmedas.

Conclusiones

1. En árboles de teca de avanzada edad, es posible obtener porcentajes de volumen de duramen de hasta 60% aproximadamente.

2. En pochote, la formación de duramen a edades cercanas a los turnos de rotación sugeridos para la especie es mínima.

3. No existen mayores diferencias en la formación de duramen en árboles provenientes de diferentes zonas climáticas del país, tanto en teca como en pochote.

4. Es importante tomar en cuenta aspectos como la formación de duramen en una especie antes de definir los turnos de rotación si se quiere garantizar productos de buena calidad y de amplia aceptación en el mercado.

Literatura citada

Bhat, K.M. 1995. A note on heartwood proportion and wood density of 8-year-old teak. *In* Indian Forester 121 (6), p. 514-516.

Pérez, L.D. 1998. Desarrollo de escenarios de crecimiento con base en la relación de la composición y la estructura de copa con la productividad en plantaciones de *Tectona grandis y Bombacopsis quinata* en Costa Rica.Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 158 p.

Society of American Foresters, 1983. Terminology of forest science technology practice and products. Washington D.C. 370 p.

DESARROLLO DE ESCENARIOS PRELIMINARES DE CRECIMIENTO PARA PLANTACIONES DE *Tectona grandis y Bombacopsis quinata* EN COSTA RICA

Luis Diego Pérez Cordero, Luis Ugalde Arias, Markku Kanninen
Unidad de Silvicultura de Plantaciones
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Abstract

Projects and private companies in Central America urgently need relevant information on the growth and productivity of priority species used in reforestation, such as *Tectona grandis* (teak) and *Bombacopsis quinata* (pochote).

The main objective of this study is to develop preliminary forest management proposals for *Tectona grandis* and *Bombacopsis quinata* plantations to ensure high stand productivity.

In the preliminary growth scenarios for teak, rotations periods between 25 and 28 years were evaluated, with final densities of 97 to 125 trees/ha, average diameters of 45 to 50 cm, and total average heights of 30 to 34 m. The productivity at the end of the rotation varies between 10.2 and 13.3 m^3/ha/year, yielding a total volume of 270 to 380 m^3/ha.

For pochote plantations, scenarios were developed for rotation periods between 24 and 29 years, using final densities between 110 and 130 trees/ha. Expected results include trees with average diameters of 45 to 52 cm, and total average heights of 30 to 35 m, equivalent to a total volume of 220 to 331 m^3/ha, and an annual productivity rate of 9.0 to 11.3 m^3/ha/year.

Introducción

En la actualidad en América Central, en los proyectos y empresas privadas, existe una urgente necesidad de contar con información relevante sobre el crecimiento y la productividad de especies prioritarias para la reforestación como teca y pochote.

El objetivo principal de este estudio es desarrollar propuestas preliminares de manejo forestal de plantaciones de *Tectona grandis* y *Bombacopsis quinata* que aseguren los mejores rendimientos.

La información de crecimiento y productividad proveniente de las parcelas medidas en el campo y de los análisis fustales realizados, así como las relaciones entre composición y estructura de copa, el crecimiento y la productividad, fundamentaron el desarrollo de escenarios de crecimiento. Se plantean ocho escenarios para cada especie, tomando como criterio un manejo intensivo a un área basal máxima de 18, 20, 22 y 24 m^2/ha para dos densidades iniciales de plantación: 1111 y 816 árboles/ha.

Metodología

Se evaluaron aproximadamente 70 parcelas de teca y 50 parcelas de pochote, con edades entre 8 y 46 años para teca y entre 10 y 26 años para pochote en diferentes zonas del territorio nacional, concentrándose en las provincias de Guanacaste y Puntarenas.

Se aprovecharon un total de 37 árboles de teca, con edades entre 8 y 46 años y se utilizó además una base de datos de 40 árboles, de edades entre 4 y 15 años, lo que equivale a un total de 77 árboles. En pochote se cortaron 17 árboles, con edades entre 10 y 26 años.

Mediante la información obtenida del análisis fustal y generación de modelos para las relaciones entre la estructura de copa y el crecimiento, se procedió a diseñar escenarios de crecimiento y rendimiento para simular el desarrollo de una plantación en el tiempo (para más detalles ver Pérez, 1998).

Se diseñaron 8 escenarios para cada especie, partiendo de un manejo del área basal máxima a 18, 20, 22 y 24 m^2/ha y para dos densidades de plantación iniciales: 1111 árboles/ha (3 x 3 m) y 816 árboles/ha (3.5 x 3.5 m).

Resultados y Discusión

Como ejemplo se presenta el escenario desarrollado con la restricción en área basal de 24 m^2/ha como máximo. Para este escenario se establecieron 5 raleos con intensidades de 25 a 50% (en término de número de árboles extraídos) , lo que equivale a reducir 7.8 m^2/ha en el primer raleo de saneamiento a los 5 años y a 4 raleos consecutivos de 8.6, 7.1, 5.5 y 5.8 m^2/ha a los 9, 13, 18 y 23 años.

El turno final está proyectado para los 28 años, con 125 árboles/ha con diámetros promedio de 50.4 cm y alturas de 34.0 m, lo que equivaldría a un volumen total remanente de 381.8 m^3/ha y a un volumen total remanente más raleado de 703.7 m^3/ha (Figura 1).

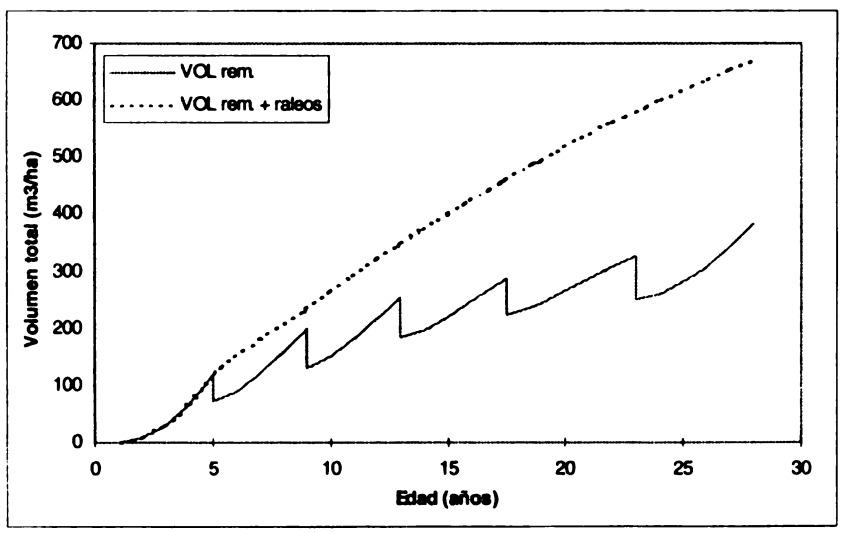


Figura 1. Volumen total remanente y remanente más raleos de una plantación de *Tectona grandis* en Costa Rica con un manejo del área basal a 24 m^2/ha y partiendo de una densidad de 1111 árboles/ha.

Es importante recordar que estos escenarios son solo posibles opciones de manejo de una plantación. Las mediciones de las parcelas establecidas en el campo y los árboles aprovechados permitieron controlar si alguno de los escenarios presentaba proyecciones poco probables o del todo erróneas , en relación a los crecimientos reales de la especie en Costa Rica.

Vásquez y Ugalde (1995) indican que la teca en sitios de mediana producción en Costa Rica puede manejarse con áreas basales entre 15 y 20 m^2/ha, mientras que para sitios de alta producción el manejo puede basarse en áreas basales superiores a los 20 m^2/ha.

En Costa Rica se han reportado productividades entre 6 m^3/ha/año y 12 m^3/ha/año en plantaciones de teca a edades entre los 20 y 27 años (Rojas, 1981) . Los escenarios del presente estudio indican que la productividad a los 30 años varía entre 10.2 m^3/ha/año y 13.6 m^3/ha/año, excluyendo los volúmenes extraídos en los raleos. Evans y Wood (1994) citan un incremento medio anual (IMA) en volumen de 12 m^3/ha/año en Kilombero, Tanzanía.

Centeno (1997) sugiere que las plantaciones de teca en la región tropical de América producen entre 3 y 10 m^3/ha/año en turnos de 20 a 30 años. Dupuy y Verhaegen (1993) citan una productividad al turno de rotación de 3.4 a 11.5 m^3/ha/año para las plantaciones de teca en Costa de Marfil.

Al igual que para teca, los escenarios de crecimiento de pochote están basados en la información proveniente de las parcelas de medición, los modelos y los análisis fustales del presente estudio.

En general, la producción del pochote es inferior a la de teca, estimándose para el mejor escenario una producción de 331.0 m^3/ha a un turno de 29 años (Figura 2), con una densidad de 116 árboles/ha y con un diámetro promedio de 51.5 cm.

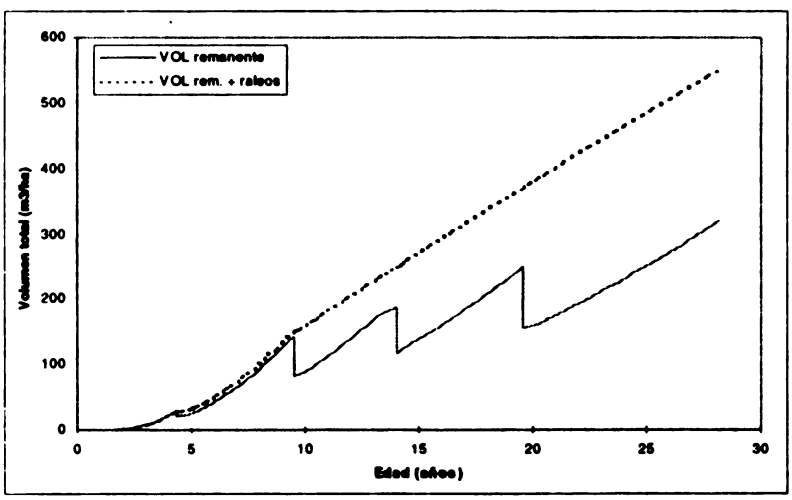


Figura 2. Volumen total remanente y remanente más raleos de una plantación de *Bombacopsis quinata* en Costa Rica con un manejo del área basal a 24 m^2/ha y partiendo de una densidad de 1111 árboles/ha.

Conclusiones y recomendaciones

1. El desarrollo de escenarios de crecimiento, basado en datos confiables del desarrollo de plantaciones en el país, resultó ser una herramienta muy útil para desarrollar escenarios preliminares para el manejo de una plantación en el tiempo y tener una noción de qué es lo que se puede esperar de un rodal, a partir de su desarrollo actual y el potencial del sitio en términos de área basal.

2. Se considera muy importante evaluar las plantaciones nuevas y el manejo más intensivo (en comparación al tradicional) que están recibiendo para conocer si es posible alcanzar el crecimiento estimado por los sistemas de manejo intensivo desarrollados, lo cual se podría realizar a nivel de primer y segundo raleo para ambas especies.

3. *Tectona grandis* y *Bombacopsis quinata* son especies de crecimiento de mediano a rápido pero demandantes de un manejo intensivo. El presente estudio pretende contribuir a la planificación de este manejo, siendo recomendable reforzar los resultados obtenidos con más datos de plantaciones de avanzada edad, en especial con plantaciones de edades mayores a los 20 años.

Literatura citada

Centeno, J.C. 1997. El manejo de las plantaciones de teca. *In* Actualidad Forestal Tropical 5 (2): 10-12.

Dupuy, B.; Verhaegen, D. 1993. Le teck de plantation. *Tectona grandis* en Côte-D'ivoire. *In* Bois et Forêts des Tropiques (235): 9-14.

Evans, J.; Wood, P. 1994. El rol de las plantaciones en la silvicultura tropical. *In* Actualidad Forestal Tropical 2 (1): 16.

Pérez, L.D. 1998. Desarrollo de escenarios de crecimiento con base en la relación de la composición y la estructura de copa con la productividad en plantaciones de *Tectona grandis y Bombacopsis quinata* en Costa Rica.Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica. 158 p.

Rojas, F. 1981. Especies forestales más utilizadas en los proyectos de reforestación en Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 131 p.

Vallejos Barra, O. 1996. Productividad y relaciones del Indice de Sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L. F., *Bombacopsis quinatum* (Jacq.) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb. en Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 147 p.

Vásquez, W.; Ugalde, L. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea, Tectona grandis, Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico N° 256. 33 p.

INDICE DE SITIO PARA *Tectona grandis* Y *Bombacopsis quinata* EN COSTA RICA Y SU RELACIÓN CON VARIABLES FISIOGRÁFICAS, CLIMÁTICAS, EDÁFICAS Y FOLIARES.

Marcelino Montero M., Luis Ugalde A., Markku Kanninen
Unidad de Silvicultura de Plantaciones
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Summary

Tectona grandis requires at least 1500 mm of mean annual precipitation for best growth. Mean annual precipitation showed a correlation with the site index of 50%.

The topographical position showed a correlation with the site index of 43 %; therefore, teak prefers flat to medium slope sites, and it's not recommended for high slopes (summits), since these present superficial and very leached soils.

The analysis of folion mineral concentration in teak indicate that at higher contents of Calcium and Magnesium in the leaves, a higher site index is expected; an opposite behavior presents the potassium, where 1 % is enough for a good growth. In pochote, the relationship of the site index with the calcium is very similar as in teak; cooper stands out of the group of the micronutrients with a quite high correlation ($r = 0.89$), for which the pochote needs amounts higher than 10 $mg^{-1}kg$ in order to obtain good growth.

The site index in teak was negatively correlated with the hydric deficit ($r = -0.50$) and with the mean annual temperature ($r = -0.47$), and positively correlated with the topographical position ($r = 0.42$). All these correlations were highly significant ($P < 0.01$).

Introducción

La determinación de la calidad de sitio se ha estudiado mediante la evaluación del estado actual de las plantaciones existentes, considerando factores edáficos (características nutricionales, tanto del suelo como del follaje), fisiográficos y climáticos. Estos estudios se han realizado a través de parcelas que se han establecido con los programas gubernamentales de incentivos forestales para la reforestación y de empresas privadas dedicadas a esta actividad.

La información generada ha servido para el desarrollo de modelos de índices de sitio y productividad que permiten evidenciar las relaciones existentes con los factores que determinan su crecimiento.

Metodología

Area de estudio

Las parcelas de estas especies se localizan en la parte noroeste y suroeste de Costa Rica, específicamente en la Provincia de Guanacaste, Alajuela, San José, Puntarenas y Limón.

Base de datos

La base de datos está constituida por información de parcelas permanentes y temporales, que se encuentra almacenada en el sistema MIRA (Ugalde, 1988). Estas parcelas fluctúan en un rango de edad de 2 hasta 44 años para *Tectona grandis* (teca) (142 parcelas) y de 2 a 25 años para *Bombacopsis quinata* (pochote) (80 parcelas).

Las parcelas evaluadas en cada sitio fueron establecidas considerando que el número de parcelas fuera representativo de las condiciones del sitio; todas son de forma rectangular y su tamaño varía desde 300 hasta 1000 m^2. En cada sitio y parcela se evaluaron variables dasométricas, fisiográficas, climáticas, edáficas y foliares.

Resultados

Variables climáticas

La Figura 1 muestra la distribución de teca con respecto a la precipitación media anual (PMA) y el índice de sitio, donde se puede observar que el IS aumenta conforme aumenta la PMA. Los mejores sitios para teca se ubican en áreas con precipitaciones medias anuales mayores a 1500 mm. (A manera de ejemplo se presentan algunos gráficos de las relaciones encontradas, para mayor detalle en Montero, 1999).

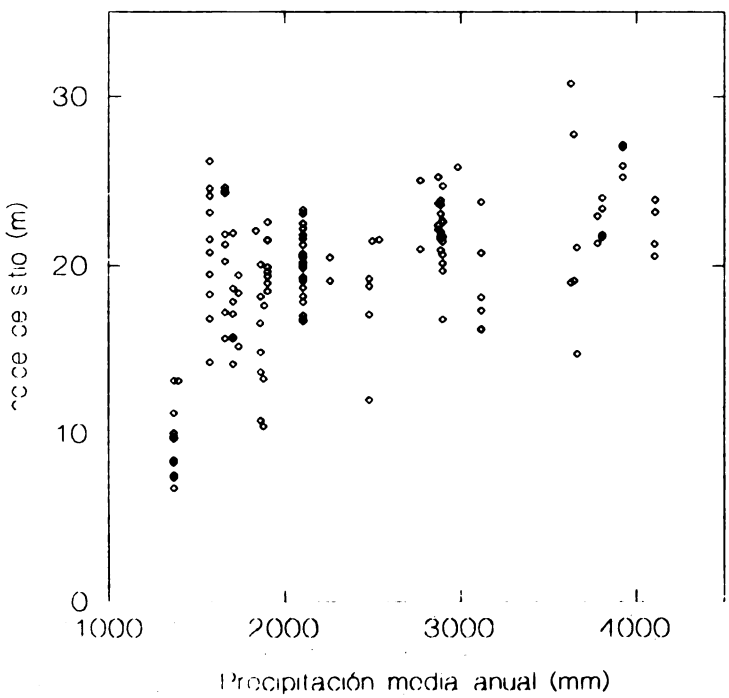


Figura 1. Relación entre la precipitación media anual y el índice de sitio para *Tectona grandis.*

El déficit hídrico, variable que expresa el número de meses secos menores a 100 mm, presentó una relación negativa con el IS (r = -0.50). han sido informadas por Vásquez y Ugalde (1994) y Vallejos (1996).

Variables fisiográficas

De este grupo y únicamente para teca, sobresalió la posición topográfica, presentando una correlación de 0.43 con el IS. En la Figura 2 se observa que la especie prefiere los códigos 2 al 4. De la totalidad de las parcelas, un 45 % de ellas tienen un mejor IS en sitios con fondo plano, un 30 % en la pendiente inferior y un 34 % en la pendiente media, quedando un 14 % que se ubica en la cima; este mismo comportamiento fue informado por Vallejos (1996) para teca y pochote.

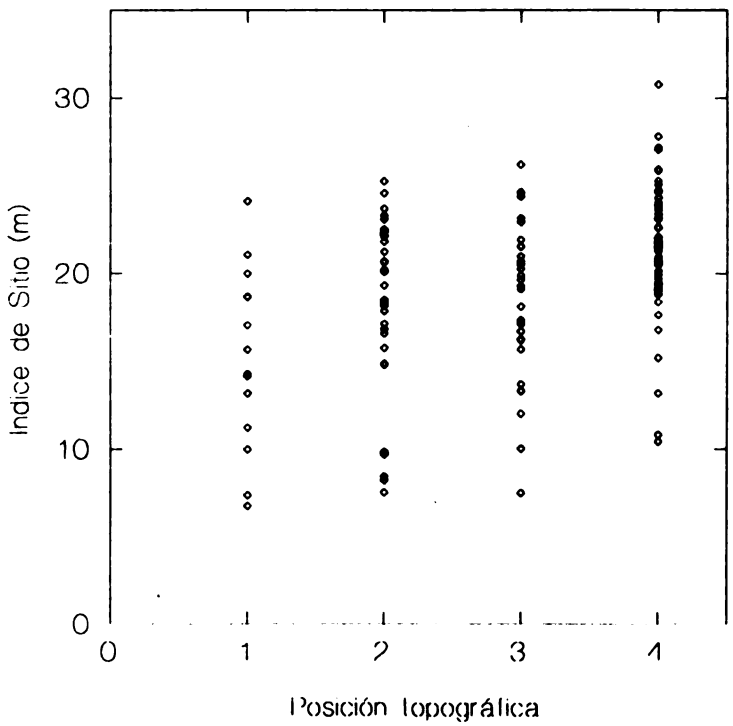


Figura 2. Relación entre la posición topográfica y el índice de sitio para *Tectona grandis*.

Variables foliares

El contenido de calcio en las hojas presentó una relación con el IS para teca de 0.62, lo que viene a corroborar lo encontrado por Vallejos (1996), a pesar de su bajo número de muestras y sitios analizados. Este valor es el más alto encontrado con respecto a las otras variables para esta especie; pochote muestra una relación más débil con respecto al de teca, con un r = 0.41.

Los resultados obtenidos de los análisis foliares de teca indican que a mayor contenido de calcio en las hojas mayor es el índice de sitio. El pochote no muestra una tendencia clara

en su relación con el IS, por lo que el crecimiento de la especie se da tanto a niveles bajos como altos de contenido de calcio (mayor información Montero, 1999).

Conclusiones

La precipitación media anual presentó una correlación con el índice de sitio de teca del 50 %, coincidiendo esto con lo informado por algunos autores (Vásquez y Ugalde, 1995; Vallejos, 1996). Teca requiere como mínimo 1500 mm de precipitación media anual para lograr un buen crecimiento.

La posición topográfica presenta una correlación con el índice de sitio de 43 %, por lo que teca prefiere sitios planos hasta pendientes medias, y no se recomienda establecer plantaciones en pendientes superiores (cimas), ya que estas presentan suelos poco profundos y muy lixiviados.

Los análisis foliares en teca indican que a mayor contenido de calcio y magnesio en las hojas, mayor índice de sitio, comportamiento contrario lo presenta el potasio, ya que un 1 % es suficiente para un buen crecimiento. La relación del IS de pochote con el calcio es muy similar a la de teca. El cobre sobresale del grupo de los micronutrientes, con una correlación bastante alta ($r = 0.89$), por lo que el pochote necesita cantidades mayores a 10 mg Kg^{-1} para obtener buenos crecimientos.

El IS de teca se correlacionó negativamente con el déficit hídrico ($r = -0.50$) y con la temperatura media anual ($r = -0.47$), dentro de las variables del grupo de las climáticas y positivamente con la posición topográfica ($r = 0.42$). Todas estas variables presentaron una correlación altamente significativa ($P < 0.01$).

El hecho de que no se obtuvieran mejores correlaciones, pudo deberse a que las variables edáficas, cambian a veces en micrositios, aún dentro de una misma plantación. Posiblemente, al analizar las variables de sitio y suelo en conjunto, en influencia sea diferente y difícil de interpretar, por ejemplo, la influencia de la interacción de diferentes altitudes y precipitaciones con diferentes calidades de suelos, y la variación en los cuidados y el manejo de las plantaciones de las misma especie.

Literatura citada

MONTERO, M. M. 1999. Factores de sitio que influyen en el crecimiento de *Tectona grandis* L. F. y *Bombacopsis quinatum* (jacq.) Dugand, en Costa Rica. Tesis Mag. Sc.Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. (en preparación).

LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Trad. por Antonio Carrillo. Eschborn, Alemania, GTZ. 335 p.

UGALDE, A. L. 1988. Sistema MIRA. Turrialba, C.R., CATIE. s.p.

UGALDE, A. L. 1995. Establecimiento y medición de parcelas de crecimiento en investigación y programas de reforestación con la metodología del sistema MIRA.

Turrialba, C.R., CATIE. 17 p. Material docente de la asignatura Silvicultura de plantaciones Forestales.

VALLEJOS, B. O. 1996. Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis* L. F., *Bombacopsis quinatum* (Jacq.) Dugand y *Gmelina arborea* Roxb. En Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 147 p.

VASQUEZ, C. W.; UGALDE, A. L. 1994. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Informe final, Convenio de Cooperación Proyecto Forestal Chorotega (IDAFAO), Proyecto Madeleña-3. Turrialba, C.R., CATIE. 132 p.

MODELING THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF TEAK (TECTONA GRANDIS) USING PROCESS BASED MODELS

Frank Berninger[1], Markku Kanninen[2]
[1]Researcher, Department of Forest Ecology, University of Helsinki, Finland
[2]Unidad de Silvicultura de Plantaciones
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Resumen
Los modelos tradicionales del crecimiento y productividad forestal son empíricos, es decir, se basan en relaciones estadísticas entre el crecimiento y otras variables de los árboles, del bosque y del ambiente. Los modelos normalmente no contienen una descripción causal del crecimiento. Los modelos ecofisiológicos se basan en una descripción causal del crecimiento del bosque. Describen el crecimiento del árbol como función del ambiente y las interacciones entre arboles.

En este trabajo se utiliza un modelo ecofisiológico de crecimiento de árboles, para el caso de teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica. Las simulaciones del crecimiento producen resultados parecidos a los medidos en parcelas permanentes.

Introduction
Traditional growth and yield models, as well as most succession models, are based on growth data from existing forests. The validity of the models is limited to the data they have been derived from. This puts strong theoretical and practical limitations on the extrapolation of these models.

Nevertheless, there is a need to extrapolate growth and yield models safely to new conditions. Two examples, requiring extrapolation of models are:

1. Climate Change, i.e. an increase in CO_2, a possible growth limiting "nutrient" of trees, that is accompanied with changes in climate. Understanding how this will affect forest growth, could be included in present forest planning and management.

2. Plantation forests in the tropics. For instance, planting rates in Central America are high with no existing old forests of most species. Furthermore, current empirical data has been confined to a narrow range of silvicultural treatments. Therefore, it is difficult to develop silvicultural guidelines for these forests based on current data.

Some authors claim that process based growth models (PBM:s) are a solution to these problems. They argue: because PBM:s are based on independent physiological knowledge and represent in a simplified form the real processes causing forest growth, they can be more "safely" extrapolated to new conditions.

In this paper we present some preliminary results of a study where a process based growth model has been applied to model the growth and development of teak (*Tectona grandis*) in Costa Rica.

Methodology

The model SIMFORG (Nikinmaa 1992, Berninger and Nikinmaa 1997) was modified and used for the simulations. SIMFORG is a process based model, similar to the models of Mäkelä (1986), Mäkelä and Hari (1986) and Sievänen (1993). It has been modified to account for self shading of trees. The SIMFORG model consists of the following modules:

1. A model describing carbon uptake of a leaf depending on the amount of foliage biomass shading the leaf.
2. A model describing respiration of each biomass component.
3. A model describing the allocation of carbohydrates to different tree compartments using the pipe model theory (Shinozaki et al 1964), and a modified functional balance theory.
4. A model describing the senescence of the different biomass compartments.
5. A model describing the height growth of the tree and the growth of branches and roots.
6. A description of the development of the self-pruning height.
7. A model describing the probability of death of a tree in a certain size class.

The model simulations were made with a time step of four months and the estimates for annual photosynthesis were taken as a parameter of the model and not calculated by the gas exchange module.

The photosynthesis is calculated based on the production under unshaded conditions (or the top of the canopy) and two shading functions. Annual respiration was assumed to be a constant proportion of biomass of each compartment. Also growth respiration was assumed to be a constant proportion of growth of each compartment. Allocation to stem and branches was modeled using the pipe model theory. According to the pipe model, each unit of foliage surface requires a certain amount of sapwood cross sectional area.

Height growth was modeled using the method proposed by Sievänen (1993). In other words, in a hypothetical totally unshaded tree (without self shading) we assume a linear relation between height and diameter growth. This ratio is then modified depending on the degree photosynthesis is reduced by shade. Sapwood senescence is a function of the progression of the pruning limit and foliage senescence. Of foliage dying in the crown a certain percentage is reused, whereas foliage lost due to progression of the pruning limit leads to heartwood formation.

Foliage senescence, coarse root senesce and branch senescence were modeled as a function of age. Branch length growth was assumed to be to be proportional to branch diameter growth. The latter was calculated according to the pipe model theory.

The teak data set consisted of 7 permanent sample plots of 5 to 11 years of age located in the Guanacaste province of Costa Rica. Each plot was measured three times between 1995 and 1997. Measurements of the stands were done at yearly intervals. The height growth rate was very similar in all stands, indicating a similar site quality. The data set consisted of 304 individual observations.

Simulations were done from the initial stage directly to the final stage, not evaluating the intermediate measurements (because this added very little information on the growth

behavior). Because there was (almost) no mortality, no mortality parameters were estimated. The objective function to be minimized was:

$$\sqrt{\sum (D_{Sim} - D_{Meas})^2 + (H_{Sim} - H_{Meas})^2 / 60}$$

Where DSim and DMeas are the simulated and measured diameters at the end of the simulation period, respectively, and HSim and HMeas are the corresponding simulated and measured heights.

Results and discussion

The estimated model parameters are given in table 1. They are in the range found in the literature. Figure 1 shows the simulated and measured diameter and height, and the figure 2 the simulated and measured diameter and height growth. These show a rather good fit with observed data.

Table 1. Parameter estimates of the SIMFORG model for teak in Costa Rica.

Parameter name	Parameter value
Maximum photosynthesis, p_0	15000 g CO_2 m^{-2} (foliage) yr^{-1}
Photosynthesis extinction coefficient, k	-0.25 (m^{-2})
Pipe model parameter for stem, b_{Stem}	892 kg foliage / kg stem
Pipe model parameter branch, b_b	852 kg foliage / kg stem
Wood density, ρ	500 kg dry mass of wood in a m^{-3}
Nutrient uptake, u	0.011 kg N / kg fine roots yr^{-1}
Nitrogen concentrations, C_N	1.5% (foliage); 0.38 % (fine roots); 0.2 % (wood)
H/d ratio of an unshaded tree, ϕ	56.05 m/m
A height growth parameter, j	1.01 (dimensionless)
Proportion of branch sapwood dying, i.e. converted into heartwood, k_R	24.4
k_l	1.5 (dimensionless)
k_{pl}	0.003 (dimensionless)
Specific leaf area	4 m^2 kg^{-1}
Growth respiration	0.25 g C / g new dry matter

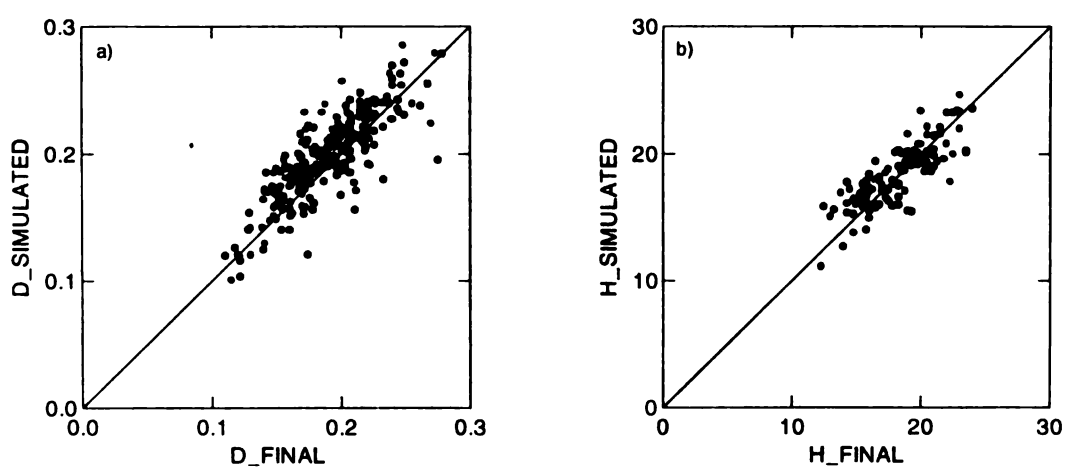


Figure 1. Simulated and measured diameter (a) and height (b) (in meters) of teak (*Tectona grandis*) in Costa Rica.

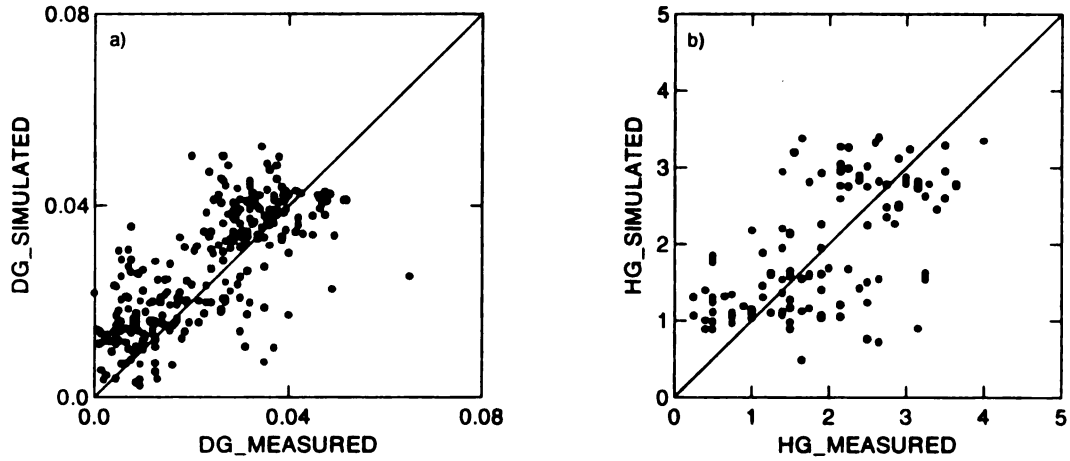


Figure 2. Simulated and measured diameter growth (a) and height growth (b) (m yr^{-1}) of teak (*Tectona grandis*) in Costa Rica.

References

Berninger, F. and Nikinmaa, E. 1997. Implications of varying pipe model relationship on Scots pine growth in different climates. Functional Ecology 11:146-156.

Mäkelä, A. 1986. Implications of the pipe model theory on dry matter partitioning and height growth of trees. Journal of Theoretical Biology 123:103-120

Mäkelä, A. and Hari, P. 1986. Stand growth model based on carbon uptake and allocation in individual trees. Ecological Modelling 33:205-229.

Nikinmaa, E. 1992. Analysis of the growth of Scots pine matching structure with function. Acta Forestalia Fennica 235. 68 p.

Shinozaki K., Yoda, K., Hozumi, K. and Kira, T. 1964. A quantitative analysis of plant form -the pipe model theory. I. basic analysis. Japanese Journal of Ecology 14:97-105.

Sievänen, R. 1993. A process based model for the dimensional growth of even-aged stands. Scandinavian Journal of Forest Research 8:28-48.

ACUMULACION DE CARBONO EN PLANTACIONES MIXTAS Y PURAS EN EL TROPICO HUMEDO

Daniel Shepherd *, Florencia Montagnini
Unidad de Silvicultura de Plantaciones
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad
*_School of Forestry and Environmental Studies,
Yale University, New Haven, CT, U.S.A.

Abstract
Proper design and management of plantations can increase biomass accumulation rates, making them more effective carbon sinks. We compared biomass production and carbon sequestration by three 6-year-old native tree plantations in pure and mixed-species plots in the Atlantic humid lowlands of Costa Rica. In Plantation 1, *Vochysia guatemalensis* had the highest levels of carbon accumulation (40.2 Mg C ha^{-1}) followed by *Jacaranda copaia* (40.1 Mg C ha^{-1}) and the four-species mixed stands (39.0 Mg C ha^{-1}). In Plantation 2, the mixed plantations and *Dipteryx panamensis* (19.9 and 19.57 Mg C ha^{-1}) had the highest carbon accumulation. In Plantation 3, *Hyeronima alchorneoides* had the highest values (15.8 Mg C ha^{-1}) followed by *V. ferruginea* (13.4 Mg C ha^{-1}) and the four-species mixture (11.4 Mg C ha^{-1}). The results suggest that several native tree species in the region have a potential for high carbon accumulation and that changing plantation design can increase the biomass accumulation rates of tree plantations.

Introducción

El uso de plantaciones forestales para la acumulación de carbono de la atmósfera se ha incrementado en la última década (Andrasko 1990, Cairns & Meganck 1994). El uso de plantaciones puede ser múltiple: rehabilitación de suelos, beneficios económicos directos, y absorción de carbono. Sin embargo, deberían probarse diseños alternativos, incluyendo las plantaciones mixtas, para determinar la manera más efectiva y productiva de acumular carbono, especialmente en áreas degradadas. Las plantaciones mixtas bien planificadas proveen productos más diversos que las plantaciones puras, contribuyendo a disminuir los riesgos ante la inseguridad de los mercados, además de disminuir la incidencia y severidad de ataque de ciertas plagas, complementar el uso de recursos del ecosistema, y otros beneficios (Wormald 1992, Montagnini *et al.* 1995).

En este trabajo medimos la producción de biomasa aérea de doce especies nativas en tres plantaciones experimentales en rodales mixtos y puros en la región húmeda del Atlántico de Costa Rica. Resultados anteriores habían indicado la capacidad de las plantaciones mixtas de producir niveles relativamente elevados de biomasa (Montagnini & Porras 1998). En el presente estudio se realizaron mediciones a los seis años de edad. Aunque es difícil extrapolar a una rotación completa, los resultados sugieren opciones para aumentar la acumulación del carbono atmosférico, en alternativas económicamente factibles para los agricultores.

Metodología

El estudio se desarrolló en La Estación Biológica La Selva, cantón Sarapiquí, provincia de Heredia, Costa Rica (10°22'N, 83°59'W, 35-137 msnm). La temperatura promedio es de 24°C y la precipitación anual promedio es de 4000 mm. Las plantaciones se establecieron en 1991 en un área de pastizal abandonado. El área experimental es plana y uniforme. Los suelos son Fluventic Dystropepts, derivados de aluviones volcánicos. Son profundos, bien drenados, libres de rocas, con contenido de materia orgánica bajo o mediano (2.5-4.5%), textura moderadamente pesada, ácidos (pH < 5.0) y poco fértiles (Sancho & Mata 1987).

Las plantaciones consistían de 12 especies nativas: Plantación 1: *Jacaranda copaia*, *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Stryphnodendron microstachyum*; Plantación 2: *Terminalia amazonia*, *Dipteryx panamensis*, *Virola koschnyi* y *Albizia guachapele*; Plantación 3: *Hyeronima alchorneoides*, *Pithecellobium elegans*, *Genipa americana* y *Vochysia ferruginea*. Las parcelas de 32 x 32 m^2 se encuentran en bloques al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos: parcelas puras de cada especie, una parcela mixta con las 4 especies, y una parcela de regeneración natural (Montagnini & Porras 1998).

En el presente estudio, las plantaciones se ralearon por segunda vez, eliminando la mitad de los árboles de las parcelas que habían sido raleadas 3 años, atrás, dejando a las plantaciones a una distancia de 4 m x 4 m (625 árboles/ha). En cada parcela se seleccionaron tres árboles para determinaciones de biomasa. Se separó el material en troncos, ramas y hojas, se pesó en el campo, y se tomaron sub-muestras para llevar a estufa a 70°C.

Se usó la relación peso seco: peso húmedo para corregir los datos de campo. La biomasa promedio por árbol se multiplicó por el número de arboles por hectárea, corrigiendo según la mortalidad, para obtener biomasa por hectárea. El contenido de carbono fue calculado asumiendo que la biomasa es aproximadamente un 50% de carbono (Brown & Lugo 1982).

Resultados y Discusión

En la Plantación 1, *Jacaranda copaia* en rodales mixtos tuvo la mayor biomasa aérea por árbol, más del doble que en plantación pura (Fig. 1). Más del 90% de la biomasa total se encontró en el tronco. En segundo lugar se encontraba *Vochysia guatemalensis,* también con mayor biomasa en plantación mixta que en pura. Por el contrario, los árboles de *Calophyllum brasiliense* tuvieron más del doble de biomasa en plantación pura que en mixta. Al extrapolar a biomasa por hectárea, las plantaciones puras de *V. guatemalensis* tuvieron la mayor biomasa (91.2 Mg ha^{-1}), seguidas por la plantación mixta de 4 especies (90.1 Mg ha^{-1}), *J. copaia* y *C. brasiliensis* (Shepherd & Montagnini 1999). Sin embargo, la biomasa total de la plantación mixta fue mayor que la suma de ¼ de hectárea de cada una de las especies plantada en rodales puros (10.8 + 21.0 + 22.8 + 0 = 54.6 Mg ha^{-1}).

En la Plantación 2, *Terminalia amazonia* en rodales mixtos tuvo la mayor biomasa por árbol (Fig. 2) seguido por *Dipteryx panamensis* en rodales mixtos, mientras que *Albizia guachapele* en plantación mixta tuvo la menor biomasa. La mayor biomasa total por hectárea se encontró

en la plantación mixta de 4 especies, seguida por *D. panamensis*, *T. amazonia*, y *V. koschnyi* (Shepherd & Montagnini 1999). Nuevamente, la biomasa de la plantación mixta (57.0 Mg ha^{-1}) fue mayor que la suma de ¼ de hectárea de cada una de las especies plantada en rodales puros (7.06 + 13.7 + 12.8 + 12.4 = 46.0 Mg ha^{-1}).

En la Plantación 3, *Hyeronima alchorneoides* en mixtas tuvo la mayor biomasa, seguida por *Vochysia ferruginea* y *H. alchorneoides* en plantaciones puras (Fig. 3). *H. alchorneoides* tuvo la mayor biomasa por hectárea, seguida por *V. ferruginea* y la plantación mixta. Tal como en las otras dos plantaciones, la suma de la biomasa de ¼ de hectárea de cada especie en plantación pura (2.32 + 11.0 + 5.94 + 10.5 = 29.8 Mg ha^{-1}) fue menor que la biomasa de la plantación mixta (36.0 Mg ha^{-1}).

Figure 1. Average dry weight per tree in the four different tree species of Plantation #1

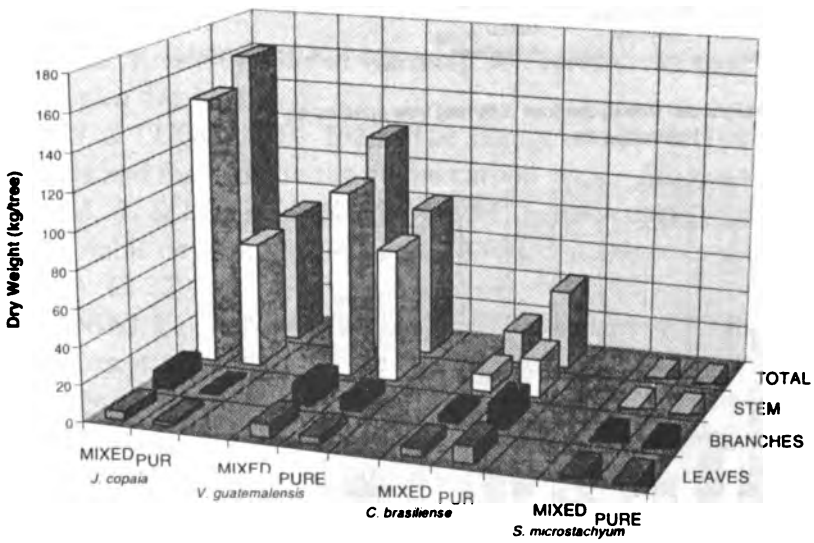


Figure 2. Average dry weight per tree in the four different tree species of Plantation #2

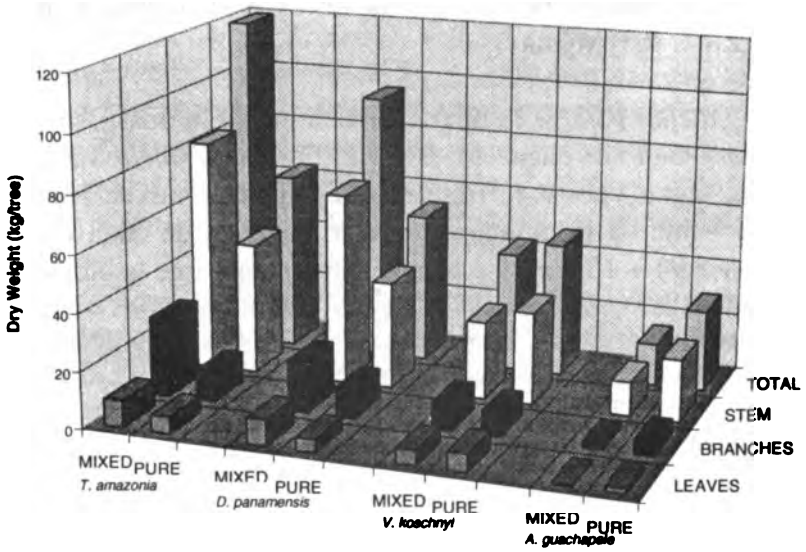
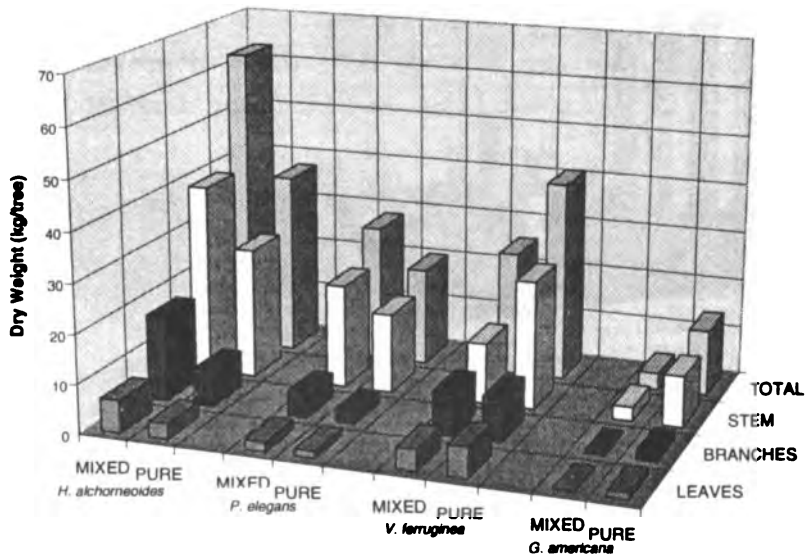


Figure 3. Average dry weight per tree in the four different tree species of Plantation #3



Aparentemente en condiciones mixtas, con menor competencia intra-específica, las especies mencionadas crecen mejor en diámetro, lo cual es consistente con resultados anteriores (Montagnini *et al.* 1995, Montagnini & Porras 1998). Las parcelas mixtas en la Plantación 2 tuvieron mayor biomasa por hectárea, y en las otras dos plantaciones las parcelas mixtas dieron valores intermedios. Sin embargo, en las tres plantaciones, las parcelas mixtas tuvieron mayor biomasa que la suma de ¼ de hectárea de cada una de las especies que la componen en plantación pura. Esto sugiere que las plantaciones mixtas, si son planificadas considerando la respuesta de cada especie, pueden producir mayor biomasa que si en la misma área de terreno se plantara con parcelas puras.

El uso de especies de crecimiento rápido y lento en la misma plantación tiene la ventaja adicional de producir madera en diferentes rotaciones, con productos mas rápidos pero de menor precio, y otros más lentos pero de mejor valor de mercado. La madera de las especies más lentas es también un reservorio de carbono a más largo plazo. La tasa de acumulación de carbono en la Plantación 1 fue 1.74-6.86 Mg C ha^{-1} $año^{-1}$, el doble que en Plantación 2 y el triple que en Plantación 3, valores comparables con otras plantaciones tropicales (Schroeder 1992).

Los bosques acumulan más del 90% del carbono terrestre (Andrasko 1990). Aunque las plantaciones forestales acumulan carbono a una tasa más rápida que los bosques naturales, los bosques primarios conservan más carbono por hectárea. Sin embargo, las opciones para acumular carbono atmosférico deben ser integradoras e incluir las plantaciones forestales, ya que éstas pueden contribuir a la toma de carbono, y al mismo tiempo proveer beneficios económicos a los agricultores (Schroeder & Ladd 1991).

Literatura citada

ANDRASKO, K. 1990. Global warming and forests: An overview of current knowledge. *Unasylva* 41: 3-11.

BROWN, S. & LUGO, A. E. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica* 14: 161-187.

CAIRNS, M. A. & MEGANCK, R. A. 1994. Carbon sequestration, biological diversity, and sustainable development: Integrated forest management. *Environmental Management* 18 (1): 13-22.

MONTAGNINI, F., GONZÁLEZ, E. J., PORRAS, C. & RHEINGANS, R. 1995. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: A comparison of early growth, pest damage and establishment costs. *Commonwealth Forestry Review* 74(4): 306-314.

MONTAGNINI, F., & PORRAS, C. 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: An example of an integrating approach from the humid tropics. *Environmental Management* 22: 459-470.

SANCHO, F. & MATA, R. 1987. Estudio detallado de suelos. Estación Biologica La Selva. Organización para estudios tropicales. San Jose, Costa Rica.

SCHROEDER, P. 1992. Carbon storage potential of short rotation tropical tree plantations. *Forest Ecology and Management* 50: 31-41.

SCHROEDER, P., & LADD, L. 1991. Slowing the increase of atmospheric CO_2: A biological approach. *Climatic Change* 19: 283-290.

SHEPHERD, D. & MONTAGNINI, F. 1999. Carbon Sequestration Potential in Mixed and Pure Tree Plantations in the Humid Tropics. *Journal of Tropical Forest Science.* Submitted.

WORMALD, T. J. 1992. *Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics.* FAO Forestry Paper 103. FAO Technical Papers. FAO, Rome. 152 pp.

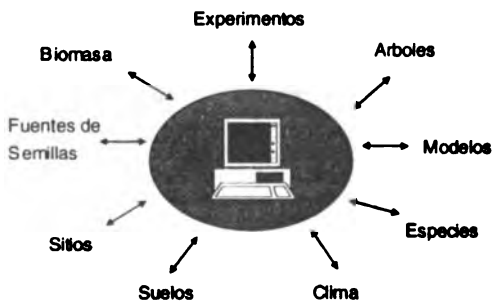
MIRA, UN SISTEMA DE MANEJO DE INFORMACION PARA EL MONITOREO DEL CRECIMIENTO DE ARBOLES EN INVESTIGACIÓN FORESTAL Y AGROFORESTAL

Luis Ugalde Arias
Unidad de Silvicultura de Plantaciones
Area de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Abstract
The MIRA system manages data on climate, study sites, soils, forest species, seed sources, tree measurements, and the production of various forest products. The MIRA network of study plots and statistically designed experiments under a wide variety of climatic, edaphic and topographic conditions and management practices has made possible valuable silvicultural research and technology transfer. The MIRA system has provided the source data for numerous scientific publications, including growth and yield models for multi-purpose tree species. The system allows information storage and integration, to promote information interchange, and to create networks between researches, projects, companies, countries or regions.

Durante la década de los años 80 el *Centro Agronómico de Investigación Tropical* (*CATIE*) en conjunto con las instituciones gubernamentales encargadas de la investigación forestal en América Central desarrolló una metodología estandarizada para el establecimiento y medición repetitiva de parcelas de árboles de uso múltiple. Con base en esta metodología, más de 15 mil parcelas de investigación fueron establecidas en la Región Centroamericana. El sistema *Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos* (*MIRA*) fue desarrollado para manejar y analizar esta cantidad enorme de información.

El Sistema MIRA



A través de *MIRA*, la red de parcelas de crecimiento y ensayos científicos establecidos ha generado valiosa información para la silvicultura de las especies y la transferencia de tecnología. El sistema *MIRA* maneja información sobre sitios de investigación, clima, suelos, especies forestales, fuentes de semillas, medición de árboles y la producción de varios productos forestales. El ha generado los datos fuentes de muchas publicaciones científicas, incluyendo modelos de crecimiento y rendimientos de las especies de uso múltiple.

Recientemente, por medio de un convenio entre *CATIE* y *CIFOR*[2], *MIRA* ha sido convertido en un sistema bilingüe (español e inglés), dentro del ambiente *Windows95*. Al mismo tiempo la red de usuarios de *MIRA* ha crecido hasta incluir organizaciones fuera de América Central y compañías privadas.

Además de ser una herramienta para el manejo y análisis de información dentro de una organización, el sistema *MIRA* ha servido como un medio para el intercambio de información y experiencias entre organizaciones. Un resultado inesperado es el hecho de que muchas empresas privadas están dispuestas a reunir sus datos a nivel de resúmenes por parcela. Esto ha permitido realizar análisis involucrando una variedad de condiciones de crecimiento y prácticas de manejo que hubiera sido imposible con conjuntos más pequeños de datos.

Si tiene interés en conocer más sobre el sistema *MIRA*, favor comunicarse con:

Luis Ugalde Arias, Ph.D.
CATIE 7170
Turrialba, Costa Rica
Email: lugalde@catie.ac.cr
Tel: 506 556-0755
Fax: 506 556-1533

2 *Centro para la Investigación Forestal Internacional* en Bogor, Indonesia.

VALORACIÓN DE SEMILLAS DE *VOCHYSIA GUATEMALENSIS, VOCHYSIA FERRUGINEA* Y *VIROLA KOSCHNYI*

Rodolfo Salazar, William Vásquez
Unidad de Silvicultura de Plantaciones
Área Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Abstract

Vochysia guatemalensis,Vochysia ferruginea and *Virola koschnyi* are species from the wet tropical forest, which grow at elevations below 800 masl along the Atlantic coast of Central America. All three species are becoming increasingly important for reforestation, but there is a lack of information on the seed requirements for storage and germination. The present experiments were carried out in the laboratory of CATIE Tree Seed Bank in Turrialba, Costa Rica, with replications at Danida Forest Seed Centre, Denmark, and at the Section for Horticulture, the Agricultural University, Copenhagen, Denmark. The methodology was based on the protocol of the project on 'Handling and Storage of Recalcitrant and Intermediate Tropical Forest Seeds' coordinated by IPGRI, Rome. Results showed that the seeds of *V. guatemalensis* and *V. ferruginea* are desiccation tolerant. *V. ferruginea* reached 93% germination after drying to 6.4% moisture content and *V. guatemalensis* reached 96% germination after drying to 5.9% moisture content. *V. koschnyi* does not tolerate desiccation below 20% of moisture content.

Introducción

En América Central, algunas especies maderables nativas han empezado a ser incorporadas en los proyectos de investigación, con el propósito de conocer su respuesta en plantaciones; los resultados con algunas de esas especies han sido positivos y se están estableciendo las primeras plantaciones comerciales. Algunos de los problemas que se enfrentan al promover el cultivo de estas especies nativas como *Vochysia guatemalensis, V. ferruginea* y *Virola koschnyi,* es la falta de experiencias en el procesamiento, almacenamiento y germinación de sus semillas.

El Proyecto sobre "Manejo y almacenamiento de semillas recalcitrantes e intermedias de árboles tropicales", ejecutado por el International Plant Genetic Resources Institute y el Danida Forest Seed Centre (IPGRI/DFSC) en varios países de América Latina, Asia y Africa, tiene como objetivo contribuir a definir los contenidos mínimos de humedad y los sistemas de almacenamiento a corto, mediano o largo plazo más eficientes para estas especies.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer los resultados de la aplicación del protocolo de valoración de semillas preparado por el IPGRI/DFSC, para definir si las semillas de estas tres especies son recalcitrantes, intermedias u ortodoxas y los posibles sistemas de almacenaje (IPGRI/DFSC, 1996).

Metodología

El Cuadro 1 resume las características de los sitios y los frutos de las tres especies recolectadas.

Cuadro 1. Características de los sitios y cantidades de frutos recolectados de *Vochysia guatemalensis, V. ferruginea* y *Virola koschnyi* en Costa Rica.

Especie	Sitio	Latitud (N)	Longitud (O)	Elevación (msnm)	Precipitación (mm)	Temperatura °C	Zona de vida	N°. de árboles	Recolectado Frutos (kg)	Recolectado Semillas (kg)
Vochysia guatemalensis	La Argentina de Pocora, Limón (BL063)[1]	10° 07	83° 38	250	3722	--	bmh-P	14	66.7	1.5
Vochysia guatemalensis	San Rafael, Pérez Zeledón (BL077)[2]	09° 18'	83° 31'	740	2934	23	bh-P	10	192.7	7.0
Vochysia ferruginea	Volcán, Buenos Aires, Puntarenas (BI082)[3]	09° 14'	83° 29'	590	2934	23	bmh-P	10	145.2	4.5
Vochysia ferruginea	Cajón de San Pedro, San Isidro Puntarenas[4]	09° 17'	83° 35'	630	2934	23	bmh-P	3	27.0	0.50
Virola koschnyi	Mollejones, Pérez Zeledón (BI075)[5]	09°14'	83°39'	770	2934	23	bmh-P	5	120.0	19.2

1: Fuente utilizada para los ensayo de desecación (CATIE y DFSC), 2: Fuente utilizada para ensayo de almacenaje (CATIE y DFSC), 3: fuente utilizada para ensayo de desecación (Semilla enviada al U.Kopennagen murió), 4: Fuente utilizada para ensayo de almacenaje (Solo CATIE) y 5: fuente utilizada para ambos ensayos (CATIE y U. Kopennagen)

La respuesta de las semillas a la desecación y al almacenamiento bajo condiciones de ambiente controlado, fueron realizados utilizando el "Protocolo para el manejo y almacenamiento de semillas recalcitrantes e intermedias de especies forestales tropicales" (IPGRI and DFSC, 1996).

Para realizar la réplica de los protocolos de valoración de las semillas recolectadas, fueron enviadas vía DHL al Laboratorio de Semillas del DFSC en Dinamarca, 0.75 kg y 2.0 kg de semillas de *V. guatemalensis*, para el ensayo de desecación y almacenaje, respectivamente. Al Laboratorio de la Sección de Horticultura de la Universidad de Kopenhagen en Dinamarca se envió 1.0 kg de *V. ferruginea* y 9.6 kg de *V. koschnyi* para ambos ensayos. La duración del transporte fue de 3 a 9 días.

Resultados y Discusión

El Cuadro 2 resume la caracterización de los frutos y semillas de las tres especies.

Cuadro 2. Características de los frutos y semillas de *Vochysia guatemalensis*, *Vochysia ferruginea* y *Virola koschnyi* en Costa Rica

Especie	Peso de fruto (g)	Largo del fruto (cm)	Ancho del fruto (cm)	No. Semillas/ fruto	Peso de semilla (g)	Largo de semilla (mm)	Ancho de semilla (mm)	Semillas / kg	Cont. de humedad inicial (%)
Vochysia guatemalensis (BL063)	9.02	4.70	1.02	2.50	7.454	5.67	1.93	5800	45.3
Vochysia guatemalensis (BL077)	7.80	5.76	1.96	2.76	0.39	--	--	6139	42.3
Vochysia ferruginea (BL082)	1.46	2.99	1.17	2.64	0.08	2.67	0.55	30000	39.0
Virola koschnyi (BL075)*	--	3.26	2.50	1.00	2.26	2.21	1.44	844	27.0

* Sin arilo

Los resultados indican que en los ocho contenidos de humedad (CH) probados en CATIE, la germinación se inició al octavo o noveno día después de la siembra y tardó entre 4 y 11 días para finalizar; en DFSC se inició en un período similar y tardo entre 5 y 20 días; los lotes con menor CH tardan menos tiempo en germinar. Las pruebas de germinación realizadas en CATIE, mostraron que el testigo y las cinco primeras reducciones de CH obtuvieron 100% de germinación y con 8 y 5 % de CH la germinación fue de 99 y 97%; los resultados obtenidos en Dinamarca por DFSC estuvieron por arriba del 92%. La diferencia entre ambas pruebas es posible que se deba al efecto de las condiciones ambientales durante los seis días que tardó el transporte de las semillas a Dinamarca.

Los resultados de almacenamiento indican que las semillas de *V. guatemalensis* pueden ser deshidratadas hasta un 2.2 % de CH sin perder su germinación inicial y pueden ser almacenadas hasta por seis meses a temperaturas de 5 a 15°C y 6.7% de CH con resultados superiores al 41% de germinación. Con estos resultados se concluye que estas semillas son intermedias.

Con *Vochysia ferruginea* las semillas enviadas a la Universidad de Kopenhagen perdieron la viabilidad; los resultados obtenidos en el Banco de Semillas Forestales del CATIE muestran que la semilla tolera hasta 6.4% de contenido de humedad con una germinación de 95%. La germinación inició a los 3-7 días y se prolongó por 16 días, con porcentajes de germinación superiores al 85% en todos los casos, esto indica que no son recalcitrantes.

Se observó un ligero incremento en el porcentaje de germinación inicial al reducir el CH, el cual pasó de 93 a 100%. A los tres meses de almacenamiento se determinó una fuerte reducción en los porcentajes de germinación; los valores más bajos se presentaron con 12.3% y 13.3% de CH, donde se detectó la presencia de hongos, los cuales posiblemente provocaron la reducción de la germinación. Con 7.9% y 9.6% de CH y almacenadas a 15°C de temperatura, se obtuvieron 59 y 60% de germinación como los valores más altos.

En CATIE las semillas de *V. koschnyi* fueron desecadas a 21.5%, 14.7%, 14.0% y 7.2% mientras que en Kopenagen fueron deshidratados a 17.5%, 16.7%, 9.4% y 8.6%; en CATIE la germinación fue de 28%, 23%, 18.5% y 9% y en Kopenhagen de 12%, 22%, 8% y 9%, respectivamente.

La germinación se inició entre los 11 y 18 días después de sembradas y finalizó entre los 29 y 40 días; las semillas con 26.6% de CH fueron las más lentas para iniciar y finalizar la germinación. Para esta especie es evidente que existe una relación inversamente proporcional de la germinación con el contenido de humedad. Solo el testigo (TE) al cual no se le aplicó hipoclorito germinó en más 80% mientras el testigo con hiproclorito germinó en solo 29%. Los restantes ocho tratamientos mostraron porcentajes de germinación muy bajos, lo cual indica que las semillas de *V. koschnyi* no toleran la deshidratación.

En Costa Rica el almacenamiento después de 3 meses a 5°C, 15°C y 30°C con 25.7 y 22.8 de CH fue negativo; las semillas fueron contaminadas por hongos y murieron. En Dinamarca las semillas fueron almacenadas a 5°C, 20°C y –20°C con 11.5% de CH; después de 3 meses no hubo germinación.

Conclusiones

Los resultados indican que las semillas de *V. guatemalensis* son ortodoxas y pueden ser deshidratadas hasta en 6.7% de CH, conservando un porcentaje de germinación de 61 y 59% almacenadas a 5°C por tres y seis meses. Se debe valorar la respuesta de germinación por periodos más largos de almacenamiento.

En el caso de *V. ferruginea*, las semillas pueden ser deshidratadas hasta en un 6.4% de CH con un porcentaje de germinación superior al 93%; pero a los 3 meses de almacenamiento solo las semillas con 7.9 y 9.6 % de CH almacenada a 15°C presentaron una germinación de 59 y 60%, respectivamente: Estas semillas pueden ser intermedias u ortodoxas.

Las semillas de *V. koschnyi* no pueden ser deshidratadas a menos del 20% de CH por lo cual son clasificadas como recalcitrantes.

Literatura citada

IPGRI and DFSC. 1996. The project on handling and storage of recalcitrant and intermediate Tropical Forest Tree Seeds; Screening protocol. In Newsletter. pp: 5-90.

RESUMEN DE COSTOS Y RENDIMIENTOS DE PROCESAMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS EN EL BANCO DE SEMILLAS FORESTALES CATIE.

William Vásquez, Mario Alvarez
Unidad de Silvicultura de Plantaciones
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Summary
What is the real cost of one kilogram of seed?. This is a common question among the tree seed producers, necessary to estimate the final price of the seed. In this document we present the results of seed yields of ten forest tree species, collected by the CATIE Tree Seed Bank during the last year, and some useful fruit/seed relationships. In average the prices range between US$0.85/kg for *Enterolobium cyclocarpum* and US$23.17 for *Vochysia ferruginea.* It is recomended to all tree seed producers collect this kind of data as an aid for a better planning of the seed bank activities and a more precise estimation of the seed prices.

Introducción

Para estimar en forma adecuada el precio de venta de las semillas que se producen en un Banco de Semillas Forestales, es necesario contar con estimaciones precisas de los costos y rendimientos que se dan en las diferentes etapas de producción desde la recolección, el procesamiento, almacenamiento hasta la distribución de las mismas.

Con el afán de documentar los sistemas de procesamiento y de promover la selección y estandarización de los métodos más adecuados, el presente artículo tiene como objetivo dar a conocer los resultados de los costos y rendimientos del procesamiento de 10 especies forestales, frecuentemente utilizadas en el BSF del CATIE.

Este documento es parte de uno mayor en donde no sólo se presentarán los costos y rendimientos de varios lotes por especie, sino que se darán a conocer los procedimientos utilizados.

Se espera que esta información sea de utilidad para los productores de semillas de la región y que sirva de base para que ellos mismos inicien este proceso de toma de información, tan necesaria para la planificación anual de actividades.

Metodología

El BSF del CATIE utiliza sacos de 50 litros como medida estándar para sus recolectas; una vez que cada lote de semillas llega al BSF se pesa, se estima el número de frutos por saco y por litro utilizando un balde de volumen conocido. La semilla procesada y limpia se pesa, para luego estimar las relaciones entre kilos de frutos versus kilos de semilla limpia y número de semilla por saco.

Cada una de las labores necesarias para el procesamiento de cada especie es documentada y los tiempos del personal cuantificados en cada labor. Finalmente, conociendo el total de hombres día (Hd) para cada actividad, se estiman los costos y rendimientos por saco, por lote y por kilo de semilla.

Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se presentan los resultados de un lote seleccionado por especie como promedio, el cual fue procesado en el BSF del CATIE entre 1997 y 1998.

Este cuadro presenta tres secciones básicas a las que se les ha denominado I) Procesamiento, II) Extracción y III) Costos y rendimientos.

En la sección I se presentan los datos de peso de frutos y semillas, número de sacos y relaciones entre cantidad de frutos y semilla limpia. Para las 10 especies analizadas es importante notar, por ejemplo, que la especie que requiere mayor peso de frutos para extraer un kilo de semilla limpia es *Vochysia ferruginea* (chancho colorado) con 32.0 kg de frutos/ kg de semilla limpia, mientras que pilón (*Enterolobium cyclocarpum*) solo requiere 2.5 kg de frutos para producir un kilogramo de semilla limpia.

Otra información importante para la planificación de cosecha es el de rendimiento de kilos de semillas por saco (50 litros). Para Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) este rendimiento es de 6.78 kilos mientras que para Madero negro (*Gliricidia sepium*) es de solo 0.98 kg/saco. Con este tipo de registro es posible estimar por ejemplo, que para producir un total de 45 kg de semilla de cedro amargo (*Cedrella odorata*) será necesario recolectar un total de 31 sacos de frutos.

En la Sección II se presentan las horas utilizadas en cada una de las labores de procesamiento para cada especie, así por ejemplo, para la especie *Phitecelobium saman* (genízaro) requiere de cuatro actividades, para las cuales se tardó 68.5 horas hombre, esto es 11.4 jornales.

En la sección III del cuadro se encuentra otra información importante para la planificación de actividades. Por ejemplo, para el caso de *Tabebuia rosea* (roble de sabana), es posible estimar el numero de jornales necesarios para procesar un total de 8 sacos de frutos (158.6 kg,), conociendo que un hombre puede procesar un promedio de 1.28 sacos de frutos al día. Para este ejemplo particular se requieren 6.25 jornales, lo que resultó de dividir 8 sacos / 1.28 sacos/hd. Con solo dos hombres en procesamiento y 5 días hábiles por semana, se requieren 1.95 semanas para procesar el total, tiempo que puede ser problemático para esta especie ya que pueden aparecer hongos si el procesamiento no se hace en menor tiempo.

En esta misma sección se pueden identificar las especies más costosas de procesar como: chancho blanco, chancho colorado, genízaro, fruta dorada y cedro, cuyo costo por kilo de semilla limpia varia de US $23.17 hasta US $7.13 por kilo. Por otro lado, las especies más económicas de procesar en este grupo fueron: guanacaste, roble, caoba, pilón y madero negro, con costos que variaron desde US $0.85 hasta US $3.46 por kilo.

Cuadro 1. Resultados de costos y rendimientos de lotes de semillas para 10 especies forestales procesadas en el BSF del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

	Especies									
Variables	*Cedrod*	*Pithsa*	*Tabero*	*Entecy*	*Vochgu*	*Viroko*	*Swiema*	*Vochfe*	*Hieral*	*Glirse*
I) Producción	*Bl072/97A*	*Bl006/97D**	*Bl073/97A*	*Bl013/97B*	*Bl077/97A*	*Bl076/97A*	*Bl068/97A*	*Bl082/97A*	*Bl083/98A*	*Bl012/97C*
Peso Frut (kg.)	170.1	126.8	158.6	121.1	192.7	120.0	379.0	145.2	16.18	378.20
# Sacos	5.5	7	8	7	6.76	3.5	14	4.8	Nd	18.5
#Frut/litro	40.4	16.5	16	12.3	61	24	0.54	287	737,580	Nd
#Frut/saco	4848	1485	978	1107	3660	3600	37	20 069	3319110	2624
Semilla limpia (kg)	8.0	8.2	17.9	47.5	7	20	20	4.5	5.89	18.20
Kg Frut/ Kg Semilla	21.0	15.5	8.8	2.5	27.5	6.0	19	32	2.7	20.7
Kg Semilla/Saco	1.45	1.17	2.2	6.78	1.03	5.7	1.43	1	Na	0.98
II) Procesamiento										
Pre-Extracc. (hrs)	8.0	Nr	7	Nr	8	6	3.5	8.5	1	9
Extración (hrs)	12.0	59.5	13.5	20	45.5	72.0	9	47.0	1.5	10.5
Pre-limpieza (hrs)	10	4	5	Nr	4	4	5	Nr	Nr	Nr
Desalado (hrs)	6	Nr	4	Nr	Nr	Nr	4.5	Nr	Nr	Nr
Limpieza (hrs)	6	4	7	14	4	4	2	5	1	16.5
Almacenaje (hrs)	1	1	1	251	1	1	1.5	3.5	1	2.5
Total horas	43	68.5	37.5	25	62.5	87.0	25.5	64.0	4.5	38.5
III) Costos y Rend.										
Hombres/día (Hd)	7.16	11.4	6.25	4.1	10.4	14.5	4.25	10.6	0.75	6.41
Sacos/Hd	0.77	0.61	1.28	1.7	0.86	0.24	3.29	0.45	Nd	2.88
Semilla/Hd (kg)	Nd	0.72	2.86	11.58	0.89	1.38	4.7	0.42	7.85	2.84
Costo/Lote (US$)	70.43	112.14	61.47	40.33	102.3	142.63	41.80	104.3	7.70	63.05
Costo/saco (US$)	12.80	16.02	7.68	5.76	15.13	40.75	2.98	21.72	Na	3.40
Costo/kilo (US$)	8.80	13.67	3.43	0.85	14.61	7.13	2.09	23.17	1.20	3.46

* = Código del Lote de Semillas, Hd = Hombre al día, para lo que se estiman seis horas de trabajo efectiva, Nr = No requiere, Nd = No hay dato, Na = No aplica

Cedrod= Cedrela odorata, Pithsa = Pithecelobium saman, Tabero= Tabebuia rosea, Entecy= Enterolobium cyclocarpum, Vochgu= Vochysia guatemalensis, Viroko= Virola koschnyi, Swiema= Swietenia macrophylla, Vochysia ferruginea, Hieral= Hieronyma alchorneoides, Glirse= Gliricidia sepium,

Conclusiones y Recomendaciones

Como puede apreciarse en el cuadro 1, el costo de procesamiento por kilogramo en las 10 especies va de US$0.85 para *Enterolobium cyclocarpum*, hasta US$23.17 para *Vochysia ferruginea* En una forma muy esquemática, se presenta la metodología de toma de datos para estimar los costos y rendimientos del procesamiento de diez especies forestales. Estas técnicas ya se han explicado a los diferentes bancos de semilla que apoya PROSEFOR y el BSF del CATIE.

Se presentan las relaciones en peso, de frutos y semillas, así como la relación en kilos de semilla producida por saco, para diez especies forestales.

Si se toman los volúmenes de cada especie, se puede apreciar que Swietenia macrophylla con 379.0 kg. representa el costo más bajo por saco (US$2.98) y por kilo (US$2.09), a excepción de Hieronyma alchorneoides (US$1.20 por kilo)

Para el análisis se emplearon 5 especies aladas y 5 no aladas, sin embargo comparándolas por grupo se resume que no hay relación directa en que tengan o no alas con respecto al costo. Por ejemplo el costo por kilo en Cedrela odorata de US$8.80 , esta muy por debajo del costo para Vochysia ferruginea de US$23.17. De igual manera se pueden comparar los costos por kilo entre Pithecelobium saman (Genízaro), Tabebuia rosea (Roble sabana) y Enterolobium cyclocarpum (Guanacaste).

Considerando la utilidad de estos datos, se insta a los productores y bancos de semillas de la Región para que lleven estos registros, comparen y utilicen estos datos para aumentar sus rendimientos.

Bibliografía

CATIE 1997.Recolección y manejo de semillas forestales antes del procesamiento. Serie Materiales de Enseñanza No. 38. Programa de Investigaciones, Proyecto de Semillas Forestales, Danida Forest Seed Centre. Turrialba, Costa Rica. 63.p

CATIE. 1997. Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales. Serie 3Técnica, Manual Técnico No. 24. Programa de Investigaciones, Proyecto de Semillas Forestales, Danida Forest Seed Centre. Turrialba, Costa Rica. 139p.

MENDEZ, M.J; SOHIET, C. 1997. Colección de Notas Técnicas sobre Manejo de Semillas Forestales, CATIE/PROSEFOR (1998).

ECOSYSTEM BIODIVERSITY IN LOWLAND TROPICAL RAIN FORESTS OF CENTRAL AMERICA: CHARACTERISATION AND APPLICATIONS TO LAND MANAGEMENT

Bryan Finegan[1], Diego Delgado[2] and Nelson Zamora[3]
[1,2] Natural Forest Management Unit
Management and Conservation of Forests and Biodiversity Area, CATIE
[3]National Biodiversity Institute (INBio), Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.

Resumen
El nivel de ecosistemas es importante en la medición de biodiversidad y en la planificación tanto para la conservación, como para el manejo forestal. No obstante, estudios sistemáticos de la biodiversidad de ecosistemas en centroamérica y su potencial para la planificación, raras veces avanzan más allá de las formaciones naturales determinadas por la variación macroclimática. Dichas formaciones pueden ser subdivididas a diferentes niveles jerárquicos, en relación a la distribución de impactos de huracanes, regímenes extremos de humedad del sustrato, y variaciones locales de las condiciones del mismo. Un análisis preliminar indica lagunas en la cobertura de la biodiversidad regional en las áreas protegidas. La diferenciación de tipos de bosque dentro de unidades de manejo forestal en la región puede ser marcada, siendo posiblemente más evidente en el sotobosque. Entre los métodos prácticos que pueden emplear los administradores de bosque para la identificación de tipos de bosque figura el análisis de datos de inventario en relación a tipos de suelo o unidades fisiográficas.

Introduction

General

Although biodiversity is a multifaceted concept, most discussion of it continues to focus on species (Heywood et al., 1995). Sustainable land management requires action at the ecosystem and landscape levels, however, and the diversity of ecosystems is the appropriate measure of biodiversity at these levels (see review by Finegan et al., in press). Furthermore, the identification and mapping of different ecosystems is a fundamentally important tool in both natural forest management - for planning purposes - and in conservation through the so-called "coarse filter" approach, now considered to be one of the most effective strategies for the conservation of species (Hunter, 1991). Finegan et al. (in press) argue for the application of a coarse filter approach to the assessement of biodiversity conservation in forest management units using Criteria and Indicators (C & I).

Ecosystems are most usefully described and delimited on the basis of their species composition and structure. Ecosystem biodiversity may be measured, and management of forests for production and conservation planned, on the basis of parameters such as the number, variety and spatial arrangement of different forest types within the immediately superior hierarchical level (Finegan et al., in press). The present paper outlines a preliminary synthesis concerning regional-level ecosystem biodiversity in Central American lowland rain forests, and presents a detailed case study at the forest management unit (f.m.u.) level. The potential application of this information to land management planning in the region is discussed.

Ecosystem biodiversity of Central America lowland rain forests
Ecosystem biodiversity is universal in tropical forests, though scientific discussion as to its nature and underlying causes continues (Condit, 1996). The ecoregion (Dinerstein et al. 1995) is currently seeing some use as a land unit for planning in tropical America, but is too broad for many purposes related to biodiversity assessment, conservation planning and forest management for production. We concentrate on the Central American Atlantic Moist Forest, the most extensive lowland rain forest (LRF) ecoregion in Central America (Dinerstein et al., 1995).

This ecoregion stretches from western Panama to Belize and Guatemala and was apparently delimited simply on the basis of existing maps of Holdridge's climatically-defined tropical moist, wet and rain forest Life Zones. Although no formal synthesis of information appears to have been attempted, ecosystem biodiversity within this ecoregion may be identified in relation to biogeographical factors, disturbance regimes and substrate variation. Frequent hurricane impacts in forests of the north-western half of the ecoregion probably contribute markedly to the diversity of forest types within it. LRF of southern Nicaragua, Costa Rica and western Panama is quite well-documented regarding forest types, though no formal attempts at synthesis appear to have been made.

As in all tropical regions, this LRF may usefully be divided into that of well-drained soils on undulating or hilly terrain, and that of seasonally or permanently flooded areas ("wetlands") (Whitmore, 1984). Both these broad categories show marked internal heterogeneity at different scales. Forest of well-drained soils is usually dominated by *Pentaclethra macroloba*, for example, though the characteristic canopy species associated with *Pentaclethra* on old alluvial terrace are different from those of residual soils on hills (personal observations of the authors). Wetland forests have their own characteristic dominants, such as *Carapa guianensis* and *Pterocarpus officinalis*, with dominance by palms such as *Raphia taedigera* in the wettest areas (personal observations of the authors; Myers, 1981). At more local scales, forest composition may vary markedly in relation to topographic position (Sections 2-4) or, in wetland forest, factors such as microrelief, local drainage and water flow (Myers, 1981).

Methodology
The study was carried out at CATIE's La Tirimbina Key Site for long-term research and had the objective of determining the relationships of species abundance and stand composition to a topographical gradient. A full description of this site and its silvicultural experiment is given by Finegan and Camacho (in press). The site is located in northeastern Costa Rica in Holdridge's tropical wet forest life zone at 160-220 m.a.s.l. Topography is of low hills and soils are Ultisols, deep, well-drained but of very low fertility. Experimental units are nine 3.24 ha square plots in three contiguous blocks of three. In the centre of each is a square 1,0 ha permanent sample plot (PSP). Each complete PSP was divided into 20 m x 20 m subplots and all trees and palms $\geq$ 10 cm dbh (the "overstory") enumerated, but not lianas. All individuals $\geq$ 2.5 cm – 9.9 cm dbh, including lianas (the "understorey") were sampled in eighty square subplots of 5 m x 5 m, distributed randomly within each of six of the nine 1.0 ha PSPs. For both sizes of subplot, for both size-classes, topographical position of each subplot was identified as one of three categories: hilltop, valley bottom, and slopes.

For both size-classes of vegetation, mean values per subplot of the abundances of all individual species represented by ≥ 20 individuals were calculated for each topographical position for each PSP and used in statistical analyses.

Results

Of 54 individual species tested for the overstory, 25 showed significant differences of abundances between topographical positions, among them being most of the characteristic dominant species of the forest (all comparisons for both size-classes ANOVA, $P < 0.05$). *Pentaclethra macroloba* was the most abundant species in all three topographical categories, although it was significantly more abundant on hilltops and slopes than in valley bottoms (Tukey test, $\alpha < 0.05$).

The characteristic overstorey species associated with *Pentaclethra* on hilltops were quite different from those of valley bottoms, and the Czekanowski similarity coefficients confirm this impression of marked compositional variation, showing intermediate similarities between slopes and the other two habitat types, but low similarity between hilltops and valley bottoms (Table 1). The distributions of several species, such as *Lonchocarpus oliganthus*, a species of wet valley bottoms, were clearly related to the topographical gradient, although statistical testing was not carried out because of small sample sizes.

For the understorey, 18 species of 47 tested showed significant variation of abundances between topographical positions. These included many of the most abundant species and the compositional contrasts between hilltops and valley bottoms were particularly marked, the very distinctive understoreys of both being characterised by palms: *Geonoma congesta* on hilltops, and *Prestoea decurrens* in valley bottoms. Values of the Czekanowski coefficient were lower than for the overstorey, with the lowest value found in this study being that between the understories of hilltops and valley bottoms (Table 1).

Table 1. Degree of compositional similarity (Czekanowski's similarity coefficient: values of this coefficient vary between 0.0 for no similarity, and 1.0 for identical composition) between the vegetation of different topographical position, in two size-classes of vegetation; tropical wet forest managed for timber production, La Tirimbina, northeastern Costa Rica.

Topographic position	**Slope**		**Valley bottom**	
	Over[1]	Under[1]	Over	Under
Hilltop	0.71	0.56	0.48	0.27
Slope		-	0.61	0.42

[1] Terms refer to overstorey (vegetation ≥ 10 cm dbh) and understorey (vegetation ≥2.5 – 9.9 cm dbh)

Discussion and conclusions

Ecosystem biodiversity as a concept, and ecosystem maps as a planning tool, have been criticised because the limits of ecosystems are not distinct in space or time, while sophisticated techniques are supposedly necessary for their identification (Boyle and Sayer, 1995). Nevertheless, these factors have not impeded the development and application to management of maps of forest types in many regions of the world, and should not be allowed to do so in Central America; the methodological objection is simply incorrect (Finegan et al., in press).

It is evident that further research could provide a much more comprehensive information base on ecosystem biodiversity of Central America. Even a tentative subdivision of the Central American Atlantic Moist Forest ecoregion (Section 1.2), however, indicates probable gaps in the coverage of forest types by national systems of protected areas. Some types of wetland forest of Costa Rica and Panamá, for example, have been extensively cleared for permanent agriculture and forest management projects may turn out, in the long run, to make a significant contribution to their conservation.

The spatial distributions of different forest types in f.m.u.s, as illustrated in this paper, may be revealed in a practical way by analysis of forest inventory data, by the use of easily-identified indicator species such as palms, or by simple land classifications based on physiography and soils (Finegan et al. in press). Overall, we believe that the conservation of biodiversity at regional and landscape levels, and the management of f.m.u.s for both production and conservation, will be improved by planning based on better knowledge of Central American ecosystem biodiversity.

Literature cited

Boyle, T.J.B.; Sayer, J.A. 1995. Measuring, monitoring and conserving biodiversity in managed tropical forests. Commonwealth Forestry Review 74: 20-25.

Condit, R. 1996. Defining and mapping vegetation types in mega-diverse tropical forests. Trends Ecol. Evol. 11: 4-5.

Dinerstein, E.; Olson, D.M.; Graham, D.J.; Webster, A.L.; Primm, S.A.; Bookbinder, M.P.; Ledec, G. 1995. A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean. The World Bank, Washington, D.C., 129 pp.

Finegan, B.; Camacho, M. In press. Stand dynamics and diameter growth of trees in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest, 1988-1996. For. Ecol. Manage.

Finegan, B.; Palacios, W.; Zamora, N.; Delgado, D. In press. Ecosystem-level forest biodiversity and its evaluation by Criteria and Indicators. *In*: Franc, A. *et al.* (eds.), Indicators for Sustaiinable Forest Management. CABI, in collaboration with IUFRO, FAO and CIFOR.

Heywood, V.H.; Watson, R.T. (eds.). 1995. Global Biodiversity Assessment. Cambridge University Press. 1140 pp.

Hunter, M.L. Jr. 1991. Coping with ignorance: the coarse-filter strategy for maintaining biodiversity. *In*: Kohm, K.A. (editor). Balancing on the brink of extinction: the Endangered Species Act and lessons for the future. Island Press, Washington, D.C. pp. 266-281.

Whitmore, T.C. 1984. Tropical Rain Forests of the Far East. Second Edition. Clarendon Press, Oxford, 352 pp.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS PARA FIJAR EL APROVECHAMIENTO PERMISIBLE DE ESPECIES VEGETALES NO MADERABLES

Daniel Marmillod, Róger Villalobos, Gabriel Robles
Unidad de Manejo y Conservación de la Biodiversidad
Área de Manejo y Conservación de Bosques y Biodiversidad

Abstract
Based on the Tropical Agriculture Research and Higher Education Center's experiences, a methodological proposal is presented to incorporate species with non-timber products in forestry production processes. In this proposal the use of these resources is based on the definition of the sustainable supply of the products in the forest and on silvicultural criteria for each species, as opposed to traditional extraction lacking in capacity and productive limitation indicators. This is a research and validation process with two stages: definition of the product to harvest and definition of the productive process (including the initial knowledge about the species, the development of tools to characterize its population structure and to estimate the amount of harvestable product, the development of a silvicultural system and a sustainable use plan).

Introducción

En este fin de siglo, los productos vegetales del bosque diferentes de la madera provocan un renovado interés en la sociedad, quizás porque se ve en ellos una posibilidad de incrementar el valor del bosque como medida para fomentar su conservación. Pero, y aunque no solo se les visualiza en el contexto de economías de subsistencia, sino también como componentes de empresas lucrativas, la investigación sobre estos recursos suele enfatizar la caracterización social y económica de sistemas productivos tradicionales, y no la generación de criterios técnicos para el desarrollo de procesos productivos sostenibles y eficientes (Ruiz y Arnold 1996).

¿Cuál es la posible cosecha de cada recurso no maderable, de manera constante y duradera en el tiempo? Responder exige considerar las existencias del producto en el área de producción y su crecimiento, para controlar luego que regeneración y productividad se mantengan a niveles acordes con lo cosechado (Peters 1996). Este enunciado, conceptualmente sencillo, oculta una realidad compleja en su dimensión práctica: a diferencia de las especies madereras, las especies vegetales cuyos productos son diferentes de la madera representan un conjunto sumamente diverso de hábitos de crecimiento, de órganos cosechados y de productos. Diversas especies suelen generar un mismo producto, pero no necesariamente del mismo órgano. Además, un mismo hábito de crecimiento puede dar productos diferentes, de órganos diferentes. En el marco de tal complejidad, contestar a la pregunta de la sostenibilidad de la cosecha de productos no maderables pareciera imposible de manera genérica.

Sin embargo, resulta lógico pensar que para estimar las existencias de un PNMB en un área de producción, bastaría con saber identificar claramente el producto por cosechar, diferenciar luego en la población de la especie los individuos productivos de los juveniles o seniles, para poder así —conociendo cuánto produce un individuo productivo medio—

estimar las existencias totales. Lo universal que deriva de la reflexión anterior, es la necesidad de definir el producto cosechable de cada PNMB y de desarrollar herramientas para caracterizar la estructura poblacional de la especie y estimar el producto en una población. Además, y al igual que para las especies maderables, la base para la predicción del crecimiento la constituyen conocimientos sobre la ecología y ambientes donde crecen estas especies: otro punto de partida universal.

Metodología

Esta propuesta metodológica para incorporar especies con productos no maderables en procesos productivos de bosques naturales se construye sobre las reflexiones anteriores y representa el estado actual de un proceso iterativo de definición de una metodología de aplicación universal. Se sustenta en el estudio de especies no maderables fuentes de insecticidas naturales (los arbustos *Q. amara* y *Ryania speciosa*), plantas ornamentales (*Zamia skinneri* y las palmas *Reinhardtia gracilis*, *Chamaedorea oblongata* y *Ch. elegans*), medicinales (los bejucos *Smilax chiriquensis* y *S. regelii*) y productoras de fibras (la palma trepadora *Desmoncus orthacanthos* y las lianas *Philodendron rigidifolium* y *Heteropsis oblongifolia*), ejecutado por CATIE con comunidades rurales asentadas en zonas de frontera agrícola de Costa Rica y Guatemala principalmente.

La propuesta constituye un proceso integrado de investigación y validación, estructurado en dos etapas: 1) definición del producto por cosechar de cada especie y 2) definición del proceso productivo de cada especie. Cada etapa, a la vez, está compuesta por una secuencia de pasos, que corresponden al esclarecimiento de ciertas preguntas claves, cuya respuesta —por lo menos parcial— es requisito para implementar el paso siguiente.

Esta propuesta no incluye aspectos como mercado u organización para la producción, no por ser estos temas de poca importancia, sino porque se articulan dentro de una estrategia de la producción de mayor jerarquía. Por otro lado, debido al esfuerzo —y costo— requerido para llegar hasta un proceso productivo validado para algún recurso, es esencial priorizar los esfuerzos de investigación/desarrollo de nuevos productos. Por lo tanto, la selección de especies de interés para la producción constituye implícitamente un paso previo obligado a nuestra propuesta. Por ende, el conocimiento del proceso productivo de varias especies puede constituir una base para concebir sistemas de manejo diversificado del bosque, posible paso posterior no tratado aquí.

Resultados y discusión

Definición del producto por cosechar de cada especie

Todo el proceso de producción, y en consecuencia las herramientas de planificación y monitoreo, dependen del bien por producir. En una economía de mercado, las especificaciones de un producto que constituye la materia prima para elaborar otro producto representan un compromiso entre las exigencias del industrial procesador y los deseos del productor primario. En el caso de los productos no maderables del bosque —en su gran mayoría no tradicionales— muy pocas especificaciones han sido definidas hasta la fecha.

En ausencia de normas de comercialización —en particular una relación precio/calidad— las prácticas actuales de cosecha privilegian la cantidad de producto extraído del bosque, a menudo a costa de la vitalidad de las plantas. La recolección de xate (*Chamaedorea*

elegans y *Ch. oblongata*) en Guatemala ilustra bien esta problemática (Reining y Heinzman 1992). Un trabajo silvicultural dirigido a producir el máximo de calidad, en función del producto final, y no el máximo volumen de biomasa por extraer del ecosistema, contribuirá a la sostenibilidad tanto biológica como económica del manejo.
Si bien un cambio en la definición de productos tradicionales exige una estrategia compleja ya que muchos intereses están involucrados, la situación de los productos no tradicionales es más simple y debería ser aprovechada por el silvicultor para sentar pautas acordes con sus intereses. El hombre grande (*Q. amara*) constituye un ejemplo de producto con mercado naciente y apertura en su definición (Marmillod *et al.* 1995).

Definición del proceso productivo de cada especie

Paso 1: acercamiento inicial a la especie

Una vez seleccionada una especie como alternativa productiva se reúne, en una primera etapa, toda la información que pudiera existir sobre la especie y se realizan observaciones de campo iniciales en cuanto a hábitos de crecimiento y dimensiones máximas de los individuos, patrones de distribución y preferencias por sitios y ambientes, para poder plantear las primeras hipótesis de investigación biológica. No está por demás insistir en la seriedad con la cual debe emprenderse la búsqueda de información en las dos grandes fuentes de conocimiento disponibles: los documentos escritos y el saber popular.

Paso 2: desarrollo de las herramientas suficientes para caracterizar la estructura poblacional de la especie

La caracterización demográfica de la población que se pretende manejar con fines productivos, en cuanto a madurez productiva y reproductiva, es una de las informaciones requeridas en el proceso de fijar la cosecha permisible de un producto. En el caso de poblaciones vegetales naturales, se desconoce la edad de los individuos, por lo que se busca captar los principales rasgos de la estructura demográfica a través de variables aproximadoras.

Para que estas variables aproximadoras permitan comparar poblaciones de varios lugares, es imprescindible que tengan una definición inequívoca, como lo ejemplifica el caso del dap, cuya medición está regulada en su ejecución. Por razones de costo —no olvidar que la herramienta idónea se utilizará luego para generar información requerida para planificar un proceso productivo—, se busca limitar el número de variables que deban medirse para la aproximación a un mínimo: ¡si una sola fuese suficiente, mejor!

Esta etapa responde a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles características biológicas permiten diferenciar, en el conjunto de individuos de la especie, por lo menos las subpoblaciones juvenil y productiva?
- ¿Qué observar y/o medir en cada individuo para poder asignarlo a un estado de desarrollo?

Robles *et al.* (1997) muestran como resolver estas preguntas en el caso de *Zamia skinneri* y Gómez (1998) en el caso de la capuca (*Calyptrogyne ghiesbreghtiana*).

Paso 3: desarrollo de las herramientas suficientes para estimar el producto cosechable en una población

Diferenciar la subpoblación productiva dentro de la población total es esencial, más no suficiente para fijar la cosecha permisible: para lograrlo es imprescindible conocer además las existencias de producto cosechable en esta subpoblación. Sin embargo, pocas veces se logra generar esta información de manera directa en el campo —por ejemplo, mediante simple conteo— y comúnmente se requiere la ayuda de una herramienta auxiliar que relacione la cantidad de producto con algunas variables fáciles de observar en los individuos productivos.

Por ejemplo, la estimación del volumen de madera de las especies arbóreas madereras se realiza gracias a funciones volumétricas que requieren la medición del dap y de alguna altura de fuste de cada individuo. Antes de estimar las existencias madereras de un bosque, es por lo tanto necesario contar con tales funciones, o desarrollarlas en caso de no existir.

Esta es la esencia de la tercera etapa de nuestra propuesta, dirigida a crear tales herramientas para las especies seleccionadas. Por tratarse de especies no maderables, este desarrollo puede presentar ciertas dificultades, ya que se desconoce *a priori* cuales variables prácticas se relacionan mejor con el producto, lo que constituye un primer escollo. Dentro de una preocupación constante por la viabilidad financiera de la aplicación de las herramientas, se debe encontrar respuesta en esta etapa a las siguientes preguntas claves:

- ¿Cuáles variables en los individuos de la subpoblación productiva de la especie se revelan suficientes para estimar de manera fiable las existencias de producto cosechable?
- ¿Cuál es la relación entre las variables observadas y/o medidas y la cantidad de producto cosechable?

Debido a las dificultades inherentes a esta etapa, es particularmente importante mantener una actitud de sano juicio durante su desarrollo, para eliminar del análisis todas aquellas variables que nunca podrán ser medidas de manera sencilla y barata; en otras palabras, velar por no caer en un mero ejercicio académico sin relación con la práctica. Dos estudios muestran cómo mantener los pies sobre la tierra: Marmillod *et al.* (1995) para el bayal (*Desmoncus orthacanthos*) y Montiel *et al.* (1998) para la zarzaparrilla (*Smilax chiriquensis*).

Paso 4: desarrollo de una propuesta de sistema silvicultural

Al llegar a esta etapa, el productor —que cuenta ahora con las herramientas necesarias para seguir/evaluar la población de su especie de interés— inicia realmente el desarrollo del sistema de producción en su dimensión biológica. Para manipular productivamente poblaciones naturales a un costo mínimo, el arte consiste en saber utilizar la naturaleza a su favor, en vez de luchar contra ella. Para ello, dos palabras claves: ecología y crecimiento, y las preguntas pertinentes a responder son:

- ¿Cuáles son los requisitos de la especie en relación con la disponibilidad de luz y agua?
- ¿Cuál es el ciclo fenológico de la especie y sus condicionantes?
- ¿Cuál es el sistema de cosecha óptimo, según el hábito de crecimiento?

- ¿Cuál es la reacción de la especie al conjunto de tratamientos silviculturales aplicados al bosque?
- ¿Cuál es el crecimiento productivo de la especie sometida al sistema silvicultural?

En esta etapa se desarrollan las pautas para la integración de diversas especies en un sistema diversificado. Las normas para esta integración obedecen a dos factores:

- la distribución de cada especie en relación con el ambiente, que determina indirectamente condiciones de afinidad o antagonismo silvicultural;
- la respuesta de cada especie a tratamientos silviculturales, que deberían analizarse siguiendo prioridades dictadas por el valor del producto para el que se realiza un tratamiento dado y por el impacto de este tratamiento en términos de la alteración que ocasiona en el ambiente.

Villalobos (1995), Leigue (1997), Cevallos (1998), Gómez (1998) y Gálvez (1996) ilustran cómo enfrentar algunas de estas preguntas.

Paso 5: diseño de un plan de aprovechamiento sostenible de la especie dentro de una unidad de manejo

Recién en esta etapa el productor integra los conocimientos generados en las etapas anteriores en torno a la producción de un área concreta: su unidad de manejo. Ya puede estimar de manera estadísticamente confiable las existencias de producto en la unidad, y como cuenta con la información básica sobre la capacidad productiva de la población en términos de crecimiento, también puede fijar la cosecha permisible anualmente de manera constante y duradera. Las preguntas por contestar en este nivel son:

- ¿Cuál es la ubicación y superficie del área naturalmente productiva?
- ¿Cuál es la distribución y cuáles las existencias del recurso dentro del área?
- ¿Cuál es la posibilidad de cosecha sostenible?

Con base en la caracterización biofísica del área de manejo y la distribución de la especie en la misma, puede diseñarse la ordenación del área productiva en relación con su potencial productivo. La planificación de las actividades silviculturales contribuirá a maximizar y perpetuar la producción donde resulte factible y rentable. El seguimiento de las primeras y subsecuentes prácticas de aprovechamiento y tratamientos silviculturales deberá proveer información para la corrección de la cosecha permisible y el perfeccionamiento progresivo del plan de manejo.

Pineda *et al.* (1995) y Marmillod *et al.* (1995) dan ejemplos de cómo resolver este paso.

Conclusiones

Después de diez años, las experiencias de CATIE con los PNMB han permitido a la institución identificar una secuencia metodológica para concebir una producción sostenible de estos recursos en el bosque aplicable a todos los PNMB. No constituye una receta, ya que cada paso exige desarrollar herramientas nuevas, pero la observancia de la secuencia permite con seguridad establecer pautas de aprovechamiento durable.

Nuestras experiencias confirman a saciedad la imperiosa necesidad de contar con sólidos conocimientos ecológicos sobre las especies no maderables de interés. Hacerlas producir de manera duradera en el tiempo y desarrollar una silvicultura diversificada no es romanticismo.

Además, estas experiencias apuntan a que no bastan conocimientos ecológicos para que una propuesta de manejo diversificado sea sostenible. En culturas donde los conflictos entre recolectores de productos no maderables y extractores de madera tienen profundas raíces sociales, la resolución de esta problemática constituye un freno más serio hacia la sostenibilidad que las dificultades técnicas.

Literatura citada

Cevallos, J. 1998. Elementos para la conservación y manejo de *Carludovica palmata* en Centroamérica. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba. 81 p.+anexos.

Gálvez, J. 1996. Elementos técnicos para el manejo forestal diversificado de bosques naturales tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba. 163 p.

Gómez, R. 1998. Lineamientos para el manejo sostenible de *Calyptrogyne ghiesbreghtiana* en la Costa norte de Honduras. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba. 85 p.

Leigue, L. 1997. Elementos ecológicos para la silvicultura de *Quassia amara* en Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba. 92 p.+anexos.

Marmillod, D.; Chang, Y,; Bedoya, R. 1995. Plan de aprovechamiento sostenible de *Quassia amara* en la Reserva Indígena de Kéköldi. *In:* Ocampo, R. (ed.). Potencial de *Quassia amara* como insecticida natural. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica, Informe técnico 267. Pp. 68-90.

Marmillod, D.; Ocampo, R.; Robles, G.; Chinchilla, M. 1995. La evaluación de recursos no maderables en el marco del manejo diversificado de bosques tropicales: las experiencias de CATIE-Olafo en América Central. *In:* Köhl, M.; Bachmann, P.; Brassel, P.; Preto, G. (eds.). The Monte Verità Conference on Forest Survey Designs. "Simplicity versus Efficiency" and Assessment of Non-Timber Resources. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Zurich, Swiss Federal Institute of Technology. Pp. 132-140.

Montiel, H.; Villalobos, R.; Marmillod, D.; Ocampo, R.; Valerio, J. 1998. Desarrollo de una técnica no destructiva para la determinación del producto cosechable de *Smilax chiriquensis*. *In:* Robles, G.; Villalobos, R. Plantas medicinales del genero *Smilax* en Centroamérica, actas. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Pp. 95-100.

Peters, C. 1996. Observations on the sustainable exploitation of non-timber tropical forest products. An ecologist's perspective. *In:* Ruiz, M.; Arnold, J.E.M. (eds.). Current issues in non-timber forest products research. Proceedings of the workshop "Research on NTPF", 28 August - 2 September 1995, Hot Springs, Zimbabwe. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research. Pp. 19-39.

Pineda, P.; Marmillod. D.; Ferreira, P.; Ocampo, R. 1995. Elementos de muestreo para el diseño de un inventario de bayal (*Desmoncus* spp.) en el bosque petenero. *In:* CATIE. Segunda Semana Científica 1994-1995; resúmenes. Turrialba, Costa Rica. Pp. 103-107

Reining, C.; Heinzman, R. 1992. Productos no maderables de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Flores, Guatemala, Fundación Conservación Internacional / ProPetén. 163 p.

Robles, G.; Ocampo, R.; Marmillod, D. 1997. Incorporación de una especie no maderable en un sistema silvicultural diversificado: el caso de *Zamia skinneri*. In: CATIE. Actas de la tercera semana científica. Turrialba, Costa Rica. Pp. 133-138.

Ruiz, M.; Arnold, J. (eds.). 1996. Current issues in non-timber forest products research. Proceedings of the workshop "Research on NTPF", 28 August - 2 September 1995, Hot Springs, Zimbabwe. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research. 264 p.

Villalobos, R. 1995. Distribución de *Quassia amara* L. ex Blom en Costa Rica, y su relación con los contenidos de cuasina y neocuasina (insecticidas naturales) en sus tejidos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 163 p.+anexos.

LINEAS DE INVESTIGACION DE CATIE

CATIE RESEARCH LINES

- Línea 5: Valoración y análisis socio-económico de políticas de sistemas de manejo y de bienes y servicios de ecosistemas tropicales.

- *Line 5: Socioeconomics analysis and valuation of policies, management and of the environmental goods and services of tropical ecosystems.*

APLICACIÓN DE EXPERIMENTOS DE ESCOGENCIA MÚLTIPLE EN LA DISTRIBUCIÓN DEL PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES EN BOSQUES DE COSTA RICA

Rosalba Ortiz Valverde.
Unidad de Manejo de Bosques Naturales, Area de Socio-Economía

Abstract
This document presents survey results from the initial stages of a choice experiment applied to Costa Rican Fuel Tax Payment Allocation among four diferent services provided by protected, managed and planted forets. The services evaluated were biodiversity, using as indicator protection of endangered and endemic species; carbon sink services using both storage and net carbon fixation; water protection, using proximity to streams as an indicator; and scenic beauty using as indicator the presence of gaudy species.

Introducción

Reconocer servicios ambientales de bosques y establecer un pago por estos servicios es un logro de la Ley costarricense forestal No. 7575 de 1996, que permite estimular la protección, manejo y plantación de bosques y que tiene como sustento financiero una proporción del impuesto a los combustibles. Sin embargo, el monto de pago por servicios ambientales se basa en los costos de las actividades de protección, manejo y plantación de bosques y no en la proporción y el valor de los servicios ambientales que estos ecosistemas brindan.

Este estudio tiene como objetivo determinar la importancia relativa de cada servicio ambiental en bosques naturales manejados y protegidos, y plantaciones forestales para la distribución del pago por servicios ambientales en Costa Rica. Para ello se toman las opiniones de hogares costarricenses en el Area de Conservación Cordillera Volcánica Central y Osa (ACCVC y ACOSA, respectivamente).

Considerar el peso relativo de cada servicio ambiental en ecosistemas forestales, plantea la necesidad de evaluar la demanda por estos servicios en escenarios donde intervienen diferentes características o atributos y diferentes niveles de esos atributos. Por ello se utilizan en este estudio técnicas de escogencia múltiple (*"Conjoint Analysis")* para ayudar en la toma de decisiones sobre la distribución del pago por servicios ambientales en el caso costarricense.

Metodología

- **Diseño de los escenarios para análisis conjunto**

El análisis conjunto permite evaluar varios atributos (en este caso de los servicios ambientales) que contienen a su vez varios niveles. Esto permite ver la reacción de los entrevistados a cambios en características de los servicios y una variable precio (en este caso los tres niveles de pago por servicios ambientales en ecosistemas de bosque protegidos, manejados y plantados).

Los atributos del estudio corresponden a los cuatro servicios ambientales que reconoce el pago: protección de biodiversidad, mitigación de dióxido de carbono (CO_2), belleza escénica y protección de fuentes de agua. Además, se consideraron tres categorías de bosques: protección, manejo y plantación, y un atributo monetario que correspondió al pago por ha. durante 5 años según el esquema actual de pago por servicios ambientales.

Cada uno de estos atributos se dividió en niveles; en el caso de biodiversidad los niveles fueron Si protege o NO especies endémicas y en vías de extinción. En el caso de belleza escénica se escogieron algunas especies de fauna de alto atractivo turístico y se definió como niveles la Presencia o No Presencia de especies llamativas. En el caso de Carbono, se consideró como niveles la fijación o almacenamiento de carbono y en términos de protección de fuentes de agua, se consideró distancia a riachuelos: si estaban a 50 Mt de riachuelos, si estaban entre 50 y 1km y más allá de 1Km de distancia a riachuelos. Además se consideró tres niveles para esquema de bosque: protegido, manejado y plantado y tres niveles de PSA por ha., 500 colones /ha.; 1000colones/ha y 1500 colones /ha..

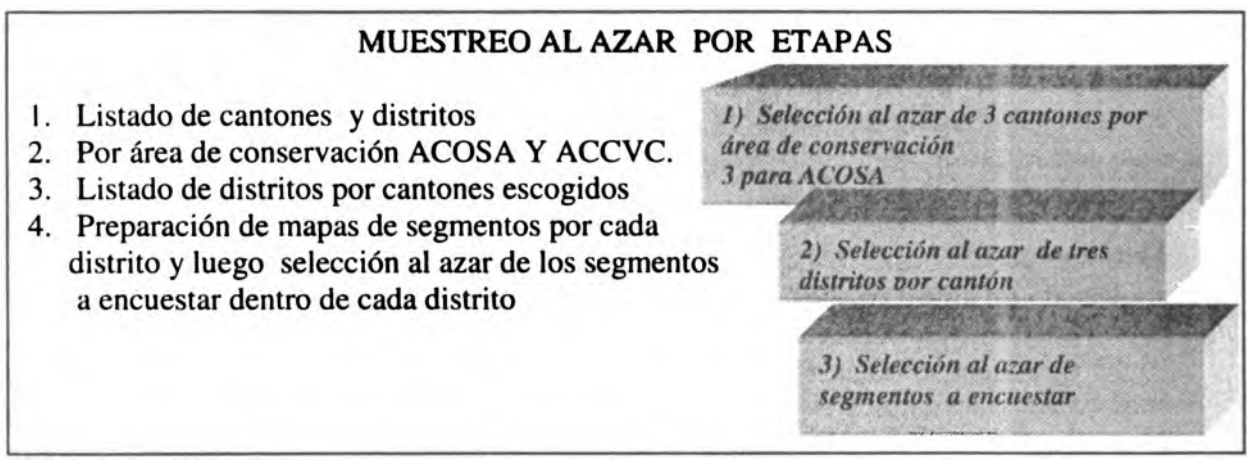
- **Modelo para estimaciones**

Para estimar la importancia de cada escogencia, se utiliza un Modelo multinomial logístico. Las ecuaciones estimadas con este modelo brindan una gama de probabilidades sobre las escogencias posibles que se le presentan al tomador de decisiones en relación con varias características o atributos. Además se consideraron variables de control de tipo socioeconómico, como grado de escolaridad, ingreso familiar, profesión, entre otros.

- **Muestreo**

Se consideró un tamaño de muestra de 750 encuestas, básicamente en función de estudios previos, recursos y tiempo disponible. Esta cantidad de encuestas se distribuyen proporcionalmente a la población de los distritos escogidos en el muestreo al azar por etapas, el cual se describe en la figura 1.

Figura 1. Muestreo al azar por etapas, pasos para la selección de las segmentos a encuestar.



Fuente: elaboración propia.

- **Trabajo de campo**

En el trabajo de campo se siguieron las siguientes etapas: grupos focales, aplicación de encuesta piloto y aplicación de encuesta final; el detalle de etapas, objetivos y productos aparecen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Etapas del trabajo de campo para la aplicación de la encuesta de escogencia múltiple por servicios ambientales, aplicada en el Area de Conservación de Osa (ACOSA) y Cordillera Volcánica Central de Costa Rica (ACCVC).

ETAPAS	OBJETIVOS	PRODUCTOS
Grupos focales Se realizaron reuniones con diferentes segmentos de la población a entrevistar: amas de casa, profesionales, técnicos de oficinas públicas, maestros. En el Area de Conservación de Osa (ACOSA) se realizaron en Palmar Sur, Ciudad Neilly y Golfito; en el Area de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCVC) se realizaron Heredia y Sarchí.	1. Recopilar información clave para diseño de la encuesta. Básicamente sobre: • Conocimiento de la gente sobre servicios ambientales de bosques. • Percepciones de la gente sobre el destino de fondos por pago de servicios ambientales, entre otros.	1. Información desde la población a entrevistar para la elaboración de la encuesta a utilizar. 2. Encuesta finalizada para prueba piloto
Aplicación de encuesta Piloto 1. Se pasaron 100 encuestas en Turrialba (ACCVC) y Alajuela (ACCVC)	1. Probar la aplicación de la encuesta tanto para encuestadores como encuestados.	1. Validación de la encuesta.
Aplicación de encuesta final 1. Capacitación a encuestadores 2. Aplicación de encuesta en: ACOSA (Ciudad Neilly, Golfito, Puerto Jiménez). ACCVC (San Francisco de Dos Ríos, San Antonio de Belén y Cot de Oreamuno, Cartago).	1. Conocer percepción de los costarricenses sobre la distribución de pago por servicios ambientales 2. Conocer preferencia por cada uno de los servicios ambientales de bosques.	1. Base de Datos para el análisis econométrico

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

El conocimiento sobre servicios ambientales de los bosques es muy elemental, los costarricenses tienen una idea muy general de lo que significan servicios ambientales de bosques naturales y plantados. Se refirieron a agua, paisaje, aire puro, flora, animales. Han escuchado hablar de ello en los medios de comunicación como periódico, radio y

televisión. En general han escuchado más acerca de venta de carbono con otros países y la importancia de los bosques para mitigar problemas de gases contaminantes.
La mayoría de los entrevistados están de acuerdo en que se paguen servicios ambientales de bosques, siempre que se garantice el uso de fondos para este objetivo. El agua se considera el servicio ambiental más importante que brindan los bosques naturales y plantados, aunque los entrevistados lo asocian a bosques de tipo natural. En segundo lugar se considera el carbono, en tercero biodiversidad y por último se considera el servicio de belleza escénica.

El pago se distribuye en mayor medida para protección de bosques que para manejo o plantación. En las escalas consideras de 1500, 1000 y 500 colones por ha. el bosque protegido recibe mayor escogencia por 1500, luego se considera el bosque manejado y por último las plantaciones.

Los entrevistados favorecen el bosque protegido en comparación con el bosque manejado o plantado. En términos de servicios ambientales, en su conjunto, la mayoría de los entrevistados consideran que el bosque plantado brinda menos servicios que bosques naturales (manejados o protegidos).

Bibliografía

Adamowicz, W.; Boxall, P.; Williams,M.. 1998. Stated Preference Approaches for Meausuring Passive Use Values: choice experiments and Contingent Valuation. Journal of Agricultural Economics. 80, 64-75p.

Hensher, David. 1992. The use of Discrete Choice Models in the determination of community choices in public issue areas impacting on business decision making. Journal of Business Research 24. 165-175p.

Louviere, J. 1988. Analyzing Decision Making, Metric Conjoint Analysis. Sage Publications, Newbury Park London. Sage University Paper. No.67. 1-95P.

Louviere, J. 1988. Conjoint Analysis modelling of Stated Preferences. *A Review of Theory, Methods, Recent Developments and Eternal validity.* Journal of Transport Economics and Policy. 93-115p.

CERTIFICACIÓN FORESTAL: TEMAS PENDIENTES

Juan Antonio Aguirre,
Área de Economía y Sociología Ambiental, CATIE

Abstract
The paper discuss the remaining issues to be chain in order to implement a successful certification program that should be expanded in order to include in the next future environmental services. The issues discuss area multiplicity of standards, demand, cost and benefits, the role of the state, users participation and transparency of discussions, and the charm of custody.

Introducción

Los estudios realizados en Costa Rica y Honduras entre 1994 y 1998 sobre conocimiento, aceptación y pre-condiciones para establecer un sistema de manejo forestal con miras a la certificación de esos bosques han señalado que el establecimiento de criterios y estándares, el papel del estado, la demanda por productos certificados, la participación y transparencia y la cadena de custodia son temas cuya definición son clave al éxito de la certificación de cara al futuro por lo cual presentamos a continuación algunas ideas para intentar entender mejor sus alcances. (Soihet,1994), (Aguirre, Soihet y Vlosky,1998 a) y (Aguirre, Soihet y Vlosky,1998 b).

Metodología

El proceso mediante el cual una tercera persona u organización certifica ante la sociedad que un bosque se maneja en forma apropiada y sostenible implica que los productos de ese bosque se pueden anunciar ante los consumidores como tal y en consecuencia pueden incluir en la venta de los productos de madera que de ellos se derive algún tipo de etiquetado que garantice tal cosa. La idea de esto es la de adosar el manejo de los bosques preocupaciones ambientales, mejoras en el manejo de los mismos, obtener acceso al mercado a los que de otra forma no se tendría acceso y unir a productores y consumidores en pro del medio ambiente.

Este proceso podemos decir que ya tiene cerca de una década de iniciado y que gana espacio a paso lento pero constante, se estimaron en 1998 unos 12 millones de hectáreas certificadas y casi un centenar de unidades certificadas en todo el mundo aunque este ha ocurrido predominantemente en bosques del clima templado.

A pesar de los éxitos que se han obtenido en la pasada década, los estudios realizados han ido demostrando la necesidad de estudiar y enfocar, ciertos temas de gran importancia para acelerar y mejorar los procesos de implementación de la certificación forestal a nivel global.

Quizás de la solución o del correcto enfoque de estos temas dependa una buena parte el éxito de la gestión de la certificación.

Resultados

1. Estándares

Este ha sido un tema muy controversial, y hoy es posible afirmar que existen cerca de una docena de estos estándares, provenientes de diversas fuentes. Sin embargo si deseamos una aceptación generalizada de estos estándares, es absolutamente imprescindible algún tipo de consenso entre actores, entre países y entre actores de los diferentes países y esto solo se ha podido obtener hasta ahora mediante el uso de foros internacionales en los que están representados los diversos grupos de interés público y privado.

Por otra parte es necesario reconocer la diversidad ecológica de los bosques del planeta por lo que cualquier sistema que se establezca de corte global, deberá ser lo suficientemente flexible y tener capacidad de adaptación a nivel local que es donde el sistema deberá ser aplicado.

2. Demanda, costos y beneficios

A pesar de lo dicho por los proponentes la demanda por productos certificados crece muy lentamente, aunque ciertamente lo hace, sin embargo la gran ganancia señalada por todos, ha sido la apertura de nichos específicos de mercado no disponibles antes para quienes se interesan en el comercio de esta clase de productos.

Hasta ahora la demanda de productos certificados ha sido vista en términos solamente para el mercado externo con poco o ningún incentivo local, esto no es una estrategia sana ya que no es posible manejar dos canales y dos estándares a la vez esto es poco estable en el largo plazo. Pero en especial tenemos que entender que un bosque sostenible es bueno sin importar a donde se vende el producto final.

Por otra parte si la demanda crece de forma significativa, los costos de transacción de esta clase de productos, podrían elevarse por unidad de producto y podrían discentivar esta clase de acciones, si es que en el futuro los incrementos de precios al consumidor no superan la barrera del 10% adicional, cifra que en base a los estudios realizados en muchos países, pareciera haberse convertido en una especie de tope en términos de lo que los consumidores estarían dispuestos a pagar por productos certificados.

3. Papel del estado

En el inicio quienes iniciaron esta clase de esfuerzos, plantearon en esencia que el estado debía de mantenerse al margen del proceso lo cual parecía haber sido aceptado sin mayor dificultad por quienes hubieran tomado la responsabilidad de esta clase de esfuerzo a nivel de los gobiernos.

Esto quizá fue así en los inicios por dos razones, la primera porque los funcionarios de los gobiernos al parecer no entendieron bien los alcances de lo que se estaba planteando y segundo porque ante un esfuerzo que se vislumbraba pequeño, muy pocos se interesaron y dejaron el campo a quienes se interesaron en el sector privado por el tema. Sin embargo, tan pronto se comenzó a pensar que esto iba a convertirse en buen negocio, los intereses e intenciones cada vez más se han movido en el deseo de participación por parte del estado.

La pregunta que queda por hacer no es si el Estado tiene o no un papel sino **cuál** es el papel que tiene el Estado en la certificación en un mundo tan cambiante y donde el estado aún no define su papel ante un mercado que avanza y donde a veces se corre el riesgo de perder el equilibrio entre actores. Por otra parte el estado no debería de entregar su papel de al menos arbitral, asegurándose así que todos los miembros de la sociedad estén protegidos de las acciones de otros miembros con más poder político y económico.

4. Participación y transparencia

Muchos esfuerzos que actualmente se realizan en certificación y la certificación misma ha estado motivada y promovida por fuerzas externas. Sin embargo, si tales esfuerzos han de perdurar, la verdadera motivación debe provenir del interior de los países, que convencidos del problema del futuro del bosque apuestan por la sostenibilidad.

La motivación por la certificación sólo se generará a través de un proceso muy transparente y participativo donde todos los afectados opinan y transan sobre sus intereses y expectativas. Hasta la fecha la participación y transparencia del sistema ha sido muy cuestionada y los detractores de la certificación usan esto como excusa. Apertura, transparencia y participación serán en nuestra opinión una de las claves del éxito de un sistema global de certificación.

5. Cadena de custodia

Uno de los grandes cuestionamientos en materia de certificación está en la cadena de custodia, o sea la garantía de que la madera que fue sujeto de la certificación, sea efectivamente la que se utiliza en la fabricación de bienes llamados "certificados".

El sistema actual de mercadeo no parece tener la capacidad para organizar el manejo de dos canales paralelos, uno de madera con y otro sin certificación con diferentes destinos de mercado y de garantizar que estos no se crucen y que la madera no certificada acabe siendo utilizada por parte de algunos comerciantes en forma poco ética en la obtención de claros beneficios comerciales y económicos.

Esta preocupación hace que muchos crean en la obligatoriedad del proceso y se opongan a la llamada voluntariedad del mismo, sin embargo ambas estrategias deben entender que lo que apoya una tendencia en el fondo podría estar sustentando lo opuesto y hay que entender que al final se debe llegar a un mecanismo que garantice a todos que lo que se afirma y declara sobre la certificación, se concreta en la práctica sin mayores cuestionamientos.

Finalmente, es crucial entender que un bosque manejado sosteniblemente y certificado como tal es un bosque que puede ser fuente de servicios ambientales además de madera certificada. Este es el nuevo reto, la ampliación del concepto y su adaptación a los servicios ambientales.

Bibliografía

Aguirre, J., Soihet , C y Vlosky , R .1998 a. Certificación del Manejo Sostenible de los en Honduras: Conocimiento, Aceptación e Implicaciones. Serie Técnica, Informe Tecnico.302.CATIE.Turrialba.Costa Rica. 123 pag.

Aguirre, J., Soihet , C y Vlosky , R .1998 b. Conocimiento, Aceptación y Pre Condiciones para la implementación de la Certificación :Los Casos de Costa Rica y Honduras. Ponencia Presentada. 1er Congreso Latino americano de IUFRO. Tema 6.Politica Legislación e Información. Valdivia. Chile.

Soihet,C.1994. Conocimiento, Aceptación e Implicaciones de la Posible Aplicación de Un Sistema de Certificación de Madera en el Manejo Sostenible de los Bosques de Costa Rica. Tesis. Mag Sc. Turrialba. Costa Rica.113 p.

DOS CASOS DE LA ADOPCION DE SISTEMAS DE PLANTAR ARBOLES EN FINCAS EN AMERICA CENTRAL

Dean Current[1], Ana María Rojas Zambrana[2], Liz Farleidy Villarraga Florez[2]
[1]Unidad de Manejo de Bosques Naturales, Area de Bosques y Biodiversidad,
[2]Estudiantes de Maestria-1998

Abstract

This article presents results of recent studies of the adoption of on-farm tree plantings, one on the Pacific coast of Guatemala and the other in an agricultural community near the capital city of Costa Rica. Both studies used interviews of participants and non-participants carrying out regression and logistical analysis of factors influencing the decision of farmers to engage in tree planting programs. The studies found that: a) area planted was positively related to total farm area; b) in Costa Rica, the most common land use replaced by tree plantings were pastures; c) in Guatemala minimal subsidies for resource poor farmers were often required although the systems were financially profitable; d) perception financial profitability was one of the most important, if not the most important consideration in engaging in on-farm tree planting; and e) technical assistance and farm visits had a significant impact on the decision to plant trees on farm.

Introducción

La decisión de implementar sistemas de plantar arboles en fincas depende de una variedad de factores tan diversos como interés en tener productos para el autoconsumo, vender en el mercado, el interés de los agricultores en proteger el ambiente, hasta el interés en recibir subsidios que a menudo se ofrecen a través de proyectos y programas gubernamentales. Entender las razones por que los propietarios adoptan sistemas de arboles nos ayuda diseñar proyectos y programas de reforestación con mayores posibilidades de impacto (Godoy, 1992).

Desde los años 80, a través de la investigación y promoción de la plantación de arboles en propiedades pequeñas y medianas, se han hecho esfuerzos significativos para aumentar el numero de agricultores que incluyen arboles en sus propiedades. De esos esfuerzos podemos aprender mucho sobre los factores que mas influyen en la decisión del propietario de adoptar sistemas de plantación de arboles y los mecanismos de extensión con mayores posibilidades de éxito. CATIE en colaboración con otras instituciones de investigación y desarrollo ha desarrollado metodología y ha hecho evaluaciones de algunas de estas actividades (Reiche y Sandoval, 1995; Sandoval, 1993; Current, et.al., 1995). Estos trabajos han mostrado los beneficios de estas actividades en las comunidades rurales y algunos de los factores que tienen influencia en la adopción.

Siempre existe la necesidad de aprender de estos esfuerzos para mejorar el conocimiento sobre la adopción y así mejorar el resultado de los nuevos esfuerzos para promover un desarrollo mas sostenible en la región. Hacen falta mas estudios bajo condiciones diferentes y que evalúan la adopción e impacto de los esfuerzos en el largo plazo. Los dos casos presentados aquí representan condiciones diferentes con información que complementa estudios anteriores. El caso de incentivos en Costa Rica, representa una

comunidad agrícola mezclada con propiedades donde los dueños viven y trabajan en la ciudad capital y no dependen de la propiedad para su sustento. El caso de la comunidad de La Maquina en Guatemala, muestra el impacto de esfuerzos iniciados en 1981 y donde se logró una adopción de 50% de las familias en la comunidad en el proceso (Rojas, 1998).

Metodología

En los dos casos se trabajó con encuestas a dueños de propiedades. En Guatemala trabajaron en la Costa Sur en la comunidad La Maquina colonizado a finales de los años 50 y las comunidades Monte Carlo y Monte León que fueron colonizados en los últimos 5 años. En Costa Rica se trabajó en la cuenca del Río Purires, cerca de Cartago.

En el caso de Guatemala, se entrevistaron productores en tres comunidades. En La Máquina donde había trabajado el Proyecto Madeleña desde 1981, se entrevistaron 75 productores, 45 de los cuales habían trabajado con el Proyecto, y 30 que no habían participado. En las otras dos comunidades, en las cuales la promoción de reforestación ha ocurrido en los últimos 5 años, se entrevistaron un total de 30 productores. En Costa Rica se entrevistaron 44 de un total de 51 propietarios que establecieron plantaciones forestales con incentivos y 50 propietarios que no reforestaron. (Rojas, 1998)

En Costa Rica se aplicaron modelos de regresión multivariado tradicional y logístico para evaluar cuales fueron las características de los propietarios y las propiedades que explican su decisión de reforestar con o sin incentivos. En Guatemala se aplicó un modelo de regresión multivariado para determinan las variables con mayor influencia sobre el tamaño del área reforestada. (Villarraga, 1998) En Guatemala se preparó un estudio de mercado para los productos forestales y un análisis financiero con análisis de sensibilidad de los sistemas de manejo que utilizan los productores. (Rojas, 1998)

Resultados

En el caso de Guatemala se encontró que:

- El factor financiero fue el mas importante en la decisión de plantar árboles.
- Los propietarios con mayor área de pasto, plantaron menos que los con menos pasto.
- Al disminuir el tamaño de la propiedad, los dueños adoptaron sistemas de plantación en líneas (cercas vivas, árboles en linderos) en vez de bloques compactos.
- Los productores interesados en aumentar sus plantaciones fueron motivados principalmente por intereses financieros.
- La asistencia técnica tenia un impacto importante en la decisión de plantar.
- Los incentivos fueron importantes para permitir que productores con recursos limitados iniciaran sus plantaciones.
- El análisis financiero de un período de 10 años con ciclos de corta de 3 años, mostró un VAN (a 8.18%) de US$ 1,450 y una relación beneficio costo de 2.04. El estudio del mercado mostró una demanda relativamente estable.

En Costa Rica, se determinó (mediante el modelo de regresión logístico) que las siguientes factores están relacionados con la decisión de reforestar: Haber tenido la visita de un extensionista influye positivamente en la decisión. Entre mayor área total y mayor área en pastos, hay mayor tendencia de reforestar. Los propietarios que se dedican a la agricultura reforestan menos. Si el propietario considera rentable la reforestación, reforesta mas.

Con el modelo de regresión múltiple tradicional en Costa Rica, el área total reforestada estaba positivamente relacionada con: el área total de la propiedad, el porcentaje de la propiedad cubierta con pastos, el área de la propiedad con pendientes mayores a 30%

Discusión

Los dos casos presentan condiciones muy diferentes que están reflejados en los resultados.

- La Máquina es una comunidad agraria en la cual la mayoría de la gente se dedica al cultivo mientras que en Costa Rica, los propietarios de la cuenca del Río Purires están divididos entre familias que viven de la agricultura y propietarios que viven y trabajan en la ciudad capital y que no dependen de la propiedad para su sustento.

- Se implementaron dos modalidades distintas para promover la plantación de árboles en las propiedades, Guatemala a través de un programa de extensión en lo cual los propietarios recibieron plantas y asistencia técnica de proyectos y organizaciones estatales. No existía un número fijo de árboles por plantar. En Costa Rica, los propietarios recibieron incentivos del gobierno a través del Centro Agrícola Cantonal para establecer una plantación de, por lo menos, una hectárea.

- Las posibilidades de mercado fueron distintos. En Guatemala existe un mercado para postes provenientes de plantaciones de 3-4 años de edad que resultan rentables para los propietarios. Fue una motivación importante para los propietarios plantar y aumentar la plantación de árboles en sus propiedades. En Costa Rica, considerar la reforestación rentable influyó positivamente en la reforestación pero no existe un mercado ni una experiencia de vender como en Guatemala. Esto puede tener una influencia sobre los productores que dependen de sus propiedades para su sustento.

A pesar de las diferencias de los dos casos, también habían factores en común que tenían influencia sobre la decisión de reforestar o incluir árboles en sus propiedades:

- Asistencia técnica: En ambos casos, la asistencia técnica y/o visita del técnico al propietario fueron determinantes para que los propietarios decidieron plantar. Ligado con la asistencia técnica fueron los incentivos y subsidios para plantar. Aunque en el análisis de los cuestionarios en Costa Rica el incentivo no fue significativo, en Guatemala, por los pocos recursos de los propietarios, fue considerado determinante.

- Area total de la propiedad: En ambos casos, entre más área tenía el propietario, más área plantó con árboles. En el caso de Guatemala también había una relación entre el tamaño de la propiedad y el sistema usado para plantar árboles. En propiedades de áreas menores, los propietarios usaron más sistemas de plantación de árboles en líneas.

- Relación entre pastos y plantaciones: En el caso de Costa Rica había una relación positiva entre la cantidad de pastos y la decisión de plantar. En Guatemala plantaron en los terrenos que tenían poco uso. El caso de Purires concuerda con estudios anteriores en Puriscal y Hojancha de Costa Rica y muestran que el uso de la tierra anterior a la plantación de arboles fue, en la mayoría de los casos, pastizal (Current, 1995). Los propietarios sustituyeron un uso extensivo con otro uso extensivo.

- Consideraciones ambientales: En ambos casos los valores ambientales fueron motivaciones importantes para plantar árboles aunque la consideración económica financiera era mas importante en Guatemala.

Conclusiones

Los dos casos muestran la diversidad de condiciones de una comunidad y programa que influyen en las decisiones de propietarios de establecer plantaciones de árboles bajo distintos programas. No obstante es posible llegar a definir factores fundamentales que determinan el grado de aceptación que de tales programas.

Ofrecer opciones de plantación de árboles, considerados rentables en la percepción de propietarios, mejora su potencial de adopción. Además, aunque en menor escala, el interés en mejorar condiciones ambientales es otro factor que motiva a propietarios a plantar árboles. Este resultado refuerza la necesidad de incluir el análisis social - financiero de las opciones de plantación en cualquier programa que pretende promover estos sistemas.

Los dos casos mostraron la importancia de la asistencia técnica. En Guatemala, la importancia de subsidios que eliminan la necesidad de recursos propios para producir o comprar plantas fueron importantes para propietarios de recursos limitados. El subsidio no es muy alto pero puede representar la diferencia entre implementar o no la plantación. Es importante considerar subsidios mínimos para propietarios de escasos recursos siempre con el cuidado de no crear dependencias, sino quitar obstáculos a la adopción.

Finalmente aunque el tamaño de la propiedad tiene influencia sobre el área plantada y los sistemas usados para plantar, no son limitantes pues para esos propietarios que no cuentan con recursos, la provisión de opciones que generan beneficios, acompañados de asistencia técnica y subsidios mínimos, tiene un importante impacto sobre la adopción.

Literatura citada

Current, Dean, Ernst Lutz, and Sara Scherr (Eds.). 1995. Adopción Agrícola y beneficios económicos de la agroforestería: Experiencia en América Central y el Caribe. Serie técnica, Informe técnico no. 268. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Current, Dean. 1995. Economic and Institutional Analysis of Projects Promoting on-farm Tree Planting in Costa Rica. IN Current, et.al. 1995. Costs, Benefits and Farmer Adoption of Agroforestry: Project Experience in Central America and the Caribbean

Godoy, Ricardo A. 1992. Determinants of smallholder commercial tree cultivation. World Development 20(5): 713-725.

Rojas Z., Ana María. 1998. Evaluación del impacto económico y apreciación de los efectos ambientales de la reforestación con arboles de uso múltiple en comunidades de la costa Sur de Guatemala. Tesis de Maestría. CATIE. 126 p. + Anexos.

Reiche, Carlos y Sandoval, C. 1995. Metodología para evaluar efectos e impactos de proyectos forestales con árboles de uso múltiple. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Sandoval-Garcia, Cesar. 1993. Evaluación de efectos e impactos de la reforestación con árboles de uso múltiple en la Costa Sur de Guatemala, Caso Madeleña. San José, Costa Rica: Inst. Centroamericano de Admin. Publica. Tesis de Maestría. 146 p + anexos.

Villaraga F., Liz. 1998. Factores biofísicos y socioeconómicos que influyen en la decisión de reforestar en la cuenca del Río Purires en Costa Rica. Tesis de Maestría. CATIE. 100 p.

LA APLICACIÓN DE RAAKS EN EL PARQUE NACIONAL PIEDRAS BLANCAS, COSTA RICA

Cécile Fassaert,
Área de Economía y Sociología Ambiental

Abstract
The study presented here is an application of the RAAKS (Rapid Appraisal of Agricultural Knowledge Systems) methodology in "Piedras Blancas", National Park in the Osa Conservation Area of Costa Rica. By applying interviews, participant observation, and community workshops the functioning of local Information and Knowledge Systems related with the communities problematic (part of National Park) was studied from a participatory perspective. Even though, villagers living conditions have become worse since National Park installation, the conservation interests of the local habitants and the Park administration are compatibles.

Introducción

La metodología RAAKS (Rapid Appraisal of Agricultural Knowledge Systems) fue elaborada en el departamento de Comunicación e Innovación de la Universidad de Wageningen, Holanda, en el sector Agrícola. El programa Bosques, Arboles y Comunidades, Centroamérica (FAO/FTPP) financia la aplicación piloto de esta metodología en el sector forestal.

El Parque Nacional Piedras Blancas (PNPB) fue creado en 1994. Este trajo consigo consecuencias graves para la vida de las comunidades asentadas dentro y alrededor del Parque, tales como inseguridad sobre su futuro, marginalidad por la paulatina exclusión de los servicios gubernamentales y especulación sobre la tierra. Algunos terrenos fueron comprados, pero a precios muy bajos. El Parque no tiene un Plan de Manejo ni capacidad para ejecutar uno y las comunidades se han considerado como amenaza potencial para la integridad del Parque. Fue por el explícito interés de la administración del Área de Conservación de OSA, al cual pertenece el PNPB, que se pudo realizar la investigación en la zona, así como explorar y mejorar la comunicación y cooperación con las comunidades ubicadas en el Parque.

Los objetivos de la aplicación de la metodología en el Parque Nacional Piedras Blancas fueron los siguientes:

- Determinar la problemática comunal, generada por la creación del Parque Nacional Piedras Blancas, Península de Osa, Costa Rica.
- Generar un proceso participativo en el cual se busquen soluciones al conflicto.
- Ayudar en la implementación de las soluciones.

Metodología

El enfoque de la metodología está en relaciones entre muchos grupos de interés (productores y productoras, ministerios, comerciantes, donantes y muchos más) y no como en el pasado en los modelos de Extensión, en la relación especialista – usuario. Productores y productoras son vistos como actores buscando activamente relaciones que les permitan aprender y hacer cambios en sus prácticas = formar redes.

La metodología consiste en tres fases: A. La definición del sistema relevante y sus problemas, B. El análisis de las limitantes y oportunidades, y C. La planificación de acciones. Cada fase consiste en un número de "ventanas", lo que significa una perspectiva para analizar el sistema de conocimiento bajo estudio. Para la fase A son: A1, Redefiniendo los objetivos del diagnóstico, A2, Identificando actores relevantes, A3, Identificando la misión de cada actor, A4, Determinando los límites del medio ambiente, A5, Clasificando la situación problema. En la fase B, la fase más extensa, se analiza el sistema en los siguiente aspectos: B1, Análisis de Impacto, B2, Análisis de Actores, B3, Análisis de cadenas de Conocimiento, B4, Análisis de integración, B5 Análisis de tareas, B6, Análisis de coordinación y B7, Análisis de comunicación. En la última fase (C) se planifican acciones como: C1 Análisis general de conocimiento, C2 Análisis de actores potenciales y C3 Medios estratégicos.

La aplicación de la metodología en Piedras Blancas consistió en la realización de entrevistas en las comunidades con productores y productoras y otros actores importantes de la comunidad, la aplicación de cuatro talleres con las comunidades y un taller con personal del Parque Nacional y demás organizaciones presentes en la zona gubernamentales y no gubernamentales. Se aplicaron todas las ventanas de la metodología.

Resultados

La aplicación de la metodología (fase A) dio una profundización sobre la problemática del área, detectando aspectos como:

-. Los campesinos/as no pueden trabajar con libertad en tierras de su propiedad; los funcionarios de Parques les aplican verbalmente imposiciones por ser tierras del Estado.

-. Animales silvestres, que no se permiten matar, comen a los animales domésticos y destruyen los cultivos. La administración del parque no los controla.

-. Inseguridad y especulación en el pago de las tierras. Se desconoce si se les va a pagar o no y si el monto a pagar está dentro del mínimo aceptable por ellos.

-. El Servicio de Salud está interrumpido y no se sabe si van a continuar las escuelas en la comunidad.

-. Todo lo anterior provocó que muchos hayan interrumpido sus actividades productivas. Además incurrieron en gastos inusuales para pagar el trazado de los planos catastrales y la declaración a memoria perpetua o derechos posesorios.

-. Aislamiento: no se les permite la construcción de caminos y puentes.

-. El pago de tierras se dio en forma de anillo que aisló los pobladores del Valle Riyito

-. Deterioro de las relaciones inter e intra familiares por diferencias en opinión y actitud hacia los cambios que se están dando. Por ejemplo las esposas e hijos migran a centros urbanos.

La fase B dio mucha información sobre los conocimientos que manejan los actores del sistema, sobreponencias y vacíos en los conocimientos y sobre como se transmite la información y los conocimientos entre los actores.

El conocimiento de los pobladores está directamente relacionado con los recursos en los que están inmersos (flora, fauna, clima). El conocimiento técnico-productivo lo heredan de sus padres, madres y abuelos (as) y giran alrededor de actividades domésticas (medicina, construcción de casas), pesca, ganadería, y turismo. No reciben mucha información o conocimiento de fuera de la comunidad. El conocimiento que maneja cada familia es casi homogéneo. Existe un vacío en conocimientos sobre derechos de los ciudadanos, temas básicos de control de natalidad, entre otros. No existe un líder comunal, sino que existen líderes de familias, éstos líderes motivan las decisiones de los demás miembros de la comunidad, es común que cada familia realice las actividades por si misma, realizando muchas veces dobles o triples esfuerzos individuales, para obtener un mismo resultado, que con cierta organización se podría maximizar en cuanto a tiempo, dinero y esfuerzo.

En relación con los demás actores involucrados en el Sistema de Información y Conocimiento: ACOSA (Area de Conservación de la Osa) tiene una influencia muy significativa sobre la vida de las comunidades en estudio. MEP (Ministerio de Educación Pública), MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía) y APROBE (Asociación de Productores del Bosque Esquinas) son las únicas instituciones que están adentro de la comunidad: MEP con la escuela básica, MINAE vía ACOSA y APROBE por ser una organización que funciona para el interés de la comunidad.

Como resultado de la FASE C de la aplicación RAAKS se elaboraron cinco perfiles de proyectos para mejorar la situación problemática:

1. "Reforestación con árboles nativos en zonas degradadas del parque."
2. "Siembra orgánica para la venta del Paste y Pimienta."
3. "Proyecto para presionar un pago justo por las tierras, aún no pagadas."
4. "Apoyo a pequeñas empresas basadas en recursos y conocimientos locales, en especial las integradas por mujeres y sus familias."
5. "Creación del centro educativo ambiental: "Voz Campesina".

Conclusiones

Aproximadamente el 9% del área del Parque Nacional Piedras Blancas, se encuentra sobreutilizada, donde el uso es más intenso que la capacidad de uso.

Los problemas de inseguridad de los pobladores, fundamentalmente aquellos relacionados con el uso y la tenencia de la tierra privada, restan viabilidad al proceso de desarrollo y conservación.

La instalación del Parque Nacional Piedras Blancas empeoró las condiciones de vida de las comunidades dentro de lo mismo.

Las demandas de los pobladores plasmadas en sus propuestas de proyectos son compatibles con las necesidades de conservación del área.

La aplicación del RAAKS ayudó a las comunidades de estudio a estudiar, discutir y planificar su propio desarrollo.

Bibliografía

Romellón Arcos, Carlos Mario. Relación entre las necesidades de conservación y las demandas de pobladores rurales, en el Parque Nacional Piedras Blancas y su zona de de influencia. Área de Conservación Osa, Costa Rica. Tesis. Mag Sc. Turrialba. Costa Rica, 1997.

Salomon, Monique y Engel, Paul. Networking for innovation. Windows and Tools. Royal Tropical Institute, The Netherlands, 1997.

Engel, Paul. The social organization of innovation. Royal Tropical Institute, The Netherlands, 1997.

ANALISIS DE LOS PROGRAMAS DE INCENTIVOS A LA REFORESTACIÓN IMPLEMENTADOS EN COSTA RICA

Juan Carlos Godoy[1], Markku Kanninen[2], Octavio Ramírez[3], Manuel Gómez[4]
[1]Universidad Nacional de Salta, Argentina, [2]Programa de Investigación, CATIE,
[3]Texas Tech University, USA, [4]Area de Socio-Economía, CATIE

Abstract
The incentives to promote reforestation in Costa Rica have operated since 1979, with an investment of 156 million of constant 1990 dollars and the establishment of 152 thousand plantation hectares. In this sense, the forest policy intended to promote forest plantations has reached its objectives with low efficiency and efficacy. This was mainly due to: incomplete implementation, lack of supervision and follow-up of the programs, operational difficulties, and lack of transfer of information of the forest research to producers. On the other hand, the financial and economic analysis of the plantations of *Gmelina arborea, Tectona grandis and Bombacopsis quinatum* demonstrate that the amount of the incentives represent a higher social cost than the benefits generated by carbon storage.

Introducción

Las altas tasas de deforestación que han caracterizado a Centroamérica han llevado a los Gobiernos de la región a emprender acciones para promover el manejo de los bosques naturales y el establecimiento de plantaciones forestales con el fin detener el proceso de destrucción de los bosques que aún existen y de recuperar áreas de vocación forestal. Costa Rica es uno de los países que se ha caracterizado por estas acciones, llevando a importantes logros que han permitido avanzar en el desarrollo de la silvicultura de plantaciones forestales.

De este modo, la cuantificación de los beneficios socioeconómicos y ambientales que las plantaciones forestales promovidas con incentivos están generando a los productores y la sociedad en general se torna indispensable. Es necesario, además, generar indicadores financieros que contribuyan en la toma de decisiones sobre las inversiones forestales que los productores hacen con recursos propios y las del Gobierno por medio de incentivos, de tal manera que los beneficios privados y sociales justifiquen la existencia de los programas de incentivos a la reforestación.

El objetivo de este trabajo es 1) analizar el funcionamiento y logros en el cumplimiento de los objetivos de los programas de incentivos a la reforestación, 2) determinar cuales son los incentivos aplicados en Costa Rica para la promoción de las plantaciones forestales y las razones que han justificado la aplicación de dichos incentivos, 3) determinar el impacto de programas prototipos de incentivos sobre la rentabilidad de la producción forestal al nivel de finca, según la especie sembrada, 4) cuantificar el impacto de los diferentes incentivos aplicados sobre las áreas plantadas en Costa Rica, y 5) cuantificar los beneficios que la sociedad obtiene producto de las inversiones que ha realizado en las plantaciones forestales. Este trabajo se basa en una tesis de M.Sc. del CATIE (Godoy, 1997).

Metodología

Esta se divide en dos etapas. En la primera etapa se hizo una identificación de los tipos de incentivos que se han otorgado para posteriormente clasificarlos en las siguientes categorías: *Incentivos naturales, Incentivos fiscales, Especies y servicios.* Una vez clasificados los incentivos, se llevó a cabo un análisis cronológico del desarrollo del programa de incentivos y sus diferentes variaciones a lo largo del período de estudio, con lo cual se logra identificar la evolución de las áreas reforestadas y la inversión realizada por tipo de incentivo. Finalmente se evalúo el éxito alcanzado por el programa de incentivos en el cumplimiento de sus objetivos, considerando para ello el grado de eficiencia y eficacia con el que se han alcanzado.

En la segunda etapa se lleva a cabo un análisis costo beneficio desde el punto de vista privado y social seleccionando para ello las especies *Gmelina arborea, Bombacopsis quinatum* y *Tectona grandis*, por ser de amplia aceptación y con mayor área plantada en el país. En el análisis costo beneficio, desde el punto de vista privado, los costos y beneficios generados en la actividad son valorados a precios de mercado, mientras que para el análisis económico, estos precios son corregidos mediante factores de conversión sombra o reales para obtener los valores económicos o sociales (Gómez et al., 1997). Para ambos análisis los indicadores utilizados para evaluar la rentabilidad de las plantaciones forestales fueron: el valor presente neto y la tasa interna de retorno.

Resultados y discusión

Se puede afirmar que es a partir de 1979 cuando el Estado costarricense inicia un proceso de estímulo a la reforestación, en respuesta a la rápida destrucción de los bosques en años previos. Para ello se han otorgado dos tipos de incentivos: generales y específicos; pero para los fines de este trabajo únicamente se consideran los incentivos generales, que son los otorgados por el Estado.

En cuanto al impacto de incentivos en término de áreas plantadas, se nota un aumento en las áreas plantadas que alcanza su máximo en 1995 con un poco más de 25,000 hectáreas (este año incluye el área reforestada en 1996, que se desconoce con exactitud). En general las áreas de plantaciones han tenido un comportamiento creciente, con un impacto diferenciado por los incentivos existentes en cada una de las etapas del programa.

De acuerdo a los datos proporcionados por el MINAE la inversión realizada en los programas de reforestación durante el período 1979-1997 asciende a 156 millones de dólares constantes de 1990. Esta inversión se ha caracterizado por una acumulación de los recursos de parte de los medianos y grandes productores, llegando a abarcar 61% del total de la inversión asignándose un monto promedio por hectárea de $2,848 y de $628 para el incentivo deducción de impuesto sobre la renta y CAF respectivamente; esto sin contabilizar los recursos invertidos a través del incentivo del Artículo 87 de la Ley Forestal 7174 (los que son difíciles de cuantificar debido a que existen diferentes instituciones estatales que se encargan de llevar los registros; además, al ser una inversión con "recursos propios" el Estado no cuantifica su inversión en este incentivo).

Por otro lado, los recursos captados por los pequeños productores alcanzan 39% del total de la inversión, en incentivos a la reforestación que equivale a $60.84 millones constantes de

1990. A pesar de que los pequeños productores han recibido un monto menor por hectárea que equivale a un 16% del recibido por los grandes productores (con incentivo de deducción de impuesto sobre la renta, cuadro 1), el área plantada aquellos representa el 35.5% del total establecido en el período 1979-1997, lográndolo solo en 10 años, dado que fue hasta 1988 que los pequeños productores fueron incluidos en los programas de incentivos a la reforestación.

El número de beneficiarios de los programas de incentivos es difícil de cuantificar, pero se estima que en el caso de los grandes productores es de alrededor de 687 hasta el año de 1993. Para el caso de los CAF, el número de beneficiarios inscritos en el registro forestal hasta 1991 ascendía a 157 (de 447 reforestadores inscritos) y solamente 4 en el artículo 87. Para los años 1992-1993, según los datos reportados por el MIRENEM, los beneficiarios de los CAF y Art. 87 eran de 240 (sin poder discriminarlos por tipo de incentivo). Puede concluirse, sin embargo, que del número antes señalado una mayor proporción corresponden a beneficiarios de los CAF. En el caso de los beneficiarios de los programas para los pequeños productores, se han contabilizado hasta 1993 un total de 6,101, cantidad que para 1997 se incremento a 21,773. Todos ellos pertenecen a cooperativas, centros agrícolas cantonales u otro tipo de organización campesina.

Cuadro 1. Distribución de los recursos asignados por tipo de incentivo y número de beneficiarios. (Dólares de 1990).

TIPO DE INCENTIVO	Número de beneficiarios	Monto total por incentivo ($)	Monto por beneficiario ($)	Area establecida (has)	Area promedio establecida por beneficiario (has)	Monto / ha establecida por beneficiario ($)
RENTA *	272	101,473,411	373,064	35,598	131	2,848
CAF *	397	12,733,028	32073.11	20,149	51	629
CAFA Y FDF **	21,773	30,333,942	1393.19	53,608	3	465

*Los datos del incentivo Renta y CAF corresponden a los contabilizados hasta 1993.
**Los datos de los incentivos CAFA y FDF corresponden a los contabilizados hasta 1997.
Nota : Elaboración propia en base a las estadísticas del MINAE.

Para el caso de Costa Rica, la política de reforestación que se ha aplicado ha perseguido dos objetivos primordiales: la recuperación de tierras de vocación forestal que se encuentran en otros usos, y la producción de madera con fines comerciales para abastecer la demanda interna.

Considerando el primero de los objetivos planteados, el establecimiento de aproximadamente 152,000 hectáreas, muestra que durante 19 años se han recuperado en promedio 8,000 has por año de tierras de vocación forestal que estaban dedicadas a otros usos – no el área de 12,000 a 20,000 has por año planificado. Basándose en lo anterior se puede decir que las metas no se han cumplido, por lo que la política de los programas de incentivos no ha sido eficaz para el cumplimiento de este objetivo, considerando además que las áreas reforestadas han disminuido en los años subsiguientes a 1994.

Se han invertido aproximadamente $156 millones de dólares de 1990 para lograr el cumplimiento de los dos objetivos planteados en materia de reforestación. Lo anterior implica que en promedio se han invertido $1,000/ha (dólares de 1990) que comparado con la inversión necesaria para la protección de bosques igual a $189/ha (dólares de 1990), se observa que con el 19% del monto invertido en plantaciones se pueden cumplir los mismos objetivos establecidos para la reforestación. Esto revela que existe ineficiencia política para el cumplimiento de los objetivos planteados. Los resultados de las evaluaciones realizadas en la calidad de plantaciones, se observa que solamente el 50-80% pueden llegar a producir madera comercial que equivale a un área de 76,000 has.

Otra manera de evaluar si la inversión que la sociedad ha realizado en ésta actividad ha reportado beneficios inferiores a la inversión misma, es mediante la comparación del VAN económico(a precios reales) y el generado después de otorgar cada incentivo. Para la especie *Gmelina arborea* tanto la inversión social como la privada con incentivo FDF proporciona VAN negativos a una tasa del 2%. Con los incentivos CAFA, CAF y RENTA la sociedad está recibiendo una compensación menor que el costo de la inversión que realiza a través de éstos, ya que el VAN de cada uno de ellos es mayor al que resulta cuando se consideran los beneficios sociales y el servicio ambiental de almacenamiento de carbono.

En el caso de las plantaciones de *Tectona grandis* y *Bombacopsis quinatum*, aunque no reportan pérdidas a la sociedad, los beneficios sociales no son significativamente superiores a los financieros, siendo positivos para ambos casos a tasas de 14% y 10% respectivamente, representando entonces una actividad con baja capacidad de generar una rentabilidad social aceptable.

El programa de incentivos a la reforestación de Costa Rica ha presentado dificultades para el cumplimiento eficaz y eficiente de los objetivos plasmados en sus políticas de reforestación, tales como la incorporación de tierras de vocación forestal, y la generación de madera a niveles comerciales para la satisfacción de la demanda interna de ese producto.

El monto otorgado de los incentivos CAF, CAFA y Renta a plantaciones forestales, representan un beneficio económico mayor para el productor, que el recibido por la sociedad en términos de externalidades socioeconómicas y ambientales (ahorro de divisas y almacenamiento de carbono). Se puede afirmar, que estos incentivos tienen una baja eficiencia en la generación de beneficios sociales.

Literatura citada

Godoy, J. C. 1997. Análisis económico y financiero de los incentivos a la reforestación otorgados por el gobierno de Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 94 p.

Gómez, M., Shultz, S., Ramírez, O. 1997. Estimaciones del secuestro de CO_2 en las plantaciones forestales de Costa Rica. Borrador. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 22p.

RACIONALIDAD EN LA ADOPCION DE MIP DE PEQUEÑOS CAFICULTORES EN NICARAGUA

Diego Gomez[1], Kees Prins[2],
[1]Escuela de Postgrado, CATIE, [2]Area de socioeconomía

Abstract
Some study results related with the factors that facilitate or hamper the adoption and difusion of Integrated Pest Management (IPM), are shown in this document. Four groups of small coffee growers in Nicaragua were investigated and compared. Diferences in IPM adoption rates, were identified and analysed; the atention is focussed on the rationality behind the diferential adoption rates. Rationality of producers is considered a relative and changing concept, dependent upon the type of linkages with the outside world, experiences and their vision of future.

Introducción

La familia campesina es quien integra los recursos y actividades de la finca, y quien decide sobre cualquier innovación en ella. De manera que para estimular la innovación tecnológica en el campo, es esencial comprender su toma de decisiones y racionalidad subyacente. Esto nos da elementos para reforzar la capacidad de la toma de decisiones, e innovación por los productores en aras de la rentabilidad y sostenibilidad de su finca, y de su bienestar. De manera que ese conocimiento es, socialmente, muy relevante.

Por las limitaciones que enfrentan los finqueros, es preciso desentrañar su lógica productiva (Kaimowitz, 1996). Varios autores se refieren al elemento de riesgo, inherente a la realidad de los productores y su racionalidad (Ramírez, 1996). Otros hacen hincapié en el saber de los agricultores, siendo éste el insumo principal en la agricultura integrada, y por lo tanto en un tipo de extensión que conlleva a su fortalecimiento. (Staver 93, Hruska 1994, Roling 1994). Es también la filosofía que orienta el actuar del proyecto CATIE-MIP NORAD.

Metodología

Se estudiaron varios niveles y actores, en su mutua interacción: productores, extensionistas e instituciones, bajo el supuesto de que la acción de los productores es influenciada por su relación con extensionistas y agencias de desarrollo. Esto se expresa en la hipótesis de base de que *los agricultores se dejan guiar por su racionalidad y estrategia productiva, aunque dentro de los condicionantes de su entorno económico, político e institucional.*
Con fines de comparación se seleccionaron cuatro grupos de productores organizados, con similitudes (todos son pequeños productores de café) y características contrastantes: Los grupos de San Lucas y Santo Domingo (ambos de las Segovias) son cooperativas que producen café certificado para el mercado orgánico. Esto implica cumplir con determinados requisitos de calidad, tipo de insumos y prácticas de manejo para recibir la certificación y un plus en el precio. Se trabaja en forma grupal (también hay parcelas familiares). Se recibe, desde hace seis años, asistencia por PRODECOOP (organización campesina de segundo piso), CLUSA un ONG, y el proyecto MIP. Mediante la llamada *parcela escuela*

se experimenta y capacita en nuevas practicas de manejo, y se muestra cual es el potencial de la cooperativa de aumentar los rendimientos del café. Los grupos Rancho Grande y Yasica Sur están en la zona de Matagalpa y reciben apoyo por UNICAFE, desde hace unos años. Son pequeños productores individuales, que se han asociado para acceder a asistencia técnica y de mercadeo (el grupo de Rancho Grande). Los productores de Yasica Sur aún están ligados con las tiendas comerciales y compradores del mercado tradicional. Por actividades en conservación de suelo y agua, han tomado consciencia de formas alternativas de fertilizar el suelo y cuidar las plántulas de café (la canavalia etc.) Los productores de Rancho Grande aspiran a entrar en el mercado orgánico, han bajado su uso de agroquímicos, están en búsqueda de nueva información y experiencias, lo que se viabiliza mediante una extensión de tipo horizontal (pasantías); este grupo puede ser caracterizado como de transición.

Se combinaron datos y técnicas de recolección, cuantitativas y cualitativas. Se indagó lo que los productores hacen, saben y difunden sobre MIP, y de cómo toman sus decisiones en materia de MIP y fitoprotección. Se acompañó la toma de datos mediante una encuesta, con la observación en el sitio de prácticas de manejo y fitosanitarias y con entrevistas abiertas. Se aplicó la técnica del grupo focal para poner en discusión los resultados preliminares y asuntos de interés común, tal como la relación con el mercado y las agencias de extensión.

Se definieron los componentes y expresiones de aplicación y apropiación de conocimientos MIP tales como recuento de broca, poda sanitaria, manejo de sombra, cobertura de suelo, control de maleza y otros; esos fueron recogidos mediante la encuesta y observación in situ; se consideró un agregado (índice) por productor y grupo; mediante el análisis discriminante se identificaron y analizaron las características y diferencias que más resaltaron.
La combinación/contrastación de diversas fuentes y técnicas de información, contribuyó al control de calidad, y la comprensión de los datos. Para el análisis y discusión de los datos, se retomaron las hipótesis y el marco teórico planteados.

Resultados y discusión
En San Lucas y Santo Domingo la gran mayoría aplica el conteo y graniteo de broca y el control biológico (*hongo, beauveria basiana*); el chapeo selectivo; la poda sanitaria; el manejo de sombra; la pulpa de café e insecticidas naturales (hoja de madera negro con estiercol). En Rancho Grande 15% aplica pesticidas; 50% monitorea la presencia de broca; 15% maneja las malezas; muchos aplican insecticidas naturales y unos experimentaron con el hongo beauvariano. En Yasica Sur 60% utiliza pesticidas, 25% hace recuento de brocas, 35% tiene canavalia en sus cafetales;. nadie hace chapeo selectivo; sí se conoce la bondad de la poda sanitaria y manejo de sombra para cuidar la salud de la planta. Se deja guiar mas por síntomas que por conocimiento de causas.

Se encontraron considerables diferencias en la aplicación de MIP.

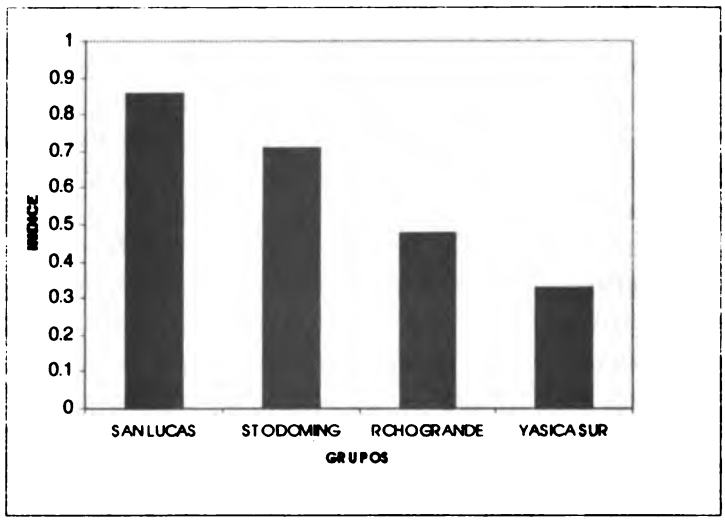


Figura 1. Indice de aplicación de conocimientos de MIP y fitoprotección en café. Nueva Segovia-Madriz y Matagalpa. Nicaragua. 1998.

Lo mismo, aunque en menor grado, fue el caso en cuanto a apropiación de conocimientos.

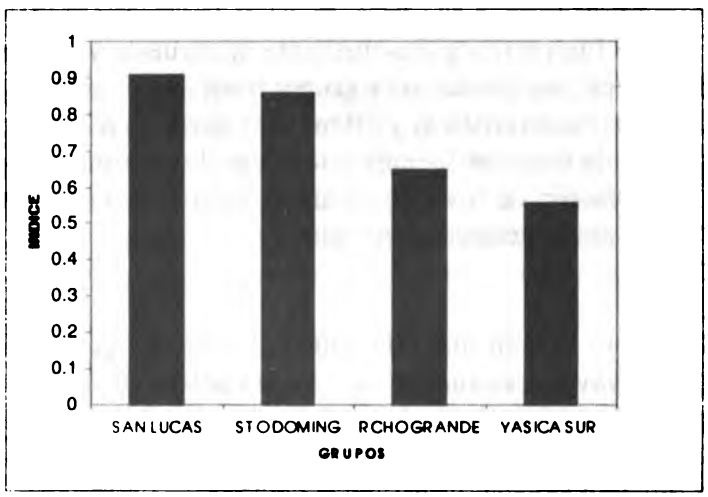


Figura 2. Indice de apropiación de conocimientos de MIP y fitoprotección en café. Por grupo de agricultores. Nueva Segovia-Madriz y Matagalpa. Nicaragua. 1998.

La menor diferencia (entre los grupos) en la apropiación de MIP expresa que el conocimiento de MIP por si solo, no basta para su aplicación. Los productores de Rancho Grande y Yasica Sur tienen ciertas nociones de MIP, obtenidas por emisiones radiales o por pasantías a otros productores, pero aún no se deciden, o lo aplican el sistema de forma incipiente, por falta de motivación y seguridad o por falta de conocimientos y destrezas sólidas. En este aspecto es de suma relevancia las diferencias en el manejo del riesgo, y en el cálculo de costos y beneficios de MIP por parte de los grupos.

La mayor parte de los productores de Yasica Sur acuden a las pesticidas, cuando observan un síntoma de una plaga. Por otra parte los grupos de San Lucas y Santo Domingo tienen un bagaje de criterios y practicas de manejo de plagas, mucho más amplio. En esto incide su mayor apropiación de MIP y su relación con el mercado orgánico, obligándoles a considerar practicas de manejo, alternativas.

Lo que es económicamente atractivo para unos, no lo es necesariamente para otros. Los productores de Yasica Sur no perciben todavía, la ventaja de bajar costos monetarios (por no comprar pesticidas) porque perder la cosecha es un costo económico mucho mayor. Esta visión se refuerza al no poseer aún, con otras formas validadas para manejar el riesgo de los pesticidas. El costo de tiempo adicional, implícito en MIP, lo consideran demasiado alto, en especial cuando se debe contratar trabajadores. Al contrario, los grupos de San Lucas y Santo Domingo consideran el tiempo necesario, como generación de empleo e ingresos para las familias de los socios. Además, lo ecológico les es económico: tiene un mercado bastante seguro con un mejor precio por su café; no tienen gastos de compra de agroquímicos; por la parcela escuela saben que es factible aumentar los rendimientos hasta 20 qq. por Ha. El grupo de Rancho Grande está en una posición intermedia: Tiene la suficiente motivación de cambiar sus prácticas, están en la búsqueda de nueva información y experiencias, pero les hace falta todavía mayor dominio de los criterios y prácticas de MIP, aunque se nota muy dinámico.

Unas conclusiones y lecciones aprendidas

- Racionalidad es un concepto relativo y dinámico: porque racionalidad se relaciona con el medio ambiento físico, social, económico e institucional particular en que opera una familia o comunidad; racionalidad y conducta productiva se modifican en el transcurso del tiempo, en la medida que los productores cambian de lugar (caso de colonos) o porque cambia su entorno: condiciones del mercado, política económica y paisaje institucional.
- Racionalidad campesina tiene un aspecto de saber (hacer), de interés económico y de valoración cultural. Conocimiento no basta para la adopción, ya que inciden, también, consideraciones culturales y de seguridad-rentabilidad, No obstante si un productor perciba la ventaja de un cambio tecnológico, hace cualquier esfuerzo para apropiarse de el, y no deja de aplicarlo, en forma experimental y paulatina.
- Aspecto clave de la racionalidad del productor es su aversión al riesgo. No se arriesga con una innovación cuando está en juego la subsistencia. La producción en condiciones de variabilidad e incertidumbre por clima, precios, políticas cambiantes, ya es riesgoso. Mientras no compruebe que un cambio es ventajoso, sigue con lo conocido. De manera que un aspecto crucial en promoción de MIP es ayudar a los productores a manejar el riesgo, dándoles mayor elementos de juicio y alternativas eficaces.
- En eso la el proceso de experimentación cumple un papel fundamental: los productores deben validar ellos mismos, la bondad de un cambio y hacer suyos nuevos conocimientos y destrezas, tomando acción.
- El cálculo económico del productor se relaciona con sus objetivos y aversión del riesgo.

- Precisa captar, también, sus experiencias y visión al futuro. La experiencia vivida es la base dura para el manejo de la finca, la visión al futuro y el deseo de superación, es un fuerte móvil de (buscar) nueva información, experimentación e innovación.
- En el estudio se captaron unas tendencias, ritmos y direcciones de cambio tecnológico y social, pero para profundizar en ellas, y hacer una proyección hacia el futuro, debe tomarse un horizonte mas largo y aplicar un enfoque longitudinal y procesal.

Literatura citada

Hruska A. Nuevos temas en la transferencia de tecnologías de manejo integrado de plagas para agricultores de bajos recursos. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. no 32.38-43 pag.

Kaimowitz. D. 1996. La investigación sobre manejo de recursos naturales para fines productivos en America Latina. BID, Departamento de Programas Sociales y Desarrollo Sostenible. División de Medio Ambiente. Washington DC. 62 pag.

Ramirez A, Mumford D,1996 Formulación de políticas fitosanitarias en América Central. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. no 40 pag. 24-34.

Roling N. 1994 Facilitating sustainable agriculture: turning policy models upside down. Beyond Farmers First. Scoones Ian et al. Pag 245-248.

Staver C. 1993. Una caficultura postmoderna: En vez de convencer a los productores que cambien sus técnicas de cultivo, demosle elementos para que mejoren su toma de decisiones. Proyecto CATIE/INTA MIP-NORAD.

EVALUACION ECONOMICA DEL SERVICIO DE SUMIDERO DE CARBONO EN DIFERENTES ECOSISTEMAS FORESTALES

Rosalba Ortiz[1], Markku Kanninen[2]
[1]Area de Economía Y Sociología Ambiental, CATIE
[2]Programa de Investigación, CATIE

Abstract
The way carbon sink services of forest ecosystems are perceived is an important issue in the political agenda of Climate Change. Even more, when the relationship between carbon stock and flux is not absolutely clear in terms of climate change, mitigation problems and those economic values. This document summarizes results from CATIE's economic research related to environmental services provided by forests in carbon sequestration. The objective of this study is to show the economic value of carbon sinks and reservoirs in different forest ecosystems and to compare the results in terms of economic benefits.

Introducción

La capacidad de fijación y almacenamiento de carbono de los bosques es reconocida como un servicio que brindan los bosques naturales y plantados a nivel global, de ahí la recomendación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de utilizar bosques para mitigar el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero.

Este documento recopila las experiencias del área de economía y sociología ambiental en la valoración del servicio de sumidero de carbono en ecosistemas de bosque natural y plantaciones. El objetivo del estudio es comparar los niveles de fijación y almacenamiento de carbono por ha en distintos ecosistemas de bosque tropical y mostrar los beneficios económicos para cada actividad productiva. Los estudios realizados se enfocan en bosques húmedos de tipo secundario, primario manejado y en plantaciones forestales en Costa Rica, Chile y Bolivia.

Metodología

El material de este estudio consiste de los siguientes estudios de caso:

1) Bosque primario de parcelas testigo y para dos sistemas de manejo (liberación y dosel protector) del sitio experimental "La Tirimbina", Costa Rica (Rodriquez, 1998),
2) Parcelas demostrativas para bosque secundario en los sitios experimentales Ian Hutchinson, Finca La Tirimbina, Finca Los Espaveles y el sitio experimental "El Cerro" de Florencia de San Carlos, Costa Rica (Ortíz et al., 1998),
3) Bosque subhúmedo estacional de Lomerío, en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia bajo dos escenarios de manejo (protección y manejo de bajo impacto) (Soliz, 1998),
4) Las plantaciones forestales de Costa Rica (Ramírez y Gómez, 1998), y
5) Las plantaciones forestales de Chile; almacenamiento y fijación actual y futuro bajo 5 escenarios de manejo hasta 2015 (Mery y Kanninen, 1998).

Cálculo del almacenamiento y fijación del carbono: Los detalles de los métodos varían según el estudio y están presentados en los reportes respectivos. Sin embargo, todos estos estudios han utilizado el siguiente marco metodológico y secuencia de trabajo: 1) estimación de biomasa total y el contenido de carbono en los árboles, 2) estimación del

crecimiento y productividad por unidad de área por sitios o tipos de bosque, 3) calculo de la potencialidad de almacenamiento y fijación bajo diferentes escenarios de manejo.

Valoración de fijación neta y almacenamiento de carbono: Los servicios de almacenamiento y fijación neta de carbono plantean diferencias en términos de su valoración. Para el servicio de almacenamiento (stock) de carbono se considera un precio por evitar que esas toneladas de C pasen o se liberen a la atmósfera, es decir se paga por evitar el cambio de uso y sus emisiones potenciales y en el caso de fijación neta (flux) de carbono, se valora la acción de remover partículas de Dióxido de Carbono (CO_2) que están actualmente en la atmósfera, y su valor se estima a través del costo de mitigación de remover esas partículas.

En la valoración del servicio del bosque como sumidero de carbono, se utilizaron dos precios de referencia: se consideró el precio máximo de mercado de US$10/MgC (1 Mg = 1 tonelada), precio negociado por Costa Rica en sus iniciativas en mecanismos de desarrollo limpio (MDL) con el gobierno de Noruega el cual se asume como un precio por el servicio de "almacenamiento de carbono". Los MDL se refieren a iniciativas cooperativas entre dos o más gobiernos con el propósito de reducir emisiones futuras de (CO_2) o para secuestrar CO_2 que actualmente se encuentra en la atmósfera. De esa forma un país emisor paga por la existencia o plantación de bosques en otro país con emisiones menores y la negociación entre Costa Rica y Noruega fue fase piloto en la estrategia mundial para legitimizar este tipo de transacciones.

Además, se utilizó el precio de US$154/MgC por el servicio de fijación neta de carbono que corresponde al máximo costo marginal social estimado para la mitigación de CO_2. El costo marginal social de mitigación se refiere al costo que para la sociedad tiene el mitigar una unidad adicional de CO_2 que va a la atmósfera. Usualmente se mide a través de un análisis costo beneficio que descuentan bajo la óptica de una tasa de actualización social (Fankhauser, S. and Tol, R. 1995).

Resultados

En términos de almacenamiento de carbono, los bosques primarios tienen ventajas comparativas respecto al bosque plantado y de tipo secundario (Cuadro 1). Los bosques primarios muestran acumulaciones de biomasa total por encima del suelo superiores a los 134 Mg ha^{-1} en promedio, que significan niveles de almacenamiento de carbono de 60 MgC ha^{-1}. En promedio, en bosques secundarios los mayores niveles de biomasa se presentan entre los 20 y 35 años edad, cuando llegan a 150 Mg ha^{-1}. En promedio, utilizando un estimado de 45% que representa el contenido de carbono por tonelada de biomasa (Brown. et al, 1989), esto significa un almacenamiento de carbono de 67.5 MgC ha^{-1}. Sin embargo, en edades menores a los 20 años y superiores a los 40 años, los niveles de biomasa se reducen a hasta 96 y 112 Mg ha^{-1} para un almacenamiento de 50 MgC ha^{-1}.

El bosque secundario muestra tasas de fijación neta anual promedio de 2.5 MgC ha-1 a-1, mientras que los bosques primarios manejados oscilan entre las 0.21 y 1.04 MgC ha-1 a-1 y las plantaciones muestran tasas de fijación neta anual desde 2.8 hasta 9 MgC ha-1 a-1 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Acumulación promedio de biomasa (Mg ha^{-1}), almacenamiento (MgC ha^{-1}) y fijación (MgC ha^{-1} a^{-1}) de carbono en ecosistemas forestales y su valoración.

Ecosistema Forestal	**Tasa fijación promedio (MgC ha^{-1} a^{-1}) (a)**	**Biomasa promedio por ha (Mg ha^{-1}) (b)**	**Almacenamiento de C (MgC ha-1) (c) =(b)*0.45**	**Valor de MgC = $US10 precio de negociación Costa Rica) d=(c)*10**	**Valor en términos de mitigación de CO_2 ($154US/ MgC ha^{-1}); e=(a)*154**
Bosque primario Fincas testigo (Costa Rica)	0.83	117.6	67.9	679	127.8
Bosque primario intervenido, Dosel Protector (Costa Rica)	0.21	121.3	54.5	540,5	32.34
Bosque primario intervenido de Lomerío (Bolivia)	1.04	153.6	69.1	690	160.16
Bosque secundario (Costa Rica)	2,5	150	52	520	385
Plantaciones (Chile)	2.8	144.5	65	650	431.2
Plantaciones (Costa Rica)	4	..	..	..	616

Fuente: Elaboración propia a partir de estudios de caso del área de economía del CATIE.

El valor secuestro de C como medida de mitigación es menor por ha., pero su periodicidad debería ser anual; el valor de fijación o secuestro neto está entre $US385 y $US616/MgC ha^{-1} en bosques secundarios y plantaciones, y alcanza solamente la mitad de este valor en el caso de bosques primarios. Las diferencias son menos significativas en el caso del almacenamiento de C donde bosques plantados y secundarios muestran valores de $520 a $600 MgC ha^{-1} y los bosques primarios de US$690 MgC ha^{-1}; a diferencia del valor de mitigación este valor podría ser negociado por intervalos de tiempo de hasta 20 años (negociación MDL Costa Rica-Noruega) (Cuadro 1).

Conclusiones

Si se considera la mitigación del CO_2 que actualmente está en la atmósfera, los bosques secundarios y plantaciones forestales tienen gran justificación en medidas tendientes a la mitigación. En este sentido se puede argumentar que el pago por este servicio debería ser superior en ecosistemas de bosque secundario y plantado, en comparación con bosques de tipo primario donde los crecimientos son más estables y a tasas menores.

Evitar futuras emisiones o liberación de C por cambios o alteraciones bruscas de ecosistemas forestales, llama especial atención sobre ecosistemas de bosque primario que almacenan mayor cantidad o stock de carbono por ha., en comparación con bosques

naturales secundarios y los plantados. Por lo tanto, el pago en este caso debería favorecer los ecosistemas de bosques primarios.

La forma de negociar los proyectos tendientes a desarrollar MDL entre dos países, deben considerar el tipo de servicio que ofrece el país dueño de bosque (fijación neta o almacenamiento) lo que va a determinar el monto de pago y la periodicidad del mismo. Proyectos que estimulan bosques con crecimientos netos cada año deberían recibir pagos mayores porque están mitigando CO_2 atmosférico además de evitar potenciales emisiones futuras.

Bibliografía

Brown, S., Andrew, G., Lugo, A. 989. Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. Forest Science 35:881-902.

Fankhauser, S. and Tol, R. 1995. Recent Advancements in the economic assesment of climate change costs. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE) and Vrije Universiteit, Amsterdam. CSERGE-Working Papers No.31. 38 p.

Finegan, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales No. 5. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.

Mery, G., Kanninen, M. 1998. Las plantaciones forestales y el secuestro de carbono en Chile. Trabajo especial. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 14 p.

Ortiz, R., Finegan, B., Ramírez, O. 1998. Bosque secundario de Costa Rica: opción económica para iniciativas de implementación conjunta para reducir el CO_2 atmosférico. Revista Forestal Centroamericana (Sometido).

Ramírez, O. and Gómez, M. 1998. Economic Value of the Carbon Sink Services of Costa Rica's Forestry Plantations. Aceptado en Revista Forestal Centroamerica, CATIE.

Rodríguez, L. 1998. Implicaciones económicas del almacenamiento de CO_2 en un bosque húmedo tropical de Costa Rica, bajo diferentes estrategias de intervención. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE.73p.

Saldarriaga, J., Darrel, W., Tharp. M. 1988. Long term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro, Colombia and Venezuela. Journal of Ecology 76:938-958.

Solíz, B. 1998. Evaluación económica del almacenamiento y fijación de carbono en un bosque subhumedo estacional de Santa Cruz, Bolivia. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 113 p.

EL BALANCE DE CARBONO Y SU VALOR ECONÓMICO EN UN BOSQUE SUBHUMEDO ESTACIONAL DE SANTA CRUZ, BOLIVIA

Bruno Soliz[1], Markku Kanninen[2], José Joaquín Campos[3], Juan Antonio Aguirre[1]
[1]Area de Socioeconomía, CATIE
[2]Programa de Investigación, CATIE
[3]Area de Bosques y Biodiversidad, CATIE

Abstract

The carbon content and time-dependent carbon balance functions of a sub-humid forest at Lomerio, Santa Cruz, Bolivia (21 000 Has.) are estimated under two different management scenarios: no logging (protection) and low-impact logging. Five methods were used to estimate the value of the carbon sequestered: 1) mean international market value, 2) market value paid in Bolivia, 3) mean hectare cost when the forest is under conservation, 4) opportunity cost for timber not harvested, and 5) combination of the criteria 3 and 4. The biomass expansion factor for the 12 species studied varied between 1.20 and 3.33 with a mean value of 2.4. This is higher than values reported for tropical forests in general, but in the range of values reported for open forests. The mean carbon content of the 12 species studied was 43%. The economic carbon balance of the forest was simulated for a period of 35 years. The mean carbon pool of the forest was 1.5 Tg C, and the mean per hectare carbon pool was 68 Mg C. The economic returns from forest management at Lomerio increased considerably when the value of the carbon sequestered was taken into account.

Introducción

Muchos autores coinciden en señalar que los bosques naturales de la tierra, además de productos maderables, proveen otros beneficios a la sociedad, llamados servicios ambientales y entre los que se tienen a los siguientes: provisión de agua, protección de cuencas hidrográficas y suelos, conservación de la biodiversidad, belleza escénica, provisión de productos no maderables y regulación del clima global a través del secuestro de carbono. Mientras tanto, los bosques en Bolivia, suman un total aproximado de 53 millones de ha., constituyéndose por este motivo en un recurso natural relativamente abundante.

Los productos de mayor importancia económica generados por los mismos son la madera, la castaña y el palmito, mientras que sobre los servicios ambientales que generan estos bosques y específicamente sobre el servicio de almacenamiento y fijación de carbono, la información es todavía escasa.

El objetivo de este trabajo de investigación aproximar la cuantificación y valoración económica del servicio ambiental de almacenamiento y fijación de carbono que provee el bosque subhúmedo estacional de Lomerío, ubicado en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Este trabajo se basa en una tesis de M.Sc. del CATIE (Solíz, 1998).

Metodología

Para definir el contenido de carbono de las especies existentes, se midió la biomasa área total (fuste y copa) de 12 árboles, correspondientes al mismo número de especies. Luego, se determinó el contenido de carbono en muestras de madera de las especies seleccionadas. Con ambos trabajos se logró determinar el Factor de expansión de biomasa comercial a biomasa aérea total (FEB) y el factor de conversión de biomasa a carbono (FCC) para estas 12 especies; ambos factores fueron utilizados luego en la estimación del stock y flujo de carbono del bosque de Lomerío. Seguidamente, estos componentes y los procesos derivados del plan de aprovechamiento anual para la extracción de madera, sirvieron como insumos para realizar la simulación del balance de carbono en el bosque de Lomerío, para un período de 35 años, lapso de tiempo igual al ciclo de corta establecido en el plan de manejo forestal de la zona.

Una vez determinado el balance de carbono para este bosque, se realizó la valorización económica del servicio ambiental, para lo cual, se utilizaron 5 criterios de valoración, los cuales fueron: el precio internacional promedio pagado por este servicio ambiental, el precio pagado en Bolivia, el costo promedio por ha. para mantener y conservar un área protegida en Santa Cruz al asumir el bosque de Lomerío como tal, el costo de oportunidad de la madera no aprovechada y finalmente una combinación de los dos últimos criterios. Se analizó el efecto de incluir los beneficios de venta de carbono en el análisis financiero de la actividad forestal en la zona y se realizó un análisis de sensibilidad para determinar el efecto de diferentes tasas de descuento sobre el valor/precio a pagar por tonelada de carbono almacenado y fijado.

Resultados

Los resultados indican un factor promedio de expansión de biomasa (FEB) para las especies evaluadas de 2.4, el mismo que guarda relación con factores de expansión de biomasa comercial a biomasa total de 2.7 y 3.1 para bosques abiertos, utilizados en trabajos anteriores. A su vez, este resultado es diferente al factor promedio de expansión de biomasa de 1.6 utilizado para la estimación de biomasa total en bosques húmedos tropicales (Brown y Lugo, 1984). El contenido de carbono presente en las muestras de madera de las especies estudiadas varió entre 35.5 % y 45.1%. Como promedio ponderado del contenido de carbono para las 12 especies estudiadas se tiene un valor de 43 %.

El flujo de carbono se presenta en la Figura 1. El contenido de carbono en un bloque de manejo se presenta en la Figura 2. Para un período de 35 años, el balance de carbono para el total del bosque sometido al plan de manejo forestal (21,727 ha.) (35 bloques de manejo) dio como resultado una cantidad anual promedio de carbono almacenado y fijado en los árboles de 1,48 Tg, mientras que la cantidad anual promedio por hectárea resultó a 68 Mg (Figura 3). Ambas cifras se utilizaron luego en la valoración económica del servicio ambiental.

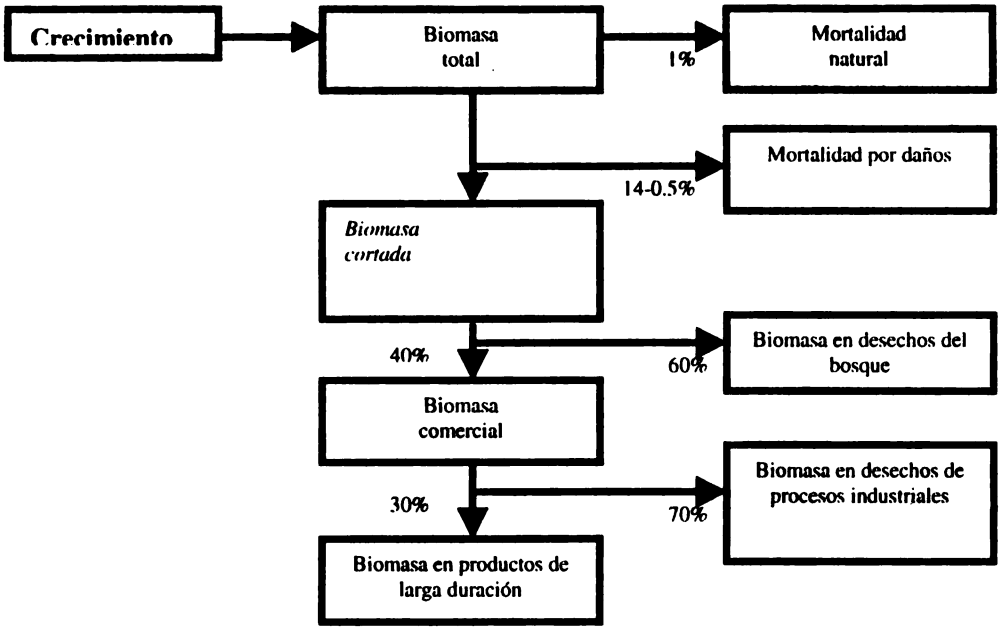


Figura 1. Flujos de carbono en el bosque de Lomerio, Santa Cruz, Bolivia.

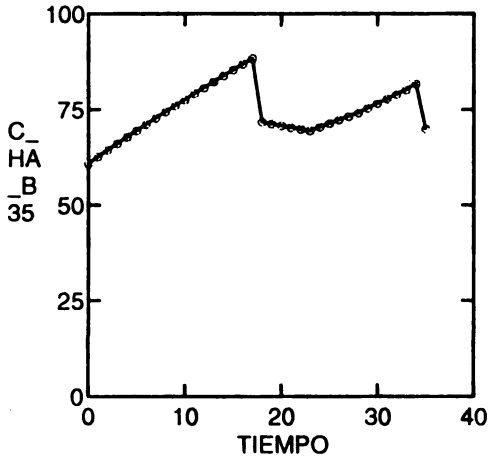


Figura 2. Contenido de carbono por hectárea (Mg) en un bloque de manejo el bosque de Lomerio, Santa Cruz, Bolivia bajo manejo forestal (cortas a las edades 17 y 35 años).

Los resultados de la simulación del balance de carbono, demuestran que el manejo forestal aplicado en la zona, garantiza no sólo el mantenimiento del stock de carbono en el bosque, sino que también garantiza un incremento del mismo durante todo el ciclo de corta.

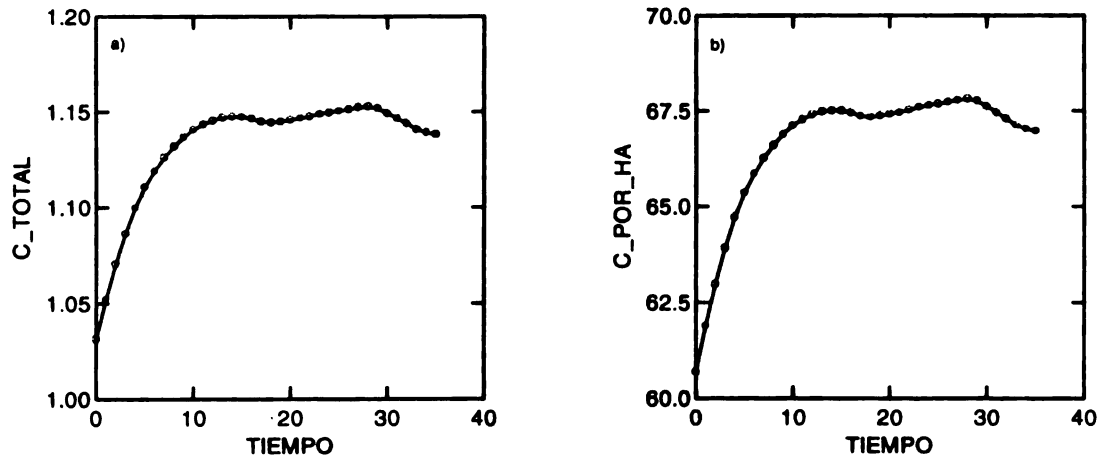


Figura 3. (a) Balance de carbono (Tg), (b) Contenido de carbono por hectárea (Mg) en el bosque de Lomerio, Santa Cruz, Bolivia bajo manejo forestal.

La rentabilidad de la actividad forestal en Lomerío, se incrementa considerablemente cuando se incluye en el análisis financiero los beneficios obtenidos por una venta potencial del servicio de almacenamiento y fijación de carbono. Esto se comprueba por el hecho de que el Valor Actual Neto de este análisis (utilizando una tasa de descuento de 18%), se incrementó en un 20, 36 y 181% con respecto a su valor original (sin pago por servicio ambiental), utilizando precios de 0.56, 1.0 y 5.0 dólares por tonelada de carbono, respectivamente.

Hay que recordar, sin embargo, que los resultados dependerán, en gran medida, de la tasa de descuento que se utilice y por lo tanto, cualquier decisión sobre este tema debe estar debidamente justificada.

De acuerdo con los resultados y conclusiones obtenidas en el presente estudio, se recomienda al gobierno boliviano, emprender las acciones necesarias para negociar la venta del carbono almacenado y fijado en el bosque de Lomerío, como una forma de compensación por la mitigación del carbono emitido en otros sitios.

Literatura citada

Brown, S. & Lugo, A. 1984. Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes. Science 223:1290-1293.

Solíz, B. 1998. Evaluación económica del almacenamiento y fijación de carbono en un bosque subhumedo estacional de Santa Cruz, Bolivia. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 113 p.

CAMBIO E INNOVACION TECNOLOGICA EN TIEMPOS DE ESCASEZ, ESTRÉS Y NUEVAS OPORTUNIDADES

Kees Prins, Rossana Lok, Dean Current
Area Socio-Economía

Abstract
The article pretends to contribute to the comprension of key factors and process at the basis of technological change and innovations so as to clarify and enhance the role and projection of CATIE. It does so by means of two paradigms: 1) the presence of new oportunities in moments of scarcity and stress, and 2) the necessary interaction and transaction of social actors, to interconnect these positive and negative conditions. The paradigms are abstracted from literature, historical analisis and proper experience, and validated through some projects by CATIE. Some conclusions for policymaking, are drawn.

Introducción

La ponencia pretende contribuir a la investigación de los aspectos socioeconómicos del cambio tecnológico. Se aborda la pregunta (y componente de sublínea 3): ¿Cuáles son los factores y procesos clave que condicionan la adopción y diseminación de sistemas y tecnologías de manejo de recursos naturales y agricultura sostenible, propuestas por el CATIE? Para tal fin utilizamos, como la luz de un faro, los siguientes dos paradigmas:

1. Las innovaciones se dan y difunden cuando ocurren en la sociedad y comunidades situaciones de escasez y estrés, por un lado, y nuevas opciones y oportunidades por otro lado. Esta dialéctica de condiciones negativas y positivas crea una coyuntura propicia para la innovación y difusión tecnológica, de forma objetiva y subjetiva.

2. Para que esas condiciones coincidan y que produzcan innovación y difusión, se precisa: *una debida interacción y transacción entre los actores sociales quienes tienen que ver con y deben cumplir un papel en la superación de un problema eje, social y cognoscitivo.* A su vez, interacción y transacción implican una clara definición de los papeles de los actores y *an interface* que facilita la comunicación. En esta concepción el papel principal de la extensión es el de facilitar la experimentación de los productores y su acceso a nuevas fuentes de información, para aumentar su capacidad de toma de decisión e innovación. (Roling. 1994, Engel. 1998, Prins.1999).

Ambos paradigmas se nutren de la literatura, una visión histórica de la cuestión y nuestra propia experiencia profesional. Los validamos mediante un par de proyectos realizados por el CATIE.

La perspectiva histórica

Una perspectiva histórica ayuda a captar la dinámica del cambio tecnológico y los factores y procesos que están en su base. Así, la demógrafa Boserup encontró que el factor demográfico ha sido un factor crucial para el aumento de la producción alimentaria en la historia. La relativa *escasez* de la tierra, llevó a su uso más intensivo y a innovaciones tales como: semilla mejorada, rotación de cultivos, medios de tracción más potentes, sistemas de riego, entre otros (Boserup 1965).

En un estudio comparativo del desarrollo de la ciencia y tecnología en China, India y el Occidente, Alvarez (1980) analizó los cambios tecnológicos que ocurrieron durante la Revolución Industrial. Estos estuvieron relacionados con *escasez* de energía y alimentos: los bosques, fuente principal de energía, estuvieron casi agotados y la tierra usada para alimentar los millones de caballos (otra fuente de energía) se precisaba para producir alimentos para la creciente clase trabajadora. Carbón mineral y energía de vapor, en interacción sinérgica, resultaron ser una alternativa tecnológica adecuada para superar esa situación de escasez y estrés. La demanda de la nueva tecnología conllevó a una serie de invenciones y la cooperación de capitalistas, empresarios e inventores, en el proceso.

La Revolución Verde y el *boom* de estudios de difusión deben contextuarse en la coyuntura que se dio después de la segunda guerra mundial (Rogers 1995)[3]. Había una demanda social y política, en los Estados Unidos y Europa, por aumentar la producción agropecuaria. El modelo se trasladó al Tercer Mundo para combatir subdesarrollo y hambre. Variedades híbridas, paquetes tecnológicos y un sistema de extensión lineal causaron un gran impacto en productividad, aunque tuvieron también unos efectos contraproducentes en materia de equidad social, y la conservación y diversificación de los recursos productivos.

La conservación ambiental es un ítem social y científico, históricamente aún mas reciente. Surge por la consciencia de que muchos recursos, que antes se había considerado infinitos, de hecho son muy *escasos* y de gran valor. En menos de cuatro décadas se dio un cambio considerable en el paradigma de desarrollo y surgieron nuevos conceptos tales como 'sostenibilidad'.

Los desafíos, hoy día, para el CATIE

El reto es inmenso: deben lograrse, a la vez, objetivos de crecimiento económico, bienestar social[4] y conservación ambiental Se debe alimentar a las generaciones de hoy y mañana. La lucha contra la pobreza debe ir a la par con la lucha por la conservación.

EL CATIE se sitúa en esta nueva disyuntiva y desafío, considerando su lema, visión, y misión. Por eso debe agudizarse su visión y hacerse más operativa su misión. CATIE ha estado desarrollando una gran variedad de prototipos de tecnología y sistemas que tienen como denominador común: La búsqueda de una óptima combinación de especies, nutrientes y tratamientos culturales, dentro de determinados ecosistemas para, por efecto sinérgico, producir mayor cantidad de energía (alimentos) conservándose la base productiva.

Quedan muchos retos en materia de proyección: Cómo conectarse mejor con los usuarios potenciales? Cómo reconocer cuando la escasez crea oportunidades de introducir nueva

[3] El mismo libro de Rogers (editado en 1962) se sitúa en esa coyuntura y paradigma de desarrollo y ciencia, aunque debe reconocerse que su pensamiento ha evolucionado: enfatiza la interactividad en la comunicación e innovación, y la importancia de un análisis de procesos y redes de comunicación para entender la adopción; considera ahora *indigenous knowledge* como un vehículo de innovación en las comunidades, y amplió su interés a cuestiones de equidad y agricultura sostenible.

[4] Con este respecto es significativo y meritorio que el premio Nobel de economía en 1998, ha sido dado al economista y filosofo hindu, Amertya Sen quien se ha esforzado en combinar valores de crecimiento con parámetros de bienestar (incluyendo capacidad y participación). Ver Index de Desarrollo Humano de PNUD.

tecnología? Cómo retroalimentar la investigación con las reacciones de los usuarios? Cómo ser lo más relevante y eficaz posible, en términos sociales?

Para reforzar el puente y la comunicación de doble vía entre el CATIE y los usuarios, vale aterrizar en su realidad y profundizar en su forma de actuar y pensar. Precisa comprender, particularmente, en qué contexto ellos innovan y se abren a nuevas opciones tecnológicas. Para eso reflexionamos en unos casos, tomados de la experiencia de CATIE. Encontramos, en su diversidad, también regularidades de acuerdo a los paradigmas formulados en lo anterior[5].

Dos casos de experiencias de CATIE

El Proyecto CATIE/GTZ y la extensión entre los Ngöbe de Valle de Riscó, Panamá.

Los bajos precios del cacao y las pérdidas provocadas por la monilia llevaron a muchos agricultores Ngöbe a practicar un manejo mínimo en sus cacaotales y a buscar fuentes alternativas (causando grandes olas migratorias) para generar ingresos (Calvo *et al.* 1999; Pastrana, 1999). Esto dejó muchas familias indígenas en grandes deudas con el banco nacional del país, el cual había promovido y financiado el establecimiento de los cacaotales en la zona. En un esfuerzo para recuperar parte de la deuda, el gobierno panameño fomentó la rehabilitación de los cacaotales, acción que se concretó en el área de Changuinola a través de un Convenio entre el Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ y la Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá (antes INRENARE). En Valle de Risco, la rehabilitación de los cacaotales y el establecimiento de sombra de laurel fue bastante exitoso. Diversos factores interactuaron y contribuyeron a esto: existía una fuerte estructura comunitaria, la cual sirvió de base para estimular la organización de la gente y fomentar el autodesarrollo. Este se vio fortalecido por el reconocimiento local del valor de los recursos naturales: "*nosotros somos Ngöbe, porque tenemos estos recursos. El día que desaparecen nuestros bosques, ya no existiremos como pueblo*". La amenaza de pérdida de los recursos naturales se vio como una amenaza a la identidad étnica del pueblo. Además, varios hombres jóvenes de la comunidad se han aprovechado de las políticas nacionales de educación para lograr un título de técnico agrícola. Esto ayudó a crear una "Asociación Agroforestal del Valle de Risco" que guía y define el manejo de los recursos naturales en la comunidad. La Asociación es dueña de una finca modelo agroforestal, y de una casa en la cual se dan capacitaciones y se organiza el trabajo de rehabilitación de los cacaotales. Una vez al mes se trabaja por turnos en el cacaotal de un socio, siendo esto una forma de ayuda mutua, tradicional. También se logró que el cacao que se cosecha se venda en Almirante como producto orgánico a la Cooperativa de Cacao Bocatoreña (COCABO) a un precio 30% superior al del cacao convencional (Calvo *et al.* 1999). Escasez y estrés, acceso a nuevas oportunidades, y la interacción de extensionistas de la comunidad y de afuera, se coadyuvaron para la adopción y adaptación de la innovación tecnológica (las prácticas usadas en rehabilitar los cacaotales) en el marco de un proceso de autodesarrollo comunal.

---

[5] Esta selección puede complementarse con otros casos encontrados en la practica profesional o la literatura, así Sietcheping 1998 o Cruz 97. En este ultimo documento de FTPP/FAO se documenta una serie de casos de innovación en comunidades en América Central. En todos los casos estudiados había una especic de crisis a la base del cambio, pero para que se diera este cambio, debía haber unas condiciones determinadas dentro de las comunidades y una ligazón fructífera entre factores/actores endogenos y exogenos.
Debemos agregar que los casos que seleccionamos son casos positivos y de *good practice*. Para una visión mas balanceada de los factores que conducen a innovación, también debe estudiarse casos menos logrados

Madeleña y los trabajos en Hojancha, Guanacaste, Costa Rica

En la década de 80 se dio, en ese cantón una crisis en la economía, producto de la caída de los precios de carne y de la depredación ambiental tal como deforestación y agotamiento de los nacientes de agua. Era imprescindible repensar el modelo de desarrollo y diversificar la economía en aras de rentabilidad y sostenibilidad. Se logró concebir y materializar ese proyecto gracias a una dinámica organización y cultura, local, mediante la cual se logró juntar las fuerzas vivas de la zona, y establecer relaciones dinámicas con agencia externas, entre las cuales CATIE. Como parte del proyecto de diversificación se introdujo, en forma experimental, nuevas especies y prácticas (agro)forestales en las fincas y los caseríos. Al trabajo de base se agregó la acción al nivel político. Formando una masa crítica, social y científica, se logró cambiar la política y legislación forestal, obteniendo incentivos forestales en reforestación para pequeños y medianos finqueros, lo que retroalimentó la labor de base y estimuló fuertemente, la difusión de practicas (agro)forestales a otras zonas de la península. La situación de estrés y la percepción de la necesidad de cambio, causó inquietud en la población, y estimuló la búsqueda de nuevas alternativas, a que CATIE y demás agencias respondieron bien. (Campos *et al.*, 1991, Current 1998, Cruz 1998).

Son apenas dos casos tomados de la experiencia de CATIE, aunque de ninguna manera son los únicos: los viveros comunales en El Salvador; las prácticas silvopastoriles en Tilarán, Costa Rica; la inserción de árboles en las fincas de Maquina, Guatemala; MIP en tomate en Nicaragua, muestran patrones muy simulares a los dos casos elaborados: escasez y estréss, búsqueda de nuevas alternativas y un dinámico y fructífero proceso de interacción por una variedad de actores sociales.

Conclusiones

- Es un reto para CATIE operacionalizar más su visión y misión, y proyectarse a la región.
- CATIE debe estar atento y permeable a los procesos que se dan en los países y comunidades para así aprovechar mejor las demandas y oportunidades a la hora de introducir tecnologías sostenibles para el manejo de recursos naturales y productivas;
- Asimismo, para obtener más pistas para la proyección externa de CATIE vale ampliar y diversificar el bagaje conceptual e instrumental, científico, en el área social;
- Los paradigmas dados en esta ponencia, ayudan a enfocar la mirada en esa perspectiva.
- El quehacer de CATIE se sitúa entre los dos polos de escasez y estrés de recursos, y la oferta de nuevas opciones tecnológicas;
- Para hacer coincidir demanda y oferta de nuevas tecnologías y reforzar la comunicación de doble vía entre CATIE y la realidad social que lo rodea, debe profundizarse en la dinámica del cambio social y tecnológico, la realidad de las comunidades campesinas, los procedimientos de la toma de decisión productiva, las rutas y redes de generación y difusión de tecnología mejorada, y procesos de interacción, transacción e interface entre los actores sociales relacionados con un problema fundamental. Estos temas de índole procesal y cualitativa deben ser materia de estudio con un enfoque metodológico adecuado;
- En esa perspectiva y dentro de la concepción de *Agricultural Knowledge Management*, (RAAKS) la Investigación Participativa debe tener un sitio natural e institucional.

Literatura citada

Alvares, C. 1980. Homo Faber. Technology and Culture in India and the West. Nijhof, The Hague.

Boserup, E. 1965. The Conditions of Agricultural Growth: the Economics of Agrarian Change under Population Pressure, Chicago Press.

Calvo, G.; MÈndez, E. y Ortiz, M. 1999. El proceso agroforestal participativo de Valle de Risco en Bocas del Toro. En: Agroforesterìa en las Américas, vol. 6 no. 21 (*en prensa*).

Campos, O.; Rodríguez, E. y Ugalde, L. 1991. Desarrollo Agropecuario Sostenible en la Región de Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. *In*: Agricultura Sostenible en las Laderas Centroamericanas. Oportunidades de colaboración interinstitucional. CIAT, IICA.

Cruz, J.C. 1998. (Editor): La gente puede. Procesos de innovación local y construcción de conocimientos sobre manejo local de recursos naturales. versión preliminar. FTPP/FAO, San José, Costa Rica.

Current, D. 1997. Los sistemas agroforestales generan beneficios para las comunidades rurales? *In*: Agroforestría en las Américas, vol 4, no 16.

Engel, P. 1998. Facilitando el Desarrollo Sostenible: Hacia una extensión Moderna? *In:* Memorias del taller: situación actual y perspectivas del complejo transferencia de tecnología, asistencia técnica y extensión agropecuaria. Coronado, Costa Rica 3-5 diciembre 1997. IICA.

Pastrana, A. 1999. El componente arbóreo en sistemas agroforestales tradicionales: prioridades y potencialidades de los indígenas Ngöbe: La Gloria, Panamá. Tesis de maestría, CATIE, Costa Rica.

Prins C. 1999. Creando condiciones para aumentar calidad, cobertura e impacto en la Agroforestería Latinomaricana. Editorial de Agroforestería en las Américas vol. 6 no 21 (*en prensa*).

Rogers, E.V. 1995. Diffusion of innovations. (4th ed.) New York, Free Press.

R^ling, N. 1994. Facilitating sustainable agriculture: turning policy models upside down. *In:* Scoones, I. *et al.* (ed.). Pp. 245-248. Beyond Farmers First.

Sietchiping. R. 1998. Peasant Ingenuity and Innovation in the Face of Crisis. IKDM , volume 6, issue 3.

APLICACIÓN DE SIG (SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA) PARA LA TOMA DE DECISIONES

Jeffrey R. Jones
Area de Socioeconmía, CATIE

Abstract
The ability to overlay data sets in a Geographical Information System (GIS) is a very attractive for many different kinds of research and applications in resource management. Unfortunately, the use of GIS is often limited by the high training investment required to derive its benefits. The development of object oriented programming provides an opportunity to reduce training requirements, and improve the utility of GIS by packaging together powerful, focused functions in programs with simple user interfaces. This approach requires high investment at the initiation of the GIS, but is more generally characterized by low costs of operation.

Introducción

El uso de SIG se ha caracterizado por la necesidad de altos niveles de capacitación por parte de los operarios y usuarios de los sistemas que ha alejado la capacidad de SIG de los individuos responsables de tomar decisiones. Es difícil mantener un nivel de capacitación suficientemente alta para permitir el uso generalizado de estos sistemas (Aronoff 1989), y es igualmente raro que el director de cualquier organización puede dedicar tiempo para manejar estos sistemas. Sin embargo, la utilidad del SIG es obvia e intuitiva, ya que la caracterización y definición de áreas geográficas es un proceso básico en casi toda clase de investigación agronómica. Mas allá de las instituciones de investigación, hay una fuerte necesidad para caracterización y organización geográfica de la para toda clase de implementación tecnológica. El desarrollo de lenguajes de programación basados en objetos provee una oportunidad para realizar el potencial de SIG en la toma de decisiones por medio del acercamiento de los resultados a las personas que los pueden utilizar.

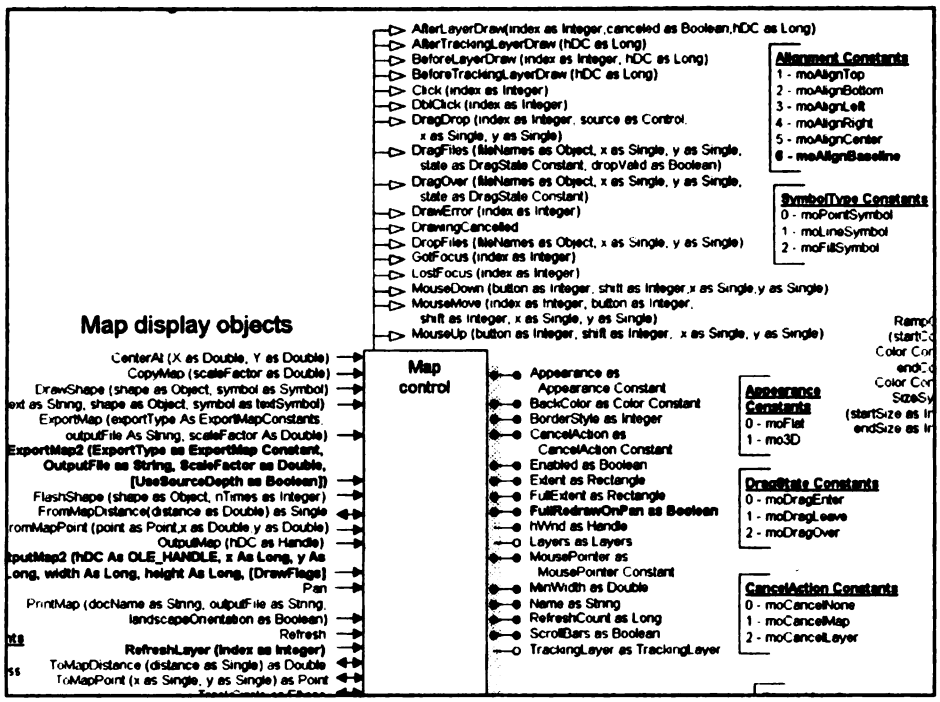
Lenguajes de Cuarta Generación

Los lenguajes en base de objetos (como Delphi, Visual Basic, Power Builder, C++) son clasificados como sistemas RAD ('desarrollo rápido de aplicaciones') porque eliminan la necesidad de programación para muchas de las funciones básicas de aplicaciones, que son homogéneas para muchas aplicaciones (McConnell 1994, Carmichael 1993).

Los objetos conforman una estructura estándar. Los elementos son:

1. 'métodos' - las acciones que el objeto puede efectuar, como leer y comparar valores (flechas negras, rellenas en Diagrama 1)
2. 'propiedades' – variantes de presentación o estructura básica (como ubicación, color, etc) (círculos en Diagrama 1)
3. 'eventos' – la modalidad interactiva de programas modernos se logra a través de proveer respuesta del programa a eventos generado por el usuario, tal como apretar un botón en el ratón (flechas sin relleno en Diagrama 1)

Diagrama 1 : Detalle de diagrama de objeto de Mapa



Los lenguajes comerciales se distribuyen con 'librerías' básicas de objetos para manejo de texto, bases de datos, archivos, etc. Estas librerías se complementan con librerías comerciales especializadas que dan capacidades geográficas, por ejemplo. El valor comercial de estos programas es que convierten el proceso de creación de programas complejos de una cuestión de meses o años a unas semanas o meses.

MapObjects es un objeto comercial, distribuido por una de las corporaciones de software SIG más grandes en el mundo. El uso de MapObjects no elimina la necesidad para programación, pero permite el ahorro de tiempo en aspectos rutinarios del programa. La programación más difícil se limita a las funciones únicas de la aplicación. Por ejemplo, una aplicación con MapObjects utiliza objetos estándares para buscar archivos, manejar bases de datos, presentar mapas, o combinar capas de datos. El trabajo mas fuerte es la provisión de capacidades especificas de búsqueda, la presentación de los resultados de búsquedas, la formulación de resultados impresos, entre otros. Sin el uso de objetos, la cantidad de programación para abrir un archivo es parecida a la requerida para ejecutar una función más importante como el calculo de cambios en uso de la tierra dentro del programa. El beneficio de trabajar con objetos es la eliminación de trabajo rutinario, y la facilidad de enfocar los esfuerzos de cualquier proyecto en las rutinas más importantes.

El módulo PROSEFOR para acceso a datos de semilla forestal

El proyecto PROSEFOR, ejecutado por el CATIE con financiamiento de DANIDA, promueve el uso de semilla forestal mejorada. El éxito de este proyecto resultará en el aumento de eficiencia de producción en plantaciones forestales, y así disminuirá la presión de la demanda de madera sobre el bosque tropical. PROSEFOR busco una solución SIG

que facilitara la búsqueda de semilla apropiada por los productores interesados en la reforestación.

Tres funciones básicas fueron definidas para el módulo PROSEFOR;
1. búsquedas geográficas generales
2. búsquedas por características en la base de datos
3. impresión de mapas que indican la ubicación de las fuentes de semilla

Las búsquedas geográficas se hacen por medio de apuntar el cursor en el marcador para una fuente de semilla, y apretar un botón. El registro correspondiente de la base de datos se presenta en la pantalla, con información sobre la especie, ubicación, dueño, etc. También se puede buscar por características en la base de datos, por ejemplo todos los registros para Tectona grandis, o todas las fuentes que están en la zona de vida Bosque Húmedo Tropical.

Proyecto SIG Turrialba

Las municipalidades de América Latina están en un proceso de adquirir mas poder de decisión sobre muchos aspectos del manejo de recursos. Muchas de estas decisiones requieren información geográfica, sobre cercanía a ciertos recursos, áreas afectadas, la ubicación de parcelas y propietarios, etc. Sin embargo, las nuevas responsabilidades no vienen acompañados por las herramientas para enfrentarlas, y los funcionarios municipales se ven en necesidad de nuevos análisis y capacidades de comunicación.

Esta situación motivó a la municipalidad de Turrialba a solicitar el apoyo técnico al CATIE para modernizar sus capacidades. Un análisis inicial de las condiciones llego a una serie de características necesarias para el sistema;
1. necesita ser fácil de manejar
2. debe de integrar información de diferentes dependencias de la municipalidad
3. hay que facilitar la integración de información de servicios y datos fiscales
4. hay que incluir una capacidad de análisis de ciertos problemas ambientales, tales como inundaciones, fuentes de agua potable, etc

La estrategia adoptada fue la de crear un sistema experto en base de las capacidades de apoyo local. Este sistema se diseñará con insumos de las diferentes instituciones; entre otras, la Comisión Nacional de Emergencias ha hecho estudios de condiciones de riesgo dentro del pueblo, el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanización tiene lineamientos para la planificación municipal, el Ministerio de Hacienda está dispuesto a proveer información sobre contribuyentes de datos nacionales, el CATIE y la Universidad de Costa Rica tienen resultados de investigaciones sobre desastres locales.

Los datos de las diferentes instituciones serán incorporados en capas de datos geográficas, o en sistemas de análisis como insumo para la toma de decisiones sobre temas de desarrollo municipal. El sistema se consistirá en una especie de sistema experto donde se provee una manera para que personas con poca familiaridad en asuntos de manejo encuentren apoyo suficiente en el programa para permitir que revisen información relevante para que puedan tomar las decisiones indicadas.

Conclusiones

La implementación de los sistemas SIG topa con el problema de altos costos de capacitación para el sistema, lo que provoca una situación de inestabilidad. Cambios en personal por cualquier razón dejan el sistema sin capacidad de funcionar, y efectivamente elimina la capacidad del sistema de ser una herramienta eficiente en la toma de decisiones. La introducción de programación en base de objetos abre la posibilidad de crear sistemas más estables y robustos en ambientes donde no existe alta capacidad técnica.

En el SIG Turrialba y el SIG PROSEFOR, el objetivo es proveer acceso a bases de datos SIG y otros en una interfaz fácil. Los usuarios pueden aprovechar los datos directamente, sin mucho entrenamiento ni apoyo de operarios, de manera que facilita el acceso a información cuando es necesario, en el momento de tomar una decisión. Esta estrategia de implementación requiere mas preparación de bases de datos y programas en las fases iniciales de los proyectos, pero promete dejar sistemas mas útiles y robustos como consecuencia.

Bibliografía

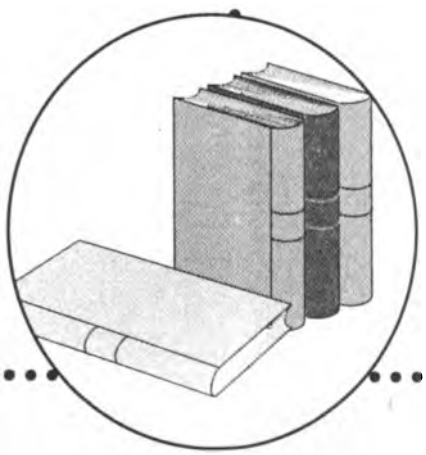
Aronoff, Stan. 1989. Geographic Information Systems; A management perspective. WDL Publishers. Ottawa, Canada.

Carmichael, Andy (ed.) 1994. Object Development Methods. SIGS Books. New York.

McConnell, Steve. 1993. Code Complete: A practical handbook of software construction. Microsoft Press. Redmond, Washington.

PUBLICACIONES

PUBLICATIONS



CATIE: Publications 1997

1. Papers in scientific journals

Anthony F., Bertrand B., Lashermes P., Charrier A. 1997. La Biologie Moléculaire en appui a l'amélioration génetique du caféier Arabica. Plantations, Recherche, Développement 4(6):369-377.

Bertrand B., Aguilar G., Bompard E., Rafinon A., Anthony F. 1997. Comportement agronomique et résistance aux principaux déprédateurs de lignées de Sarchimors et Catimors (*Coffea arabica* L.), évaluées au Costa Rica. Plantations, Recherche, Développement 4(5):312-321.

Cornelius, J.P., Mesen, J.F. 1997. Provenance and family variation in growth rate, stem straightness, and foliar mineral concentration in Vochysia guatemalensis. Canadian Journal of Forest Research 27:1103-1109.

Dufour, M., Anthony, F., Bertrand, B., Eskes, A.B. 1997. Identification de caféiers mâles-stériles de *Coffea arabica* au CATIE, Costa Rica. Plantations, Recherche, Développement 4(6):401-407.

Dussert, S., Chabrillange, N., Anthony, F., Engelmann, F., Recalt, C., Hamon, S. 1997. Variability in storage response within a coffee (*Coffea* spp.) core collection under slow growth conditions. Plant Cell Reports 16:344-348.

Dussert, S., Chabrillange, N., Engelmann, F., Anthony, F. & Hamon, S. 1997. Cryopreservation of coffee (*Coffea arabica* L.) seeds: importance of the precooling temperature. Cryo-Letters 18:269-276.

Engelmann, F., Larbaud, M., Charbrilange, N, Carron, M.P., Etienne, H. 1997. Cryopreservation of embryogenic calluses of two commercial clones of *Hevea brasiliensis*. Cryo-Letters 18:107-116.

Etienne, H. 1997. Improvement of somatic embryogenesis in *Hevea brasiliensis* (Müll. Arg.) using the emporary immersion technique. In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant 33:81-87.

Etienne, H., Larbaud, M., Carron, M.P., Michaux-Ferriere, N. 1997. Use of calcium to optimize long-term proliferation of friable embriogenic calluses and plant regeneration in *Hevea brasiliensis* (Müll Arg.). Journal of Experimental Botany 48:129-137.

Etienne, H., Larbaud, M., Michaux-Ferriere, N., Carron, M.P., Berthouly, M., Teison, C. 1997. Improvement of somatic embryogenesis in *Hevea brasiliensis* (Mull Arg.) using the temporary immersion technique. In Vitro Cell-Development Biology Plant 33:81-87.

Etienne, H., Solano, W., Pereira, A., Bertrand, B., Berthouly, M. 1997. Protocole d'acclimatation de plantules de caféiers produites in vitro. Plantations, Recherche, Développement 4(5):310-311.

Gillies, A.C.M, Cornelius, J.P., Newton, A.C., Navarro, C, Hernández,M. 1997. Genetic variation in Costa Rican populations of the tropical timber species *Cedrela odorata* L., assessed using RAPDs. Molecular Ecology 6:1133-1145.

Guariguata, M. R., Chazdon, R. L., Denslow, J. S., Dupuy, J. M., Anderson, L. 1997. Structure and floristics of secondary and old-growth forest stands in lowland Costa Rica. Plant Ecology 132:107-120.

Guariguata, M.R., Dupuy, J.M. 1997. Forest regeneration in abandoned roads in lowland Costa Rica. Biotrópica 29(1):15-28.

Guariguata, M.R., Rheingans, R., Montagnini, F. 1997. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica:implications for forest restoration. Restoration Ecology 3(4):252-260.

Herrera, B., Finegan, B. 1997. Substrate conditions, foliar nutrients and the distributions of two canopy tree species in a Costa Rican secondary rain forest. Plant and Soil 191:259-267.

Huang, W., Kanninen, M., Xu, Q., Huang, B. 1997. Agroforestry in China: Present state and future potential. Ambio Vol. 26(6):394-398.

Ibrahim, M. and Mannetje, L.T. 1997. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures in the humid tropics of Costa Rica. 1. Dry matter yield, nitrogen yield and botanical composition. Tropical Grasslands 32(2):1-10.

Jansen, H.G.P., Ibrahim, M.A., Nieuwenhuyse, A., Mannetje, L.T., Joenje, M., Abarca, S. 1997. The economics of improved pasture and silvopastoral technologies in the Atlantic Zone of Costa Rica. Tropical Grasslands 31:588-598.

Kapp, G.B., Beer, J., Lujan, R. 1997. Species and site selection for timber production on farm boundaries in the humid Atlantic lowlands of Costa Rica and Panama. Agroforestry Systems 35:139-154.

Kass, D., Sylvester-Bradley, R., Nygren, P. 1997. The role of nitrogen fixation and nutrient supply in some agroforestry systems of the Americas. Soil Biology & Biochemistry 29(5-6):775-785.

Leah, J., Caseley, C., Riches, R., Valverde, B. E. 1997. Effect of mono-oxygenase inhibitors on uptake, metabolism and phytotoxicity of propanil in resistant biotypes of junglerice, *Echinochloa colona*. Pesticide Science 49:141-147.

Mesén, F., Newton, A.C., Leakey, R.R.B. 1997. The effects of propagation environment and foliar areas on the rooting physiology *of Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken cuttings. Trees 11:401-411.

Mesén, F., Newton, A.C., Leakey, R.R.B. 1997. Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken: the effect of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. Forest Ecology and Management 92:45-54.

Montagnini, F., Eibl, B., Grance, L., Maiocco, D., Nozzi, D. 1997. Enrichment planting in overexploited subtropical forests of the Paranaense region of Misiones, Argentina. Forest Ecology and Management 99:237-246. 1

Muschler, R.G., Bonnemann, A., Huttl, R.F. 1997. Potentials and limitations of agroforestry for changing land-use in the tropics: experiences from Central America. Forest Ecology and Management 91(1):61-73.

Navarro, C. 1997. Genetic variation of Swietenia macrophylla in Upala, Northern Costa Rica. Forest Genetic Resources No. 25:33-34.

Noirot, M, Hamon, S., Anthony, F. 1997. The principal component scoring: a new method of constituting a core collection using quantitative data. Genetic Resources and Crop Evolution 43:1-6.

Ramírez, O.A. 1997. Estimation and use of a multivariate parametric model for simulating heteroscedastic, correlated, non-normal random variables: the case of corn-belt corn, soya beans and wheat yields. American Journal of Agricultural Economics 79(1):191-205.

Riches, C. R., Knights, J. S., Chaves, L., Caseley, V., Valverde, B.E. 1997. The role of pendimethalin in the integrated management of propanil-resistant *Echinochloa colona* in Central America. Pesticide Science 51 341-346.

2. Papers in technical journals

Ammour T. 1997. "La foret en jeu l'extractivisme en Amazonie Centrale". Reseña de libro . Agroforesteria en Las Américas Vol.4, No 14:29-30.

Beer, J. 1997. Café bajo sombra en América Central: hace falta más investigación sobre este sistema agroforestal exit oso? Editorial. Agroforestería en las Américas 4(13):4-5.

Chaves, L., Valverde, B.E., Garita, I. 1997. Efecto del tiempo y la profundidad de entierro sobre la persistencia de la semilla de *Echinochloa colona* (L.) Link. Manejo Integrado de Plagas 45:18-24.

Chaves, L., Valverde, B.E., Rojas, C.E. 1997. Resistencia de Ixophorus unisetus a herbicidas inhibidores de la sintetasa del acetolactato. Manejo Integrado de Plagas 44:20-25.

Contreras T., Carballo, M., Hidalgo, E., Bustamante, E. 1997. Evaluación de trampas de pseudotallo y formulaciones de Beauveria bassiana Bals. en el combate del picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar) en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas 46:44-49.

Cubillo, D., Sanabria, G., Hilje, L. 1997. Mortalidad de adultos de *Bemisia tabaci* con extractos de hombre grande (Quassia amara). Manejo Integrado de Plagas 45:25-29.

Cuervo, J., Rivas, G.G. 1997. Biota rizosférica: un recurso para promover la protección y el crecimiento de las plantas. Hoja Técnica No. 21. Manejo Integrado de Plagas 44:i-iv.

Current, D. 1997. ¿Los sistemas agroforestales generan beneficios para las comunidades rurales?. Resultados de una investigación en América Central y el Caribe. Agroforestería en las Américas 4(16):8-14.

Detfelsen, G., Carrera, F. 1997. Las concesiones comunitarias como alternativas para el Desarrollo y la Conservación. Revista Bosques, Arboles y Comunidades Rurales, No 29. Abril 1997 (Quito, Ecuador): 30-34.

Eibl, B., Montagnini, F., Grance, L, Maiocco, D, Nozzi, D. 1997. Técnicas de enriquecimiento de bosques degradados en la selva Paranaense de Misiones, Argentina. Yvyrareta (Argentina) 8:100-101.

Fassaert, C., Paulson, S. 1997. Nuevos enfoques, nuevos métodos: género y recursos naturales. Perspectivas Rurales 1(2):23-30.

Faustino, J. 1997. Agua: Recurso estatégico en el futuro de América Central. Revista Forestal Centroamericana 18:6-12.

Gómez, M., Shultz, S., Ramírez, O.A. 1997. Contribución de las plantaciones forestales a las cuentas nacionales de Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana 18:38-44.

Gómez, P.; Cubillo, D.; Mora, G.A.; Hilje, L. 1997. Evaluación de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*: II. Extractos vegetales. Manejo Integrado de Plagas 46:17-25.

Gómez, P.; Cubillo, D.; Mora, G.A.; Hilje, L. 1997. Evaluación de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*: I. Productos comerciales. Manejo Integrado de Plagas 46:9-16.

Gonzalez, J., Benavides, J., Kass, M., Olivo, R., Esperance, M. 1997. Evaluación de la calidad nutricional de la morera (*Morus alba* L.) fresca y ensilada, con bovinos de engorda. Agroforestería en las Américas 3(11-12):20-23.

Guharay, F., Monterrey, J. 1997. Manejo ecológico de la broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*) en América Central. Manejo Integrado de Plagas. Hoja Técnica MIP no. 45: i-viii.

Hernández, I., Benavides, J., Simon, L. 1997. Manejo de las podas de *Leucaena leucocephala* para la producción de forraje en el período seco en Cuba. Agroforestería en las Américas 3(11-12):28-31.

Hernández, O., Beer, J., Von Platen, H. 1997. Rendimiento de café (*Coffea arabica*) cv Caturra, producción de madera (*Cordia alliodora*) y análisis financiero de plantaciones con diferentes densidades de sombra en Costa Rica. Agroforestería en las Américas 4(13):8-13.

Herrera, B., Campos, J.J. 1997. Avances en la investigación sobre calidad de sitio en bosques secundarios tropicales. Revista Forestal Centroamericana 18:13-19.

Hilje, L. 1997. Posibilidades para el manejo integrado del complejo *Bemisia tabaci*-geminivirus en Costa Rica. Agronomia Costarricense (Costa Rica) 21(1):139-142.

Hilje, L.; Bonino, N. 1997. Captura de taltuzas mediante trampas. Hoja Tecnica No. 23. Manejo Integrado de Plagas 48:1-10.

Ibrahim, M., Botero, J., Camero, A. 1997. Pasturas en callejones. Agroforestería en las Américas 4(15):23-25.

Jansen, H.; Nieuwenhuyse, A.; Ibrahim, M.; Abarca, S. 1997. Evaluación económica de la incorporación de leguminosas en pasturas mejoradas comparado con sistemas tradicionales de alimentación en la zona Atlántica de Costa Rica. Agroforestería en las Américas 4(15):9-13.

Jiménez, J.M.; Oñoro, P.; Víquez, E. 1997. Producción de ñampí (*Colocasia esculenta* var. *Antiquorum*) y maíz (*Zea mays* L.) en asocio con Erythrina fusca y Calliandra calothyrsus. Agroforestería en las Américas 4(14):6-11.

Kass, D., Jiménez, F., Schlönvoigt, A. 1997. Como hacer el cultivo en callejones más productivo y sostenible. Agroforestería en las Américas 4(14):21-23.

Lok, R. 1997. Base para la diseminación de los sistemas agroforestales. Agroforestería en las Américas 4(16):29-32.

Lok, R. 1997. Buscando una estabilidad: el sistema agroforestal como producto de las inter-relaciones agroecológicas, culturales, económicas y sociales. Editorial. Agroforestería en las Américas 4(16):4.

López, F., Kass, D. 1997. Efectos de enmiendas orgánicas en la dinámica del fósforo e indicadores de actividad biológica sobre el rendimiento del frijol en un suelo Acrudoxic Melanudand. Agroforestería en las Américas 3(11-12):12-15.

López, P.J., Jara, L.F., Mesén, F. 1997. Variación en resistencia de *Cedrela odorata* al ataque de *Hypsipyla grandella*. Revista Forestal Centroamericana 19:20-25.

Macêdo, J.V. de, Kass, D., Somarriba, E., Morera, J. 1997. Efectos de los cultivos en callejones y otras enmiendas orgánicas sobre las fracciones de fósforo del suelo. Agroforestería en las Américas 3(11-12):8-11.

Meléndez, L. 1997. El Dr. Donald Kass; uno de los pioneros en el cultivo en callejones en América Latina. Agroforestería en las Américas 4(14):4-5.

Meléndez, L. 1997. Experiencias con la tecnología SALT (Sloping Agriculture Land Technology): Tecnología Agroforestal en Tierras con Pendiente. Agroforestería en las Américas 4(14):24-25.

Montagnini, F., Sancho, F., González, E., Porras, C., Moulaert, A. and del Mónaco, A. 1997. Plantaciones forestales puras y mixtas con especies nativas para la reforestacion de terrenos degradados en Costa Rica: estudio comparativo de crecimiento, daños por plagas regeneración natural y costos de establecimiento. Biocenosis 12(1):25-34.

Muñóz García, G. 1997. Los Ernest: pioneros del cultivo y comercialización del café en Costa Rica. Agroforestería en las Américas 4(13):6-7.

Orozco, L., Camacho, M. 1997. Cambios estructurales y florísticos en el bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Revista Forestal Centroamericana 19:32-36.

Pérez, O., Ramírez, O., Hilje, L., Karremans, J. 1997. Potencial de adopción de dos opciones tecnológicas de manejo integrado de plagas (MIP), aplicando tres técnicas de extensión con productores de tomate en el Valle Central Occidental, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas 43:19-30.

Platen, H. von, Köpsel, E. 1997. El análisis económico parcial-comparativo. Agroforestería en las Américas 4(16):25-28.

Ramírez, O.A., Moss, C.B., Boggess, W.G. 1997. A stochastic optimal control formulation of the consumption/debt decision. Florida Agricultural Experiment Station Journal Series no.40. 20 p.

Rivas, G.G. 1997. Micorrizas. Hoja Técnica No. 20. Manejo Integrado de Plagas 43:i-iv.

Rivera, J.O. 1997. El rol de los entes externos en las comunidades. Una experiencia con los artesanos Teribe en Panamá. Desarrollo Agroforestal y Comunidad Campesina, No.30. Agosto-setiembre 1997.

Rojas Cordero, V., Vásquez Carballo, W. 1997. Consumo y producción de leña y madera de *Eucalyptus saligna* en beneficios de café. Revista Forestal Centroamericana 20(6):24-30.

Rojas, T., Marbán, N., Vásquez, N. 1997. Adherencia y parasitismo de Pasteuria penetrans en *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne arabicida*. Manejo Integrado de Plagas 44:7-13.

Ruiz, C., Bustamante, E., Saunders, J.L., Jimenez, F., Okumoto S. 1997. Efecto de sustratos sobre crecimiento y supervivencia de bacterias antagonistas a *M. fijiensis*. Manejo Integrado de Plagas 45:1-8.

Ruiz, C., Bustamante, E., Saunders, J.L., Jimenez, F., Okumoto S. 1997. Sustratos y bacterias antagonistas para el manejo de *M. fijiensis*. Manejo Integrado de Plagas 45:9-17.

Saenz, F., Shultz, S., Hyman, G. 1997. El uso de un sistema de información geográfica (SIG) en la identificación de degradación de tierras y recursos hídricos. Revista Forestal Centroamericana 18:18-22.

Scherr, S.J., Current, D. 1997. What makes agroforestry profitable for farmers? Evidence from Central America and the Caribbean. Agroforestry Today 9(4):10-15.

Shultz, S. 1997. La valoración de recursos naturales y ambientales no basada en el mercado en Centroamerica y el Caribe. Revista de la CEPAL No. 63:65-76.

Shultz, S.; Faustino, J.; Melgar, D. 1997. Agroforestry and soil conservation adoption and profitability in El Salvador. Agroforestry Today, 9:16-18.

Simón, M.; Ibrahim, M. 1997. Manejo del Monte en la Cuña Boscosa Santafecina: aplicación de un tratamiento silvicultural en sistemas silvopastoriles en el Chaco Argentino. Agroforestería en las Américas 4(15):14-19.

Somarriba, E. 1997. ¿Se puede aprovechar árboles maderables de sombra sin dañar el café? Agroforestería en las Américas 4(13):28-29.

Somarriba, E. 1997. Pastoreo bajo plantaciones forestales. Agrofostería en la Américas 4(15):26-28.

Zelada, E.E., Ibrahim, M. 1997. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en el trópico húmedo de Costa Rica. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal (ALPA). Volumen 5:42-44.

3. Chapters in a book

Aguirre, J. A. 1997. Economic vrs. financial pricing of timber and its probable impact on national accounts The Costa Rican Case 1980-1992. In: Environmental Sustainability Practical Global Implications (Ed. Fraser Smith), St. Lucie, Press. Pp. 85-106.

Boshier, D. H., Beer, J. 1997. Genetic improvement of *Cordia alliodora*. In: Boshier D.H. and Lamb A.T. (eds.) *Cordia alliodora*: genetics and improvement. Tropical forestry paper. No. 36. Oxford Forestry Institute. Oxford, UK. Pp. 83-89.

Boshier, D. H., Beer, J. 1997. Mejoramiento genético de *Cordia alliodora*. In: Boshier D.H. and Lamb A.T. (eds.) *Cordia alliodora*: genética y mejoramiento de árboles. Tropical forestry paper. No. 36. Oxford Forestry Institute. Oxford, UK. Pp. 87-94.

Dussert, S., Chabrillange, N., Engelmann, F., Anthony, F., Noirot, M. & Hamon, S. 1997. In vitro conservation of coffee (*Coffea* spp.) germplasm. In: Conservation of genetic resources in-vitro, Vol. 1, (Eds. M.K. Razdan & E.C. Cocking). Science Publishers, New York. Pp 287-305.

Faustino, J. 1997. Rainwater harvesting from rooftop catchments. Source book of alternative technologies for freshwater augmentation in Latin America and Caribbean. Washington, OAS-UNEP. Pp 33-45.

Faustino, J. 1997. Water conveyance by pipelines, aqueducts, and water tankers. Source book of alternative technologies for freshwater augmentation in Latin America and Caribbean. Washington, OAS-UNEP. Pp 85-89.

Mesén, F. 1997. Propagación vegetativa (Capítulo 8). In: *Cordia alliodora*, Genética y Mejoramiento de Arboles. Tropical Forestry Papers No. 36. Boshier DH and Lamb AT (eds), (Traducido por Francisco Mesén y Helga Blanco), Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford. Pp. 77-86.

Mesén, F. 1997. Vegetative propagation (Chapter 8). In: *Cordia alliodora*, Genetics and Tree Improvement. Tropical Forestry Papers No. 36, Boshier DH and Lamb AT (eds), Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford. Pp. 73-81.

Vogt, K., Asbjornsen, H., Ercelawn, A., Montagnini, F., Valdes, M. 1997. Roots and mycorrhizas in plantation ecosystems. In: Better Management of Soil, Water and Nutrients in Tropical Plantation Forests (Eds. Nambiar, E. K. S. and Brown, A. G.) . ACIAR/CSIRO/CIFOR. ACIAR, Canberra, Australia. Pp. 247-296.

4. Papers in conference proceedings

Aguilar, V., Staver, C. 1997. Acumulación y descomposición de biomasa en el sub-sistema maleza bajo tres manejos en un cafetal del Pacífico de Nicaragua. In: Simposio Latinoamericano de Caficultura (18., 1997, San José, C.R.). Memorias. IICA (C.R.). Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos A1/SC 97-05. Pp. 115-124.

Alvarado, A., Herrera, B. 1997. Calidad de sitio y factores ambientales en bosques coetáneos de Centroamérica: experiencias y perspectivas futuras. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 62-64.

Aus der Beek, R. , Sáenz, G. 1997. Lineamientos para la planificación del manejo forestal sostenible y diversificado. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 53-54.

Barrera, J. E. 1997. Herramientas para la ordenación forestal del manglar del Pacífico Norte (Estero Real) de Nicaragua. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 55-58.

Berninger, F., Kanninen, M. 1997. Módelos ecofisiológicos para los bosques de plantaciones. In: Resúmenes de ponencias (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 125-127.

Bertrand B., Aguilar, G., Santacreo R., Anthony F., Etienne H., Eskes A. B., Charrier A. 1997. Comportement d'hybrides F1 de Coffea arabica pour la vigueur, la production et la fertilité en Amérique Centrale. 17 Coloquio Científico Internacional sobre el Café, 21-25 Julio 1997, Nairobi (Kenya), ASIC ed. Pp. 415-423.

Bertrand, B., Aguilar, G., Santacreo, R., Anthony, F., Etienne, H. 1997. Comparación de híbridos F1 con variedades de *Coffea arabica*. XVII Simposio Latinoamericano de Caficultura. 16-19 setiembre, 1997. San José, Costa Rica. PROMECAFE ed. Pp. 245-251.

Camacho, M., Finegan, B., Orozco, L. 1997. Crecimiento de bosques húmedos tropicales manejados del noreste de Costa Rica: primera década de investigación. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp.39-41.

Camero, A. 1997. Cuatro Décadas de Experiencia Agroforestal en CATIE. In: Memorias Seminario Nacional sobre Agroforestería Fundación Loma Quita EspuelaSanto Domingo, República Dominicana 6 de junio, 1997. Pp.1-20.

Campos, J. J. 1997. Sostenibilidad del manejo de bosques naturales en Costa Rica: posibilidades dentro del bosque (Ponencia motivadora). In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 2-16.

Carazo, E. Valverde, B.E., Rodríquez, O.M., Barquero, M. 1997. Persistence of terbufos and its metabolites in soil and maize. In: Proceedings International Symposium on the Use of Nuclear and Related Techniques of Crop Protection Chemicals, Vienna, Austria. Pp. 215-222.

Cubillo, D., Sanabria, G., Hilje, L. 1997. Evaluación de la repelencia y mortalidad de varios insecticidas blandos sobre *Bemisia tabaci*. In: Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus (6., 1997, Santo Domingo, R.D.). Memoria. Santo Domingo, R.D. Pp.33.

De Camino, T. 1997. Uso de sistemas de información para el procesamiento y análisis de información. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 278-280.

Delgado, D., Finegan, B., Zamora, N. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: cambios en la riqueza y composición de la vegetación. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 47-49.

Dussert, S., Chabrillange, N., Engelmann, F., Anthony, F., Hamon, S., Lashermes, P. 1997. Cryopreservation of coffee (*Coffea arabica*) seeds. In: 17 Coloquio Científico Internacional sobre el Café, 21-25 Julio 1997, Nairobi (Kenya), ASIC ed., Vevey. Pp. 466-473.

Etienne, H., Bertrand, B., Anthony, F., Côte, F., Berthouly, M. 1997. L'embryogenèse somatique: un outil pour l'amélioration génétique du caféier. In: 17 Coloquio Científico Internacional sobre el Café, 21-25 Julio 1997, Nairobi (Kenya), ASIC ed., Vevey. Pp.457-465.

Etienne, H., Solano, W., Pereira, A., Barry-Etienne, D., Bertrand, B., Anthony, F., Cote, F., Berthouly, M. 1997. Utilización de la embriogénesis somática en medio líquido para la propagación masal de los híbtidos F1 de *Coffea arabica*. XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura. 16-19 setiembre, 1997. San José, Costa Rica. PROMECAFE (ed.). Pp. 253-261.

Finegan, B., Camacho, C., Delgado, D., Orozco, L. 1997. Producción y conservación eb bosques húmedos de Costa Rica: los efectos del aprovechamiento y la aplicación de los tratamientos silviculturales sobre el crecimiento de los árboles y la biodiversidad vegetal. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 59-61.

Galloway, G. 1997. El fomento de plantaciones forestales en América Central. (Ponencia motivadora). In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 66-85.

Galloway, G. 1997. Proyecto Regional TRANSFORMA (CATIE/COSUDE) Transferencia de tecnología y promoción de la formación profesional en manejo de bosques naturales. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 188-190.

González, M., Cajina, D., Mendoza, R., Monterroso, D. 1997. Evaluación de *Bacillus thuringiensis* (Bt) y *Verticillium* sp para el manejo de la roya del café en Nicaragua. In: Simposio Latinoamericano de Caficultura (18., 1997, San José, C.R.). Memorias. IICA (C.R.). Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos A1/SC 97-05. Pp.333-338.

Granados, G., Hilje, L. Informe de Costa Rica. 1997. Informe de Costa Rica. 1997. VI Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Santo Domingo, República Dominicana, 18-19 Agosto, 1997. Pp. 3-4.

Guevara Moncada, R., Arze, J. 1997. La capacitación y las comunicaciones en el fortalecimiento de los sistemas nacionales de investigación. In: Alianzas y asociaciones estratégicas: hacia un nuevo modelo. Memorias de la revisión interna del CIAT 1996. Cali, Colombia, CIAT. Pp.87-99.

Guillén, L. 1997. Resultados preliminares de investigaciones en un bosque secundario de la tercera fase sucesional: estudio de caso Finca El Cerro, San Carlos, Costa Rica. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 31-33.

Gutiérrez, M. 1997. Proceso metodológico del ordenamiento de los recursos naturales de los manglares del Pacífico Norte (Estero Real), Nicaragua. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 51-54.

Herrera, B; Campos, J.J. 1997. Evaluación del efecto del sitio en la población de *Vochysia ferruginea* en un bosque tropical secundario de Costa Rica. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 9-11.

Hilje, L. 1997. An action network for whitefly and geminivirus management in Latin America and the Caribbean. In: International Conference on Pesticide Use in Developing Countries: Impact on Health and Environment (1998, San José, C. R.). Book of abstracts. San José, C.R., Pesticide Program: Development, Health and Environment, Universidad Nacional. p.129.

Hilje, L. 1997. Hacia un esquema de manejo sostenible de plagas de hortalizas: el caso del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate. In: IV Congreso Costarricense de Entomología. San José, Costa Rica, 17-21 Noviembre, 1997. Pp. 43-45.

Kanninen, M. 1997. Los bosques y el cambio global. (Ponencia motivadora). In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 2-5.

Kass, D. 1997. How important is the BNF of woody legumes and nitrogen fixing trees. In: Proceedings International Congress on Biological Nitrogen Fixation: The Global Challange and Future Needs. Bellagio, Italia. 8-12 Abril. Pp. 56-58.

Kent, J., Standley, S., Marmillod, D. 1997. Evaluación de la factibilidad financiera de tratamientos silviculturales en una concesión comunitaria en Petén, Guatemala. In: Sabogal, C.; Camacho, M.; Guariguata, M. (eds). Experiencias prácticas y prioridades de investiación en silvicultura de bosque naturales en América Tropical; Actas. Turrialba, Costa Rica. CIFOR/CATIE/INIA. Pp. 201-205.

Lashermes, P., Agwanda, C. O., Anthony, F., Combes, M. C., Trouslot, P., Charrier, A. 1997. Molecular marker-assisted selection: a powerful approach for coffee improvement. In: 17 Coloquio Científico Internacional sobre el Café, 21-25 Julio 1997, Nairobi (Kenya), ASIC ed., Vevey. Pp. 474-480.

Lobo, I., Kent, J., Ammour, T. 1997. Evaluación de aspectos financieros y técnicos en el aprovechamiento artesanal en un bosque latifoliado de la zona norte de Honduras. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 34-36.

Madriz, J.P. 1997. Exploración etnobotánica de la flora silvestre comestible en los bosques húmedos tropicales de la Reserva Aborigen Tayni, Limón, Costa Rica. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 agosto, 1997. Pp. 198-200.

Marmillod, D. 1997. Incorporación de especies no maderables en procesos productivos de bosques: metodologías e implicaciones sobre el quehacer forestal tradicional. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 40-43.

Marmillod, D., Caceres, F., Ramírez, R., Barrera, J.E., Aguilar, B., Paniagua, C. 1997. Aprovechamientos experimentales de lena en manglares: una herramienta en el anAlisis de la viabilidad de la propuesta de manejo forestal. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. y& F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 47.

Marmillod, D., Galvez, J. 1997. Efecto del aprovechamiento maderero sobre la población de bayal; implicaciones para una silvicultura con fines de producción diversificada. In: Sabogal, C.; Camacho, M.; Guariguata, M. (eds). Experiencias prácticas y prioridades de investiación en silvicultura de bosque naturales en América Tropical; Actas. Turrialba, Costa Rica. CIFOR/CATIE/INIA. Pp. 209-220.

Montagnini, F., Eibl, B., Fernández, R., Kozarik, J. C., Lupi, A., Nozzi, D. 1997. Agroforestry systems with Ilex paraguariensis (American holly or yerba mate) and native timber trees in small farms in Misiones, Argentina. In: Proceedings of theInternational workshop: Agroforestry for Sustainable Land-use.CIRAD/INRA, Montpellier (France), 23-29 June 1997. Pp. 67-72.

Monterrey, J., Mendoza, R., Guharay, F., Monterroso, D., Gómez, D., Calderón, M., Mora, M.L. 1997. Productores, extensionistas e investigadores desarrollando juntos el manejo ecológico de plagas. In: Simposio Latinoamericano de Caficultura (18., 1997, San José, C.R.). Memorias. San José, C.R. (IICA. Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos A1/SC 97-05). Pp.369-378.

Montiel, H., Villalobos, R., Marmillod, D., Ocampo, R., Valerio, J. 1997. Identificación de herramientas para la estimación de existencias de Smilax chiriquensis (recurso no maderable medicinal) en bosques naturales. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. y& F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 37-39.

Morataya, R., Galloway, G. 1997. Relaciones entre follaje y albura e implicaciones en el manejo de plantaciones en *Tectona grandis* L.F. y *Gmelina arborea* Roxb. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 111-114.

Muschler, R. G. 1997. ¿Sombra o sol para un cafetal sostenible?: un nuevo enfoque de una vieja discusión. In: Memorais del 18vo Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, Costa Rica. IICA/PROMECAFE. Pp. 471-476.

Muschler, R.G. 1997. Efectos de sombra de Erythrina poeppigiana sobre *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor. In: Memorias del 18vo Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, Costa Rica. IICA/PROMECAFE. Pp. 157-162.

Navarro, C., Gillies, A., Wilson, J., Hernandez, M. 1997. Resultados del proyecto Evaluación de la Diversidad Genética de Caoba, en Centroamérica y México. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 106-107.

Navarro, C., Hernandez, M. 1997. Variación genética en *Swietenia macrophylla* en Upala, Costa Rica. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 42-44.

Obando Vargas, G. 1997. El uso de kriging y la geoestadística en la construcción de mapas de curvas de nivel (modelos de elevación digital) . In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 agosto, 1997. Pp. 283-286.

Paniagua, C. 1997. Aprovechamiento experimental de leña en manglares: una herramienta en el análisis de la viabilidad de la propuesta de manejo forestal. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 44-47.

Quirós, D. 1997. Efectos de la desvitalización de árboles mediante tratamientos silviculturales: estudios de caso en bosques húmedos tropicales de bajura. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 23-24.

Rivas, G.G 1997. Micorrizas. Memoria Taller Internacional sobre Salud de Suelos (9-14 de noviembre, 1997. EAP-CIIFAD.Honduras. P:20-23.

Rivera, J.O. 1997. Fomento a la participación comunitaria en la agroforesteria campesina e indígena. Visualización desde la perspectiva del Proyecto CATIE/Olafo. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 agosto, 1997. Pp. 192-194.

Robles, G., Villalobos, R., Marmillod, D., Porras, I. 1997. Elementos ecológicos para la silvicultura de *Zamia skinneri*. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 19-21.

Sáenz, G., Beek, R. aus der, Villegas, G. 1997. Impacto de las intervenciones silviculturales en robledales de altura: estudio de caso en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 42-44.

Salazar, R. 1997. Estado del mejoramiento genético y la producción de semillas forestales en Costa Rica. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 64-71.

Sepúlveda, N., Marmillod, D., Sediles, E. 1997. Crecimiento de rodales naturales de *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* en la zona pacífica norte de Nicaragua. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales

M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 36-38.

Somarriba, E. 1997. Contribución de la agroforestería a la economía de la región Centroamericana. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. y& F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 144-153.

Somarriba, E. 1997. Modelaje de varios sistemas de poda de café: efectos sobre el patrón de producción. In: Memorias del 18 Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, Costa Rica. IICA/PROMECAFE. Pp. 99-104.

Stork, N.E., Boyle, T.J.B., Dale, V., Finegan, B., Lawes, M., Manokaran, N., Prabhu, R., Soberon, J. 1997. Criteria e indicators for assessing the sustanability of forest management: conservation of biodiversity. CIFOR Working Paper no. 17, August 1997. 29 pp.

Trejos S., G., Jara N., L.F., Ramírez, A. 1997. Producción y rendimiento de semillas forestales tropicales en Costa Rica. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 79-80.

Vásquez, W., González, A., Alvarez, M., Ramírez, A. 1997. Ensayo de desecación y almacenamiento de semillas de fruta dorada (*Virola koschnyi* Warb.) en condiciones de laboratorio. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Nacional. San José, Costa Rica. 27-29 de agosto, 1997. Pp. 92-94.

Víquez, E. 1997. Programa de mejoramiento genético de *Tectona grandis*, Precious Woods - Costa Rica. In: Resúmenes de ponencias. (Eds. E. Morales M. & F. Cartin B.). III Congreso Forestal Centroamericano. San José, Costa Rica. 15-17 setiembre, 1997. Pp. 108-110.

5. CATIE Serie técnica

Camacho, M., Finegan, B. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en bosque húmedo del noreste de Costa Rica: cambios en la riqueza y composición de la vegetación. CATIE. Serie Técnica - Informe Técnico No. 298. 55 p.

Camacho, M., Finegan, B. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: crecimiento diamétrico con énfasis en el rodal comercial. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 295. 54 p.

Collinet, J. 1997. Potencialidades y limitantes de algunos suelos en San Miguel La Palotada, Petén, Guatemala. CATIE. Serie Técnica - Informe Técnico No. 299. 46 p.

Coto, T.D 1997. *Lepidoptera* en cultivos anuales y perennes. Manual para su reconocimiento. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico No. 26. 63 p.

Delgado, D., Finegan, B., Zamora, N., Meir, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: cambios en la riqueza y composición de la vegetación. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 298. 43 p.

Galloway, G., Beer, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en America Central. CATIE. Serie Técnica - Informe Técnico No. 285. 168p.

Geurts, J.A.M.M., Jansen, H.G.P., Tilburg, A. van. 1997. Domestic demand for food in Costa Rica: a double-hurdle analysis. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 286. 100 p.

Jara N., L.F. 1997. Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico No. 24. 135 p.

Lujan, R., Beer, J., Kapp, G. 1997. Manejo y crecimiento de linderos de tres especies maderables en el distrito de Changuinola, Panamá. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico No. 242. 41 p.

Ocampo, R., Villalobos, R., Cifuentes, M. (Editores). 1997. Productos no maderables del bosque en Baja Talamanca, Costa Rica. Actas del taller realizado del 14 al 18 de octubre de 1996 en el Centro de Educación Campesina de ASACODE, Talamanca, Costa Rica. CATIE. Serie Técnica - Eventos especiales No. 3. 118 p.

Reyes, R.R., Ammour, T. 1997. Sostenibilidad de los sistemas de producción en la concesión comunitaria de San Miguel, Petén, Guatemala,. CATIE. Serie Petén, No. 1. 30 p.

Somarriba, E., Melendez, L., Campos, W., Lucas, C., Lujan, R. 1997. Cacao bajo sombra de leguminosas en Talamanca, Costa Rica: manejo, fenología, sombra y producción de cacao. CATIE, Serie Técnica. Informe Técnico No. 289. 40 p.

Ugalde Arias, L. (Editor). 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Panamá. CATIE. Serie Técnica - Informe Técnico No. 293. 110 p.

Ugalde Arias, L. (Editor). 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Costa Rica. CATIE. Serie Técnica - Informe Técnico No. 290. 162 p.

Ugalde Arias, L. (Editor). 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Honduras. CATIE. Serie Técnica - Informe Técnico No. 288. 160 p.

Ugalde Arias, L. (Editor). 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en El Salvador. CATIE. Serie Técnica - Informe Técnico No. 291. 189 p.

Ugalde Arias, L. (Editor). 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Guatemala. CATIE. Serie Técnica - Informe Técnico No. 287. 300 p.

Ugalde Arias, L. (Editor). 1997. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Nicaragua. CATIE. Serie Técnica - Informe Técnico No. 292. 292 p.

6. Articles in bulletins, magazines etc.

Aguilar G., Bertrand B. y Anthony F. 1997. Comportamiento agronómico y resistencia a las principales plagas de diferentes variedades, derivadas del Híbrido de Timor (Primera Parte). Noticiero del Café 11(94):1-4.

Aguilar G., Bertrand B. y Anthony, F. 1997. Comportamiento agronómico y resistencia a las principales plagas de diferentes variedades, derivadas del Híbrido de Timor (Segunda Parte). Noticiero del Café 11(95):1-4.

Beer, J., Muschler, R., Somarriba, E., Kass, D. 1997. Maderables como sombra para café. Boletin PROMECAFE 76-77:5-7.

Buch, M.S., Jara, L.F., Franco, E. 1997. Viabilidad de semillas pretratadas de *Caesalpinia velutina* (B.&R.) Standl; *Enterolobium cyclocarpum* (J.) Griseb. y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales no. 1.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Albizia guachapele* (Kundh) Little. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.5:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Alnus acuminata* spp. Argutta (Schlecht.) Farlow. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales 18:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales 17:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Cedrela odorata*. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales 24:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.7:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Cupressus lusitanica* Mill. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales 20:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales 25:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Erythrina poeppigiana* (Walp.) Cook. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales 15:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.3:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Guazuma ulmifolia* Lam. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.1:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Hieronyma alchorneoides* Fr. Allen. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales 16:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales 19:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Pinus caribaea* (Morelet.) var hondurensis. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.11:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Pinus maximinoi* H.E. Moore. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.14:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Pinus pseudostrobus* Lindl. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.13:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Pinus tecunumanii* (Schw.) Equiluz et Perry. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales 12:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Pithecellobium saman* (Jacq.) Benth. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.9:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Swietenia macrophylla* King. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales 21:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) Nichol. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales 23:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.8:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Terminalia amazonia* (Gmel.) Excell. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.10:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Virola kschnyi*. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.2:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Vochysia ferruginea* Mart. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.4:1-2.

CATIE (C.R.). Proyecto Semillas Forestales. 1997. *Vochysia guatemalensis* Donn. Smith. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales no.6:1-2.

Gil Calderón, M. 1997. La información como un recurso de apoyo a la extensión en América Central. Boletín Divulgativo RIBRENAC 4(9-10):1-3.

Gil Calderón, M., Coto Royo, L. 1997. Los sistemas expertos y su uso en los servicios de información. Boletín Divulgativo RIBRENAC 4(11-12):1-3.

Mesén, F. 1997. Huertos semilleros de plántulas. II. establecimiento y manejo. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales 16:20-23.

Navarro, C., Hernández, M. 1997. Variabilidad genética de *Swietenia macrophylla* en Costa Rica. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales no.18:19-2113.

Paíz G., M.R. 1997. Efecto del fuego sobre la germinación de semillas de *Pinus oocarpa* Schiede, en un bosque seco tropical en Guatemala. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales no. 17:3-6.

Quirós, L., Arce, J. 1997. Influencia del tamaño de la semilla en la germinación y crecimiento inicial de las plántulas de encino (*Quercus costaricensis* Liebmann). Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales no.18:8-13.

Ramírez, S. 1997. El arte de manejar el bosque. Revista Desarrollo Agroforestal y Comunidad Campesina. Argentina. Julio 1997. 8 p.

Ramírez, S. 1997. Que viva el bosque!. Revista Dominical. Periódico La Nación. Costa Rica. 8 junio 1997. Pp. 16.

Salazar, R. 1997. Logros de la primera fase de PROSEFOR. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales no.18:22-24.

Vásquez, W., González, A. 1997. Calibración de un medidor portátil de humedad QWIK-TEST para *Gmelina arborea* y *Tectona grandis*. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales 17:19-24.

Zamora, N., Artavia, M., Delgado, D., Camacho, M. 1997. Especies vegetales de un bosque tropical húmedo primario manejado. Finca Tirimbina, noreste de Costa Rica. Manejo Forestal Tropical (CATIE) No1. 8 p.

7. Presentations in congresses (abstracts, etc.)

Aguilar, M. E., Astorga, C., Orellana, M., Vazquéz, N., Pérez, L., Salazar, K., Cote, F. 1997. Potencial del cultivo de tejidos para la conservación y el mejoramiento de especies arbóreas: caoba, cedro, zapote y caimito. In: BIOVEG'97 Técnicas de avanzada aplicadas a la propagación masiva de plantas. Ciego de Avila, Cuba 2-5 de Abril de 1997. Pp. 128.

Cubillo, D., Sanabria, G., Hilje, L. 1997. Disminución de la severidad del mosaico amarillo del tomate mediante coberturas al suelo. In: IV Congreso Costarricense de Entomología. San José, Costa Rica. 17-21 Noviembre, 1997. Pp. 46.

Cubillo, D., Sanabria, G., Hilje, L. 1997. Evaluación de repelencia y mortalidad de varios insecticidas blandos sobre *Bemisia tabaci*. VI Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Santo Domingo, República Dominicana, 18-19 Agosto, 1997. Pp. 33.

Cubillo, D., Sanabria, G., Hilje, L. 1997. Mortalidad de adultos de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) con extractos de hombre grande (*Quassia amara*). In: IV Congreso Costarricense de Entomología. San José, Costa Rica. 17-21 Noviembre, 1997. Pp. 74.

Cubillo, D., Sanabria, G., Hilje, L. 1997. Mortalidad de adultos de *Bemisia tabaci* con extractos de hombre grande (*Quassia amara*). VI Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Santo Domingo, República Dominicana, 18-19 Agosto, 1997. Pp. 35.

Etienne, H., Pereira, A., Solano, W., Aguilar, M. E., Côte, F., Bertrand, B., Berthouly, M. 1997. Micropropagación masiva de híbridos élites F1 de *Coffea arabica* por embriogénesis somática. Congreso BioVeg'97 Advances techniques applied to mass clonal propagation of plants, 2-5 Abril 1997, Ciego de Avila (Cuba), p. 52.

Gómez, P., Cubillo, D., Mora, G.A., Hilje, L. 1997. Evaluación de productos comerciales como posibles repelentes de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). In: IV Congreso Costarricense de Entomología. San José, Costa Rica. 17-21 de Noviembre, 1997. Pp. 73.

Gómez, P.; Cubillo, D.; Mora, G.A.; Hilje, L. 1997. Evaluación de sustancias vegetales como posibles repelentes de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). IV Congreso Costarricense de Entomología. San José, Costa Rica. 17-21 de Noviembre, 1997. Pp. 75.

Hilje, L. 1997. Posibilidades para el manejo integrado del complejo mosca blanca geminivirus en tomate, en América Central. In: XVI Congreso Brasileño de Entomología. Salvador, Bahía, Brasil, 2-7 Marzo, 1997. Pp. 9.

Hilje, L. 1997. Prácticas agrícolas para el manejo del complejo mosca blanca-geminivirus en tomate. I Taller Internacional sobre Geminivirus en el Caribe. Quivicán, La Habana, Cuba. 27-28 de noviembre de 1997. Pp. 72.

Hilje, L., Cubillo, D., Sanabria, G. 1997. Delay of geminivirus dissemination in tomato fields by interfering with *Bemisia tabaci* adults. In: Silverleaf whitefly: 1997 supplement to the five-year and action plan: progress review, technology transfer, and new research and action plan (1997-2001). United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service 1997-02. Pp. 180.

Kent, J., Ammour, T., Marmillod, D., Villalobos, R. 1997. Research and Development: Towards the Sustainable Management of a Nutural Insecticide in Talamanca, Costa Rica. In: Washington State University (comp.). Proceedings, IUFRO All Division 5 Conference. Forest Products for Sustainable Forestry. July 7-12, 1997. Pullman, USA, Washington State University. Pp.272.

Navarro, O., Cartin, V., Hilje, L., Cubillo, D. 1997. Eficacia de insecticidas no convencionales para el control de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) en chile dulce, en Pérez Zeledón. IV Congreso Costarricense de Entomología. San José, Costa Rica. 17-21 de noviembre, 1997. Pp. 72.

Riches, C. R., Knights, J. S., Chaves, L., Caseley, V., Valverde, B. 1997. The role of pendimethalin in the integrated management of propanil-resistant *Echinochloa colona* in Central America. Resistance 97 Programme and Abstracts, p.23.

Sánchez, V., Bustamante, E., Zúñiga, C. 1997. Avances sobre el control biológico de *Rottboellia cochinchinensis*. In: Congreso APS, División del Caribe, San José, Costa Rica, 10-12 Noviembre, 1997. Pp. 75.

Zúñiga, C., González, R., Bustamante, E. 1997. Comportamiento de cuatro introducciones del género *Brachiaria* a la influencia de hongos fitopagógenos bajo dos niveles de humedad en el suelo. In: Congreso APS, División del Caribe, San José, Costa Rica, 10-12 Noviembre. Pp. 76.

8. Academic and educational texts

Jara N., L.F. 1997. Recolección y manejo de semillas forestales antes del procesamiento. CATIE. Serie Materiales de Enseñanza, no. 38. 65 p. 11

9. Semana Científica/Science Week (CATIE)

Alvarado, A., Campos, J.J., Herrera, B. 1997. Evaluación del manejo y clasificación de tierras para uso forestal en América Central. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 1-7.

Anthony, F., Quirós, O., Phillips, W., Bertrand, B. 1997. Uso de los marcadores moleculares para evaluar, conservar y utilizar la diversidad genética. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 267.

Astorga, C., Mora, A., Phillips, W. 1997. Los recursos fitogenéticos del CATIE y su rol en el contexto regional y extra regional. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 274-275.

Aus de Beek, R., Sáenz, G. 1997. Impacto de las intervenciones silviculturales en los robledales de altura: estudio de caso en la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 38-43.

Aus der Beek, R., Sáenz, G. 1997. Lineamientos para la planificación del manejo forestal sostenible y diversificado. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 33-38.

Beer, J., Muschler, R., Kass, D., Somarriba, E. 1997. Research on coffee shade trees carried out at CATIE. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 8-14.

Benavides, J. 1997. Utilización de la morera en sistemas de producción animal. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 175-180.

Bianco, L.O. 1997. Comercialización de productos no maderables del bosque en comunidades de frontera agrícola. Caso: el Xate en Petén. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 209-213.

Bustamante, E., Guharay, F., Hilje, L., Monterroso, D., Rivas, G.G., Sanchez, V., Shannon, P., Staver, C., Valverde, B. 1997. Aportes del MIP a los sistemas de producción sostenible de cultivos de café, granos básicos, hortalizas y musáceas. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 181-184.

Camacho, M., Finegan, B., Orozco, L. 1997. Crecimiento de bosques húmedos tropicales manejados del noreste de Costa Rica: primera década de investigación. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 15-19.

Camas, R., Arze, J. 1997. Evaluación de tierras con énfasis en la conservación de los recursos naturales, en la Fraylesca, México. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 268-273.

Carballo, M. 1997. Evaluación de la mortalidad de *Cosmopolites sordidus* (Germar) por efecto de diferentes formulaciones de *Beauveria bassiana*. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 292-295.

Carvajal, C., Shannon, P., Hidalgo, E., Ferreira, P., Saunders, J., Bustamante, E. 1997. Interactions of enthomopathogens in *Phyllophaga menetriesi* (Col; Scarabaeidae). Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 296-298.

Côte, F., Aguilar, M. E., Anthony, F., Astorga, C., Etienne, H., Grapin, A., Phillips, W., Vásquez, N. 1997. Apoyo de la biotecnología al mejoramiento genético de los cultivos y de las especies forestales. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 276.

Coto, D., Sanchez, V., Gonzalez, R., Gamboa, A., Carballo, M., Shannon, P., Vargas, C., Bustamante, E., Hidalgo, E., Merayo, A., Rivas, G.G. 1997. Inventario agroecológico de plagas y su importancia en el desarrollo sostenible. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 277-280.

Coto, T. D. 1997. Colecciones de referencia de organismos plaga y benéficos y su papel en la biodiversidad y desarrollo sostenible. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 299-300.

Cubillo, D., Sanabria, G., Hilje, L. 1997. Disminución de la severidad del mosaico amarillo del tomate mediante coberturas al suelo. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 44-47.

Esquivel, J., Benavides, J., Hernandez, I.: Vasconcelos, J., Gonzales, J., Espinoza, E. 1997. Suplementación de vacas lecheras en pastoreo con morera (*Morus* sp) en la zona alta del Valle Central de Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 214-219.

Finegan, B., Delgado, L.D., Guillén, L., Zamora, N. 1997. Patrones en el espacio y el tiempo de la biodiversidad vegetal en bosques secundarios e intervenidos del noreste de Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 281-285.

García, B., Valverde, B., Chaves, L., Garita, I. 1997. Establecimiento de seis coberturas vivas en una plantación nueva de café (*Coffea arabica* L.) en Juan Viñas, Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 48-51.

Gómez, D., Padilla, D., Monterrey, J., Monterroso, D., Peralta, A., Zeledon, A., Zeledon, R. 1997. La generación, validación y transferencia de tecnologías MIP: Encuentros participativos de discusión por etapas fenológicas con la participación de productores de tomate en Nicaragua. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 222-223.

Gómez, D., Padilla, D., Monterrey, J., Peralta, A., Zeledon, A., Zeledon, R. 1997. Los momentos críticos del cultivo. Un mecanismo de trabajo para el manejo de mosca blanca-geminivirus con la participación de los productores de tomate en Esquipulas, Matagalpa, Nicaragua. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Pp. 220-221.

Gómez, P., Cubillo, D., Mora, G., Sanabria, G., Hilje, L. 1997. Mortalidad y repelencia de extractores vegetales sobre *Bemisia tabaci*. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 52-55.

González, R., Bustamente, E., Shannon, P., Ruiz, C. 1997. El control biológico en el manejo integrado de *Mycosphaerella fijiensis*. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 301-305.

González, R., Ruiz, C. 1997. Una propuesta de codificación del ciclo fenológico de musáceas comestibles. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 306-309.

Guharay, F., Jímenez, C., Monterrey, J., Monterroso, D., Calderón, M., Mendoza, R., Staver, Ch., Aguilar , A., Méndez , E. 1997. Diálogo con caficultores sobre la biología y ecología de enfermedades broca, malezas y plagas del verano del café: Herramientas y pasos metodológicos hacia su manejo ecológico. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 224-225.

Guillén, L. 1997. Resultados preliminares de investigación en un bosque secundario de la tercera fase sucesional: estudio de caso finca El Cerro, San Carlos, Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 62-66.

Gutiérrez, C., Mercado, J., Rojas, A., Monterrey, J. 1997. Transferencia de tecnolgías MIP con la participación de los productores: Implementación en tomate y repollo. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 226-227.

Heredia, Y., Kass, D., Faustino, J., Fernandez, C. 1997. Efecto de sistemas agroforestales sobre propiedades físicas del suelo. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 67.

Hidalgo, E., Shannon, P.J., Smith, S.M., Arroyo, C. 1997. Metodologia para la cria masiva de *Phyllophaga* spp. (Col:Scarabaeidae). Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 310-312.

Ibrahim, M., Pezo, D., Abarca, S., Camero, A. 1997. CATIE'S research experience with silvopastoral systems for sustainable livestock production. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 187-192.

Jara, L.F., López, J. 1997. Optimización de las condiciones de laboratorio para la germinación de semilla de seis especies forestales. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 313-318.

Jiménez, A., Jiménez, F., Faustino, J., Solis, H. 1997. Algunas características físicas de la lluvia relacionadas con la erosión del suelo, en dos regimenes pluviométricos de Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 319-322.

Jiménez, C.M., Quiros, I., Bustamante, M., Guharay, F., Monterrey, J., Monterroso, D. 1997. Disponibilidad de hongos entomopatógenos para manejo de plagas insectiles en Nicaragua: avances, perspectivas y retos. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 20-21.

Jiménez, E., Santamaría, B., Guharay, F. 1997. Reproducción de mosca blanca y la incidencia de control biológico natural en el Valle de Sebaco, Nicaragua. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 323-324.

Jiménez, F. 1997. Distribución temporal y espacial de la radiacion fotosinteticamente activa entre hileras de plátano (*Musa* AAB). Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 325-328.

Jiménez, F., Faustino, J., Kass, D. 1997. Potencial hídrico del suelo en un sistema de cultivo en callejones Poro (*Erythrina poeppigiana*) – frijol (*Phaseolus vulgaris*). Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 68-71.

Kass, D., López, F., Jímenez, J., Tardieu, R. 1997. Enmiendas orgánicas como fuentes de nutrimentos en un suelo deficiente en potasio y magnesio. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 72.

Kass, D; Aguirre, J. 1997. Perspectivas después de 15 años de experimentos con cultivos en callejones. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 22.

Kent, J., Stanley, S. 1997. Evaluation of the financial feasibility of silvicultural treatments in a community concession in the Peten, Guatemala. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 73-77.

Köpsell, E., Calvo, G., Lok, R., Muschler, R. 1997. Generation and aplication of agroforestry training materials by the agroforestry projects CATIE/GTZ. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 233-234.

López, F., Tardieu, R., Fernández, C., Kass, D. 1997. Efecto de sistemas agroforestales sobre indicadores de actividad biológico en un suelo Acrudoxic melanudand. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 78.

López, R., Flores, J. 1997. Comparación de dos métodos de resinación, en *Pinus oocarpa*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, Cuenca Rio Chixoy, Guatemala. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 79-84.

Louman, B., Carrera, F. 1997. Pautas para el manejo del bosque secundario Florencia Sur, Turrialba, Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 235-239.

Macêdo, J.V. de, Schlather, K., Tardieu, R., Kass, D. 1997. Dinámica de formas orgánicas e inorgánicas de fósforo del suelo en sistemas agroforestales. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp.167.

Marmillod, D., Chang, Y., Bedoya, R. 1997. Desarrollo de un plan de manejo para *Quassia amara*, un recurso no maderable del bosque tropical. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 23-28.

Marmillod, D., Pineda, P., Ferreira, P. 1997. Diseño y aplicación de un inventario forestal diversificado (productos maderables y no maderables) en Petén. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 85-92.

Méndez, E., Guharay, F., Mercado, J. 1997. MIP/maíz un enfoque interinstitucional de capacitación a extensionistas que trabajan con grupos de productores. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 93-94.

Merayo, A., Fonseca, F., Valverde, B.E., Alvarez, T. 1997. Validación y transferencia de técnicas mejoradas para el manejo de las maleza *Rottboellia conchinchinensis* en maíz. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 95-98.

Mesén, F., Trejos, E. 1997. Propagación vegetativa del San Juan (*Vochysia guatemalensis*) mediante enraizamiento de estacas juveniles. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 102-108.

Mora, A., Gazel, A., Umaña, C. 1997. Caracterización y selección preliminar de árboles de la colección de zapote (*Pouteria sapota*) del CATIE. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 331-334.

Mora, A., Morera, J. 1997. Producción de raíces tuberosas de jícama (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) en asociación con el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 99-101.

Morera, J., Mora, A., Salazar., E. 1997. Estudio de la producción de 12 clones de cacao (*Theobroma cacao*) bajo las condiciones de Turrialba, Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 329-330.

Muschler, R. 1997. Shade or sun for ecologically sustainable coffee production: a summary of environmental key factors. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp.109-112.

Muschler, R. 1997. Tree monoculture in coffee: the complexity of a simple agroforestry system. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp.113-115.

Oliveira, K., Ammour, T. 1997. Valoración económica de bienes y servicios ambientales en sistemas agrícolas de San Miguel, Petén, Guatemala. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 245-248.

Padilla, M. R., Suazo, P., Ramírez, P., Gutiérrez, M. V., Hilje, L. 1997. Reducción de la severidad del mosaico amarillo del tomate mediante fertilización y podas. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 116-119.

Proyecto CATIE/INTA-MIP, NORAD, INTA, GIISH. 1997. Productores, extensionistas y especialistas trabajan juntos para mejorar la toma de decisiones sobre manejo de plagas en cultivos hortícolas de Nicaragua. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 185-186.

Ramírez, O.A. 1997. Valoración de los riesgos ambientales y de las externalidades resultantes del manejo de plagas en la agricultura. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 249-253.

Ramírez, O.A., Shultz S., Gómez, M. 1997. Socioeconomic evaluation of the adoption processes of agroforestry, soil conservation and integrated pest management practices promoted by CATIE. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 193-197.

Reyes, R., Ammour, T. 1997. Sostenibilidad de los sistemas de producción en la concesión comunitaria de San Miguel, Petén, Guatemala. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 198-202.

Reyes, R., Ammour, T. 1997. Sostenibilidad de los sistemas de produccion en la concesión comunitaria de San Miguel, Petén, Guatemala. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 198-202.

Rivas, G.G. 1997. Avances de investigación en micorrizas vesículo arbusculares. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 124-126.

Rivas, G.G., Chavarría, A. 1997. Evaluación de líneas de ñame (*Dioscorea* spp.) en función de la antracnosis y el mosaico del ñame (YMV). Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 120-123.

Rivas, G.G., Chavarría, A. 1997. Evaluación de sistemas de cultivo asociados con plátano (*Musa* spp.). Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 127-132.

Rivas, G.G., Villalba , V., Garita, H., Ramirez, P. 1997. Detección del mosaico amarillo del en el vector *Bemisia tabaci* (Gennadius). Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 339-341.

Rivas, G.G., Villalba , V., Ramírez, P. 1997. Evaluación de líneas de tomate y su respuesta a la infección con geminivirus. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 335-338.

Robles, R., Ocampo, R., Marmillod, D. 1997. Incorporación de una especie no maderable en un sistema silvicultural diversificado: el caso de *Zamia skinneri*. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp.133-138.

Rodriquez, H., Louman, B. 1997. Productividad de tala y arrastre en bosque nuboso: Talamanca-Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 139-142.

Ruiz-Silvera, C., Bustamante, E., González, R., Cervantes, M., Gamboa, A. 1997. Sustratos o enmiendas foliares como elemento del control biológico de la Sigatoka Negra. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 143-146.

Sáenz, G., Fassaert, C., Palacios, H., Ochoa, L. 1997. Un análisis explorativo de género de la ASOPROFOR, Villa Mills, Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 254-258.

Salazar, E., Ramírez, P., Cubillo, D., Rivas, G.G., Hilje, L. 1997. La densidad de adultos virulíferos de *Bemisia tabaci* afecta la severidad del mosaico amarillo y los rendimientos en tomate. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 147-149.

Salazar, R., Ramírez, A., González, A. 1997. Respuesta de semillas de *Vochysia guatemalensis* a la desecación. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 150-153.

Sánchez, V., Bustamante, E., Shattock, R., Cervantes, M. 1997. Control biológico de *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate en Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp.154-157.

Sandoval, I; López, N., Rivera, J. O. 1997. Medición de los niveles de pobreza y su relación con el ambiente. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 203-208.

Shultz, S., Medina, J.S., Solis, H. 1997. Methodologies for flood control in Central America: a case study of the Purire River Watershed, using both structural solutions and reforestation. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 286-289.

Shultz, S., Pinazzo, J., Cifuentes, M. 1997. The contingent valuation method to determine entrance fees to national parks in Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 342.

Shultz, S., Saenz, F., Hyman G. 1997. La integración de datos socioeconómicos y biofísicos con tecnologías de SIG: estudio de caso del Río Pacuare, Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 290-291.

Somarriba, E., Beer, J. 1997. Producción de cacao bajo seis sistemas de manejo de sombra leguminosa o maderable. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 29-32.

Staver, C., Monterroso, D., Guharay, F., Martínez, A., Gómez, D., Padilla, D., Monterrey, J., Méndez, E., Aguilar, A., Mendoza, R., Rugama, R., Jímenez, C., Quiros, I., Bustamante, M. 1997. Fortaleciendo la capacidad nacional y regional de implementación de manejo ecológico de plagas. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 158.

Vallejos, M., Benavides, J., Kass, M., Ruiz, A., Jimenez, C. 1997. Consumo y producción de leche de cabras alimentadas con ensilaje de leñosas forrajeras tropicales. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 259-263.

Vallejos, O., Ugalde, L. 1997. Productividad y relaciones del índice de sitio con variables fisiográficas, edafoclimáticas y foliares para *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Gmelina arborea* en Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 159-162.

Valverde, B.E., Chaves, P., Garita, I., Vargas, E., Riches, C.R., Caseley, J.C. 1997. Desarrollo del piperofos como sinergista del propanil para el manejo de *Echinochloa colona* resistente al propanil en arroz. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 163-166.

Vásquez, J., Quiros, D., Gretzinger, S., Campos, J.J., Aguirre, J.A. 1997. Eficiencia y costos de dos herbicidas usados para tratamiento silvicultural de liberación de un bosque natural en Costa Rica. Actas III Semana Científica del CATIE. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 3-5 de febrero, 1997. Pp. 168-172.

10. Reports and other publications

Anthony F. 1997. Parte 1: Los recursos genéticos. In: Segundo informe de actividades del proyecto regional de mejoramiento genético del café. Convenio PROMECAFE-CATIE-Coopération Française. (Eds. F. Anthony, B. Bertrand & H. Etienne). Pp. 1-27.

Anthony F., Bertrand B., Etienne H. 1997. Evaluation et sélection de caféiers pour la résistance aux principaux nématodes en Amérique centrale. 4° informe de actividades del proyecto CE (contrato CTI*CT92-0090).

Arguedas, M., Hilje, L., Chaverri, P., Quirós, L., Araya, C., Scorza, F. 1997. Catálogo de plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica Cartago, Costa Rica. 66 p.

Bustamante, E. 1997. Posibilidades de investigación participativa en recursos genéticos y control biológico de plagas agrícolas. In: Taller Interno sobre Investigación Participativa: Generación e Intercambio de Conocimientos por y con Familias Campesinas Nativas (1997, Turrialba, C.R.). Memoria. Coordinado por C. Fassaert, K. Prins, J.O. Rivera, S.M. Westphal Turrialba, C.R. Pp. 8-11.

CATIE (C.R). 1997. Annual report 1996: document for internal use. Turrialba, C.R. 260 p.

CATIE (C.R.). 1997. Informe del Director General del CATIE a la Junta Interamericana de Agricultura: período junio 1995-mayo 1997. Turrialba, C.R. 79 p.

Consulta sobre la Situación de los Productos Forestales no Madereros (1995, Turrialba, C.R.). 1997. Productos no maderables del bosque en Centroamérica y el Caribe: actas. (Eds. R. Villalobos, R. Ocampo). Turrialba, C.R., CATIE, Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central. 112 p.

Etienne, H. 1997. Experiencia de la biotecnología del café. In: Taller Interno sobre Investigación Participativa: Generación e Intercambio de Conocimientos por y con Familias Campesinas Nativas (1997, Turrialba, C.R.). Memoria. Coordinado por C. Fassaert, K. Prins, J.O. Rivera, S.M. Westphal Turrialba, C.R. Pp. 12-13.

Floors, A. 1997. Plantation forestry in Guanacaste, Costa Rica: a LUST description of plantation forestry (teak and melina) in Guanacaste, Costa Rica. CATIE. Atlantic Zone Programme, Report no. 121. 28 p.

Galloway, G. 1997. La investigación participativa en el marco del Proyecto CATIE/Madeleña. CATIE, Turrialba, Costa Rica. In: Taller Interno sobre Investigación Participativa: Generación e Intercambio de Conocimientos por y con Familias Campesinas Nativas (1997, Turrialba, C.R.). Memoria. Coordinado por C. Fassaert, K. Prins, J.O. Rivera, S.M. Westphal Turrialba, C.R. Pp. 17-29.

Gerrits, S. 1997. Effects of landuse and weathering on available nutrients in volcanic ash soils of Costa Rica; a comparative study. CATIE. Atlantic Zone Programme, Report no. 108. 80 p.

Groenesteijn, K. 1997. Formation of surface coatings on volcanic ejecta at four volcanoes in Costa Rica. CATIE (C.R.). Atlantic Zone Programme, Report no. 118. 29 p.

Guevara Moncada, R., Ferreira, P. 1997. CATIE's commitment with Agenda 21: into the XXI Century. In: The Rio+5, Forum, From Agenda to Action', (1997, Rio de Janeiro, Brazil). CATIE (C.R.) Institutional Series. Miscellaneous Publications no. 4. 38 p.

Guevara Moncada, R., Kanninen, M. 1997. From strategy to reality: the path to institutional excellence in harsh times. Turrialba, C.R., CATIE. 23 p.

Guevara, A.L., Jiménez, M,L,, Mesén, F., Murillo, O. 1997. Reglamento técnico para la producción y comercialización de semillas y material de vivero certificado de especies forestales, 2ª edición. Oficina Nacional de Semillas, San José, Costa Rica. 16 p.

Kanninen, M. 1997. Retos de la investigación participativa. In: Taller Interno sobre Investigación Participativa: Generación e Intercambio de Conocimientos por y con Familias Campesinas Nativas (1997, Turrialba, C.R.). Memoria. Coordinado por C. Fassaert, K. Prins, J.O. Rivera, S.M. Westphal Turrialba, C.R. Pp. 1-2.

Karremans, J.A.J. 1997. Una investigación participativa: la experiencia del Proyecto Agrosilvopastoril (CATIE/ACDI). In: Taller Interno sobre Investigación Participativa: Generación e Intercambio de Conocimientos por y con Familias Campesinas Nativas (1997, Turrialba, C.R.). Memoria. Coordinado por C. Fassaert, K. Prins, J.O. Rivera, S.M. Westphal Turrialba, C.R. Pp. 30-41.

Kuiper, M. 1997. The Neguev revisited: a study of the agricultural changes between 1987 and 1996 in the Neguev settlement, Costa Rica. CATIE (C.R.). Atlantic Zone Programme, Report no. 112. 64 p.

Plantinga, M.J. 1997. Redistribution of trace elements upon the weathering of volcanic ash soils in Costa Rica. CATIE (C.R.). Atlantic Zone Programme, Report no. 119. 37 p.

Pluimers, J. 1997. Biocide leaching: a soil capacity model to indicate the hazard of groundwater contamination by biocides. CATIE (C.R). Atlantic Zone Programme, Report no. 122. 30 p.

Pluimers, J. 1997. Mulching in palm heart; a study on the effects of mulching in a palm heart plantation in the Atlantic Zone of Costa Rica. CATIE (C.R). Atlantic Zone Programme, Report no. 150. 27 p.

Prins, K. 1997. Comentarios e intervención en el panel. In: Taller Interno sobre Investigación Participativa: Generación e Intercambio de Conocimientos por y con Familias Campesinas Nativas (1997, Turrialba, C.R.). Memoria. Coordinado por C. Fassaert, K. Prins, J.O. Rivera, S.M. Westphal Turrialba, C.R. Pp. 14-16.

Rivera, J.O. 1997. Caso Proyecto CATIE/OLAFO: los procesos participativos comunales de la teoría a la práctica , la visualización de las instituciones. In: Taller Interno sobre Investigación Participativa: Generación e Intercambio de Conocimientos por y con Familias Campesinas Nativas (1997, Turrialba, C.R.). Memoria. Coordinado por C. Fassaert, K. Prins, J.O. Rivera, S.M. Westphal Turrialba, C.R. pp. 60-67.

Roersma, H.P. 1997. Farm classification: analysis of production and income variation, Atlantic Zone, Costa Rica. CATIE (C.R.). Atlantic Zone Programme, Report, no. 116. 70 p.

Ruiter, R. 1997. Organic agriculture in the Guanacaste province, Costa Rica. CATIE (C.R.) Atlantic Zone Programme, Report no. 120. 18 p.

Steeg, J. van de. 1997. A farm typology for the Atlantic Zone. CATIE (C.R.). Atlantic Zone Programme, Report no. 117. 44 p.

Taller Interno sobre Investigación Participativa: Generación e Intercambio de Conocimientos por y con Familias Campesinas Nativas (1997, Turrialba, C.R.). 1997. Memoria. Coordinado por C. Fassaert, K. Prins, J.O. Rivera, S.M. Westphal. Turrialba, C.R, CATIE. 76 p.

Valverde, B. E., Chaves, P., Garita, I., Vargas, E., Riches, C. R., Caseley, J. C. 1997. From theory to practice: development of piperophos as a synergist to propanil to combat propanil resistance in junglerice, Echinochloa colona. WSSA Abstracts 37:33.

CATIE: Publications 1998

1. Papers in scientific journals

Beer, J., Muschler, R., Kass, D., Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cocoa plantations. Agroforestry Systems 38:139-164.

Bertrand B., Cilas C., Hervé G., Anthony F., Etienne H., Villain L. 1998. Relations entre les populations des nématodes Meloidogyne exigua y Pratylenchus sp., dans les racines de Coffea arabica au Costa Rica. Plantations, Recherche, Développement 5(4):279-286.

Bouman, B.A.M., Nieuwenhyse, A., Ibrahim, M. 1998. Pasture degradation and its restoration by legumes in humid tropical Costa Rica. Tropical Grasslands.

Camacho, M., Orozco, L. 1998. Patrones fenológicos de doce especies arbóreas del bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Revista de Biología Tropical 46(3) (Internet Edition). 13 p.

Cárdenas J., Bustamante, E., Sanchez, V., Rivas-Platero, G.G. 1998. Effect of fluorescent Pseudomonas on Rosellinia bunodes on coffee plants. Phytopathology 88(9):13.

Cros, J., Combes, M. C., Trouslot, P., Anthony, F., Hamon, S., Charrier, A., Lashermes, P. 1998. Phylogenetic relationships of Coffea species: new evidence based on the chloroplast DNA variation analysis. Molecular Phylogenetics and Evolution 9:109-117.

Dick , J. McP., Zuniga, G., Cornelius, J.P., Watt, A.D. 1998. Genetic variation in the number of cuttings harvestable and rooted from Vochysia guatemalensis coppiced stumps. Forest Ecology and Management 111:225-230.

Dussert, S., Chabrillange, N., Engelmann, F., Anthony, F., Hamman, S. 1998. Cryopreservation of seeds of four coffee species (Coffea arabica, C. costatifrutcta, C. racemosa and C. sessiliflora): Importance of water content and cooling rate. Seed Science Research 8:9-15.

Flores, O.I., Bolivar, 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.

Guariguata, M. R. 1998. Response of forest tree saplings to experimental mechanical damage in lowland Panamá. Forest Ecology and Management 102:103-111.

Guariguata, M. R., Pinard, M.A. 1998. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: implications for natural forest management. Forest Ecology and Management 112:87-99.

Hamilton, C., Brodie, A., Chandler, L., Cornelius, J.P. 1998. A financial analysis of a small-scale Gmelina arborea improvement programme in Costa Rica. New Forests 16(12): 89-99.

Hamon S., Anthony F., Barre P., Berthaud J., Boursot M., Chabrillange N., Chin-Long K., Combes, C., Couturon E., Cros J., Dussert S., Engelmann F., Lashermes P., Le Pierrès D., Louarn J., Noirot M., Récalt C., Trouslot P., Charrier A. 1998. Les biotechnologies pour l'amélioration des caféiers et la valorisation de leurs ressources génétiques. Cahiers Agricultures 7:480-487.

Herrera, B., Campos, J.J., Finegan, B., Alvarado, A. 1998. Factors affecting site productivity of a Costa Rican secondary rain forest in relation to Vochysia ferruginea, a commercially valuable canopy tree species. Forest Ecology and Management (In Press).

Hidalgo, E., Moore, D., Le Patourel, G. 1998. The effect of different formulations of Beauveria bassiana on Sitophilus zeamais in stored maize. Journal of stored products research 34(3/4):171-179.

Ibrahim M., Holmann, F., Hernández, M., Channa, C. 1998. Forage yield and liveweight gains of steers grazing unimproved pastures with daily browsing of Erythrina protein banks and or supplementation of green bananas in the humid tropics of Costa Rica. Agroforestry Systems (In Press).

Ibrahim, M., Mannetje, L.T. 1998. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures in the humid tropics of Costa Rica. 1. Dry matter yield, nitrogen yield and botanical composition. Tropical Grasslands 32(2):1-10.

Kass, D., Somarriba, E. 1998. Traditional fallows in Latin America. Agroforestry Systems (In Press).

Kershnar, R., Montagnini, F. 1998. Leaf litter decomposition, litterfall and effects of leaf mulches from in mixed and monospecific plantations in Costa Rica. Journal of Sustainable Forestry 7(3/4):95-118.

Lardet, L., Aguilar, M.E., Michaux'Fernére, N., Berthouly, M. 1998. Effect of strictly plant-related factors on the response of Hevea brasiliensis and Theobroma cacao rodal explants cultures in vitro. In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant 34:34-40.

Montagnini, F., Eibl, B., Szczipanski, L., Ríos, R. 1998. Tree regeneration and species diversity following conventional and uniform spacing methods of selective cutting in a subtropical humid forest reserve. Biotropica 30(3):349-361.

Montagnini, F., Muñiz-Miret, N. 1998. Vegetation and soils of tidal floodplains of the Amazon estuary: a comparison of varzea and terra firme forests in Pará, Brazil. Journal of Tropical Forest Science 10(2). In Press.

Montagnini, F., Porras, C. 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: an example of an integrative approach from the humid tropics. Environmental Management 22(3):459-470.

Newton, A. C., Cornelius, J. P., Mesen, J. F., Corea, E. A., Watt, A. 1998. Variation in attack by the mahogany shoot borer, Hypsipyla grandella (Lepidoptera: Pyralidae) in relation to host growth and phenology. Bulletin of Entomological Research 88:319-326.

Ramírez, O.A., Moss, C., Boggess, W. 1998. A stochastic optimal control formulation of the consumption/debt decision. Agricultural Finance Review 57:29-38.

Shultz, S., Pinazzo, J., Cifuentes. M. 1998. Opportunities and limitations of contingent valuation surveys to determine national park entrance fees: evidence from Costa Rica. Environmental and Development Economics 3(1):131-149.

Shultz, S., Saenz, F., Hyman, G. 1998. Linking people to watershed and protected area planning with a GIS: a case study of the Rio Pacuare, Costa Rica. Society & Natural Resources 1:663-667.

2. Papers in technical journals

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):000-000 (In Press).

Artavia, M. 1998. Roble coral. Afiche Revista Forestal Centroamericana (In Press).

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.

Carballo, M. 1998. Formulación de hongos entomopatógenos. Manejo Integrado de Plagas 48:i-iv.

Carballo, M. 1998. Evaluación de la mortalidad de Cosmopolites sordidus (Germar) por efecto de diferentes formulaciones de Beauveria bassiana (Bals.). Manejo Integrado de Plagas 48:45-48.

Carballo, M. 1998. Abundancia estacional y daño de Anastrepha striata en genotipos de guayaba y cas (Psidium guajava). Manejo Integrado de Plagas 50:1-7.

Cárdenas, J.C, Bustamante, E., Rivas-Platero, G.G., Rivillas, C.A., Pérez, C.M. 1998. Aislamiento de Pseudomonas fluorescentes de raíces de café sanas y afectadas por Rossellinia bunodes en la zona cafetera central colombiana. Manejo Integrado de Plagas 49:35-41.

Côte, F.X., Sandoval, J. A., Marie, Ph., Auboiron, E. 1998. Variations in Micropropagated Bananas and Plantains. Corbana. (In Press).

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 pintoi 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. 2 1

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. Manejo de cuencas y deterioro ambiental. Revista Científica Nova (In Press).

Franco M., Ibrahim M., Pezo D., Camero A., Araya J.L. 1998. Degradabilidad rumial 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.

Grapin A., Ortiz J. L., Domergue R., Babeau J., Monmarson M., Esacalant J. V., Teisson C., Côte F.X. 1998. Establishment of embryogenic callus initiation and regeneration of embryogenic cell suspensions from female and male immature flowers of Musa. InfoMusa 7.1:13-15.

Herrera, B., Alvarado, A. 1998. Clasificación de sitios en bosques coetáneos de Centroamérica Agronomía Costarricense (In Press).

Hilje, L. 1998. Un modelo de colaboración agrícola internacional para el manejo de moscas blanca y geminivirus en América Latina y el Caribe. Manejo Integrado de Plagas 49:1-9.

Hilje, L., Hanson, P. 1998. La biodiversidad tropical y el manejo integrado de plagas. Manejo Integrado de Plagas 48:1-10.

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, 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., Jiménez, J., Schlönvoigt, A. 1998. Como hacer el cultivo en callejones monoproductivo, sostenible y aceptable a pequeños productores. Boletín Agroecológico 57(9):32-35.

Ludewigs, T., Somarriba, E., Ramírez, O. 1998. Estabilidad y riesgo en sistemas agroforestales con cacao (Theobroma cacao) plátano (Musa AAB) y laurel (Cordia alliodora). AAB Agroforestería en las Américas 5(17-18):17-22.

Medina, J.M., Shultz, S., Velázquez, S. 1998. Uso de un Sistema de Información Geográfico en la toma de decisiones para la reforestación de una cuenca degradada. 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.

Merayo, A., Rojas, C. E., Valverde, B. E., Umaña, E. 1998. Leguminosas de cobertura para el manejo de Rottboellia cochinchinensis en el asocio yuca / maíz . Manejo Integrado de Plagas 48:49-53.

Mesén, F. 1998. Potencial del mejoramiento genético en la silvicultura. Agronomía Costarricense 21(1) (In Press).

Mesén, F., Núñez, Y. 1998. Evaluación genética temprana de 11 fuentes de semilla de Gmelina arborea Roxb. Revista Forestal Centroamericana (In Press).

Mesén, F., Trejos, E. 1998. Propagación vegetativa de San Juan (Vochysia guatemalensis Donn. Smith) mediante enraizamiento de estacas juveniles. Revista Forestal Centroamericana (In Press).

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.

Morataya, R., Galloway, G. 1998. Relaciones entre follaje y albura en Tectona grandis L.F. y Gmelina arborea Roxb.: aplicación de la teoría del modelo vascular e implicaciones en el manejo. Revista Forestal Centroamericana 22:21-28.

Navarro, C., Hernández, M. 1998. Variabilidad genética de Swietenia macrophylla en Costa Rica. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales 18:19-22.

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.

Orozco, L., Camacho, M. 1998. Gavilán (afiche) Revista Forestal Centroamericana 22.

Pezo, D., Ibrahim, M. 1998. Asocio de Arachis pintoi con Gramíneas: Una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. Nutrición Animal Tropical (UCR) (In Press).

Prins, C. 1998. Gestión y manejo de recursos en condominio; el caso de las concesiones forestales comunitarias. Revista Forestal Centroamericana 23 (7):6-11.

Ramírez, S. 1998. San Miguel La Palotada: al cambio social alrededor de una concesión forestal comunitaria. Revista Forestal Centroamericana 24:24-30.

Rivas-Platero, G.G., Andrade, J.C. 1998. Interacción de hongos endomicorrízicos sobre Meloidogyne exigua en café. Manejo Integrado de Plagas 49:68-72.

Rivas-Platero, G.G., Rojas, T. Cuervo, J. 1998. Interacción del hongo vesículo arbuscular Glomus con Meloidogyne arabicida en tomate. Manejo Integrado de Plagas 47:41-43.

Rodriguez, P.E., Ploper, D., Truol, G.A., Kanada, H., Rivas-Platero, G.G., Ramirez, P., Laguna, I.G. 1998. Presencia de un geminivirus en cultivos de soja del noroeste Argentino. Avance Agroindustrial (Argentina) 74: 38-41.

Salazar, E., Ramírez, P., Cubillo, D., Rivas-Platero, G., Hilje, L. 1998. Efecto de la densidad de adultos virulíferos de Bemisia tabaci sobre la severidad del mosaico amarillo del tomate y el rendimiento del cultivo. Manejo Integrado de Plagas 50:42-50.

Salazar, R., González, A. 1998. Manejo de Semillas de Junglans olanchona. Revista Forestal Centroamericana (In Press).

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.

Sánchez Garita, V., Bustamante, E., Shattock, R. 1998. Selección de antagonistas para el control biológico de Phytophthora infestans en tomate. Manejo Integrado de Plagas 48:25-34.

Sánchez Garita, V., Bustamante, E., Shattock, R. 1998. Selección de antagonistas para el control biológico de Phytophthora infestans en tomate Manejo Integrado de Plagas 48:25-34.

Sandoval, J.A., Perez, L., Côte, F.X. 1998. Estudio morfológico y de la estabilidad genética de plantas variantes de banano (Musa AAA cv. "Gran Enano"). Etapas de cultivo in vitro, acclimatación y campo. Corbana 22 (48):41-60.

Shultz, S., Faustino, J., Melgar, D. 1998. Agroforestry and soil conservation: adoption and profitability in El Salvador. Agroforestry Today 9 (4):16-17.

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 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. 1998. Tesis de maestría en Agroforestería 1997. Agroforestería en las Américas. Edición Especial 5 (17-18).

Somarriba, E. 1998. ¿Cómo hacerlo? Diagnóstico y diseño agroforestal Agroforestería en las Américas 5 (17-18):68-72.

Somarriba, E., Calvo, G. 1998. Enriquecimiento de cacaotales con especies maderables. Agroforetería en las Américas (19):28-31.

Talavera, M.E., Bustamante, E., Gonzalez,R., Sanchez,V. 1998. Extraccion y cuantificacion de Beta-Glucano a partir de sustratos comunes en el tropico Manejo Integrado de Plagas 47:31-36.

Talavera, M.E., Bustamante,E., Gonzalez, R., Sanchez,V. 1998. Selección y evaluacion en laboratorio y campo de microorganismos glucanoliticos antagonistas a Mycosphaerella fijiensis Manejo Integrado de Plagas 47:24-30.

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.

Vásquez, W. 1998. Estimación de volúmen para Eucalyptus camaldulensis en el Gurú, Departamento de León, Nicaragua. Revista Forestal Centroamericana 24:16-19.

Zuñiga, C., González, R., Bustamante, E., Argel, P. 1998. Influencia de la humedad del suelo sobre la susceptibilidad de Brachiaria a hongos patógenos. Manejo Integrado de Plagas 49:51-57.

3. Books

Lok, R. (Ed.). 1998. Huertos Caseros Tradicionales de América Cenral: característias, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. Serie CATIE-AGUILA. 232 p.

Smith, N., Dubois, J., Current, D., Lutz, E., Clement, C. 1998. Agroforestry experiences in the Brazilian Amazon: Constraints and Opportunities Pilot Program to Conserve the Brazilian Rain Forest Series. 67 p.

4. Chapters in a book

Anderson, A., Leite, A., Current, D. 1998. Identifying a Market Niche for Agroforestry Products: The Case of the RECA Project In: Greening the Amazon: Communities and Corporations in Search of Sustainable Business Practices. Book edited by Anthony Anderson of the World Bank (In Press).

Anderson, L., Sinclair, F. 1998. Interacciones ecológicas en los sistemas agroforestales. In: Jiménez, F. & Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. Pp. 15-84.

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. Pp. 169-186.

Beer, J., Kapp, G., Lucas, C., Vargas, A. 1998. Taungya y sistemas agroforestales 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.

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. Pp. 187-202.

Benavides, J. 1998. Arboles 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. Pp. 315-338 .

Berthouly, M., Etienne, H. 1998. Somatic embryogenesis in coffee. In: Somatic Embryogenesis in Woody Plants. S.M.JAIN , Gupta, P. and Newton, R.J. (Eds). Kluwer Academic Publishers, Netherlands. (In Press).

Budowski, G. 1998. Importancia, características y uso de las cercas vivas. In: Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. Pp. 117-128.

Carballo, M. 1998. Opciones para el manejo del picudo del plátano (Cosmopolites sordidus Germar). In: Jaime E. Garcia (Ed.) Opciones al uso unilateral de plaguicidas en Costa Rica. Pasado, Presente y Futuro. (In Press).

Current, D., Lutz, E., Scherr, S. 1998. Costs, Benefits, and Farmer Adoption of Agroforestry In: Agriculture, Development, and the Environment: Policy, Institutional, and Technical Perspectives. World Bank Publication edited by Ernst Lutz (In Press).

Etienne, H., Etienne-Barry, D. , Vásquez, N., Berthouly, M. 1998. Aportes de la biotecnología al mejoramiento genético del café: ejemplo de la multiplicación por embriogénesis somática de híbridos F1 en América Central. (In Press).

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. Pp. 203-222.

Fernández, C.E., Muschler, R.G. 1998. Los sistemas de cultivo del café frente al desafío del ecodesarrollo. In: Bertrand, B., Dufour, B., Sallée, B. (eds). Desafíos de la Caficultura Centroamericana. CIRAD/IICA/PROMECAFE. (In Press).

Hidalgo, E., Shannon, P. J., Flores, L. 1998. Selección de cepas de Bacillus popilliae para el control de especies de Phyllophaga (Coleoptera: Melolonthidae). In: Morón, M.A. & Aragón, A. (eds). Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleópteros edafícolas americanos. Memorias de la V Mesa Redonda sobre Insectos Plaga Edafícolas, 12 al 14 de octubre de 1998, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla de Zaragoza, Puebla, México. Puebla de Zaragoza, Puebla, México. Sociedad Mexicana de Entomología, A.C. / Benmérita Universidad Autónoma de Puebla. Pp. 165-172.

House, P.R., Ochoa, L. 1998. La diversidad de espcies útilies en diez huertos caseros en la aldea de Camalote, Honduras. In: Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: carácterísticas, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. Pp. 61-84.

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/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. Pp. 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. Serie Técnica. Manual Técnico No. 28. Chapter 3. Pp. 15-43.

Jiménez, J. 1998. Soportes vivos para la producción de cultivos agrícolas. In: Jiménez, F. & Vargas, A. (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. Pp. 279-288.

Jiménez, F. 1998. Clima y agroforestería. In: Jiménez, F. & Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. Pp. 109-126.

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/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. Pp. 257-278.

Kass, D. 1998. Barbechos mejorados. In: Jiménez, F. & Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. Pp. 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. CRC Press, Boca Raton, Florida. 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/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. Pp. 85-108.

Lok, R. 1998. El huerto casero tropical tradicional en América Central. In: Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. Pp. 7-28.

Lok, R. 1998. Huertos caseros tropicales tradicionales: un nuevo enfoque. In: Jiménez, F. & Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. Pp. 339-361

Lok, R. 1998. Comentario Final. In: Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. 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. Pp. 1-6.

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. Pp. 129-150.

Lok, R., Samaniego, G. 1998. La valorización sociocultural del huerto y el 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. Pp. 185-222.

Lok, R., Wieman, A., Kass, D. 1998. Influencia de las características de sitio y el acceso a 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. Pp. 29-60.

Marsh, R., Hernández, I. 1998. El aporte del huerto en la economía del hogar en Honduras y Nicaragua. In: Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. Pp. 150-184.

Montagnini, F., Jordan, C.F., Matta, R. 1998. Nutrient cycling and nutrient-use efficiency in agroforestry systems. In: Ashton, M. and Montagnini, F. (Eds.). The Silvicultural Basis for Agroforestry Systems. Winrock/Oxford & IBH Series in Agroforestry. (In Press).

Scherr, S., Current, D. 1998. Incentives for Agroforestry Development: Experience in Central America and the Caribbean In: Using Incentives in Soil Conservation. Book being prepared by IBSRAM (Intl. Board for Soil Research & Mgmt) (In Press).

Somarriba, E. 1998. ¿Qué es agroforestería?. In: Jiménez, F. & Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico. No. 32. Pp 1-14.

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. Serie Técnica. Manual Técnico No. 28. Pp. 45-55.

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. Serie Técnica. Manual Técnico No. 28. Chapter 1. Pp. 3-6.

von Platen, H., Köpsell, E. 1998. Economía y sistemas agroforestales. In: Jiménez, F. & Vargas, A (Eds). Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. Pp. 127-168.

Watt, A. D., Newton, A. C. and Cornelius, J. P. 1998. Resistance in mahoganies to Hypsipyla species - a basis for integrated pest management. (In Press).

Wieman, A., Leal, D. 1998. La cría de animales menores en los huertos en diferentes regiones de América Central. In: Lok, R. (Ed.). Huertos Caseros Tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. Pp. 85-116.

5. Papers in conference proceedings

Aguirre, J. A. 1998. Generación de ingresos a través de la valoración total de los bienes y servicios del bosque tropical. In: Memorias del Simposio del Bosque en Costa Rica (ed. Academía Nacional de Ciencias), 30-31 octubre, 1997, Heredia, Costa Rica. Pp. 242-255.

Aguirre, J., Soihet, C., Vlosky, R. P. 1998. Conocimiento, aceptación y pre-condiciones para la implementacion de la certificación forestal: los casos de Costa Rica y Honduras. Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 16 p.

Aguirre, J.A. 1998. Megatendencias socioeconómicas, agroambiente y globalización: retos del siglo XXI. In: Simposio Internacional "Globalización y sistemas agroalimentarios". Fundacion Polar, Asociacion Internacional de Economia Agroalimentaria.(AIEA.2). Universidad de los Andes, 15-17 de julio. 1998. Caracas, Venezuela.

Beer, J., Guevara, R. 1998. Sistemas integrados de producción y desarrollo rural forestal en América Latina. Trabajo central. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 11 p.

Camino, T. de, Campos, J. 1998. SciBos: Un Sistema Científico de Información desarrollado en la Unidad de Manejo de Bosques Naturales / CATIE, Costa Rica. Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 11 p.

Campos, J., Finegan, B., Camacho, M., Quirós, D. 1998. Sostenibilidad del manejo de bosques naturales: resultados sobre la factibilidad ecológica y económica en Costa Rica Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 12 p.

Cárdenas, J.C, Rivillas, C.,Bustamante, E., Rivas-Platero, G.G., Pérez, C.M. 1998. Aislamiento de Pseudomonas fluorescentes de raíces de café sanas y afectadas por Rossellinia bunodes en la zona cafetera central colombiana. Memorias XIX Congreso Nacional de Fitopatología. San Juan de Pasto. Colombia. Mayo 27-28. 1998. ASCOLFI. Pp.106.

Cárdenas, J.C. Rivillas, C., Bustamante, E., Rivas-Platero, G.G.. 1998. Efecto de Pseudomonas fluorescentes sobre Rosellinia bunodes en plantas de café. Memorias XIX Congreso Nacional de Fitopatología. San Juan de Pasto. Colombia. Mayo 27-28. 1998. ASCOLFI. Pp. 67.

Current, D., Rossi, L., Sabogal, C., Nalvarte, W. 1998. Comparación de la potencial del manejo de la regeneración natural con asocio agroforestal y plantaciones puras para tres especies: Estudios de caso en Brasil, Perú y Costa Rica. Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El

Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 15 p.

Eibl, B., Montagnini, F. 1998. El potencial de las especies nativas en programas de plantación. En: VI Jornadas Técnicas, Serie Técnica No. 6, Ecología de Especies Nativas de la Selva Subtropical Misionera. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado, Misiones, Argentina. Mayo, 1998. Pp. 19-26.

Eibl, B., Montagnini, F., Fernández, R., Kozarik, J.C., Nozzi, D., Lupi, A. 1998. Sistemas agroforestales con Ilex paraguariensis (Yerba mate) y árboles maderables nativos en pequeñas propiedades en Misiones, Argentina. En: VI Jornadas Técnicas, Serie Técnica No. 6, Ecología de Especies Nativas de la Selva Subtropical Misionera. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado, Misiones, Argentina. Mayo, 1998. Pp. 27-32.

Eibl, B., Montagnini, F., Grance, L., Maiocco, D., Nozzi, D. 1998. Técnicas de enriquecimiento de bosques degradados en la selva subtropical paranaense de Misiones, Argentina. En: VI Jornadas Técnicas, Serie Técnica No. 6, Ecología de Especies Nativas de la Selva Subtropical Misionera. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado, Misiones, Argentina. Mayo, 1998. Pp. 36-44.

Eibl, B., Montagnini, F., Szczipanski, L., Ríos, R., Thews, C. 1998. Evolución de la regeneración natural de dos sistemas de aprovechamiento y bosque nativo no perturbado en la Provincia de Misiones, Argentina. En: VI Jornadas Técnicas, Serie Técnica No. 6, Ecología de Especies Nativas de la Selva Subtropical Misionera. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado, Misiones, Argentina. Mayo, 1998. Pp. 18.

Fassaert, C. 1998. Género y manejo integrado de plagas. In: Memorias Diálogo Nacional MIP-Género, 29-30 octubre 1997. Pp. 34-40.

Fassaert, C. 1998. Propuesta para un plan de capacitación en género con enfasis en estrategias, diseño e implementación de la misma. In: Memoria del curso teorico práctico de desarrollo rural y enfoque de géneros, 14-16 de mayo 1997, San Salvador, El Salvador. Pp. 71-76.

Fassaert, C., Rugama, R. 1998. La relevancia del enfoque de género en el manejo integrado de plagas. In: Memorias VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas, 26-30 octubre de 1998, Managua, Nicaragua. Pp. 177.

Finegan, B., Camacho, M., Delgado, D., Guillén, L., Orozco, L., Quirós, D., Zamora, N. 1998. Producción y conservación en bosques húmedos tropicales de la vertiente atlántica de Centroamérica: Resultados e implicaciones de una decada de investigación en Costa Rica. Trabajo especial. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 12 p.

Fonseca, F. Merayo, A., Valverde, B.E., Alvarez, T. 1998. Interacción entre dos tipos de Mucuna dos variedades de maíz y la caminadora (Rottboellia cochinchinensis) . In Memorias VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. Del 26 al 30 de Octubre, 1998. Managua Nicaragua. Pp. 55.

Godoy, J.C., Kanninen, M., Ramírez, O., Gómez, M. 1998. Análisis de los programas de incentivos a la reforestación implementados en Costa Rica. Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 13 p.

Hilje, L. 1998. An action network for whitefly and geminivirus management in Latin American and the Caribbean. In: International Conference on Pesticide Use in Developing Countries: Impact on Health and Environment. San José, Costa Rica. Pp. 129.

Hilje, L. 1998. Living ground covers for managing whiteflies as vectors of geminiviruses. In: 2nd International Workshop on Bemisia and Geminiviral Diseases. Program and Abstracts. R. T. Mayer & D.P. Maxwell (eds.). San Juan, Puerto Rico. Pp. L-94.

Hilje, L. 1998. Aspectos bioecológicos de Bemisia tabaci y su importancia en la epidemiología de enfermedades virales. In: Memoria. VII Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Managua, Nicaragua. Pp. 193.

Hilje, L. 1998. Aspectos bioecológicos de Bemisia tabaci y su importancia en la epidemiología de enfermedades virales. In: Memoria VII Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Managua, Nicaragua. In Press.

Hilje, L. 1998. Avances y perspectivas del Plan de Acción para el Manejo de Moscas Blancas y Geminivirus en América Latina y el Caribe. In: Memoria VII Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Managua, Nicaragua. In press.

Hilje, L. 1998. Prácticas agrícolas para el manejo del complejo Bemisia tabaci-geminivirus: Potencial y avances. In: Memoria VII Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Managua, Nicaragua. In Press.

Hilje, L.., Cubillo, D., Sanabria, G. 1998. Eficacia de coberturas vivas para el manejo de Bemisia tabaci como vector de geminivirus, en tomate. In: Memoria. VII Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Managua, Nicaragua. Pp. 215.

Jovel, J., Hilje, L.; Kleinn, C.; Valverde, B.; Ramírez, P., Cartin, V. 1998. Movimiento diario de Bemisia tabaci en parcelas de tomate, diseminación local del mosaico amarillo y fuentes de inóculo del ToYMV-CR en Guayabo, Costa Rica. In: Memoria. VII Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Managua, Nicaragua. Pp. 198.

Jovel, J., Kleinn, C.; Hilje, L. 1998. Un modelo para evaluar el efecto de atributos espaciales sobre la diseminación de enfermedades de plantas. In: Memoria XXXVIII Reunión Anual de la Sociedad Americana de Fitopatología División Caribe (APS-CD). Managua, Nicaragua. Pp. 243.

Kanninen, M., Aguilar, M.E., Navarro, C., Cote, F. 1998. Networking the research in biotechnology and forest tree improvement in Central America and the Caribbean. In: International Foundation for Science (IFS). Recent Advances in Biotechnology for Tree Conservation and Management, Proceedings of an IFS Workshop in Florianopolis, Brazil, 15-19 September 1997. Pp. 319-327.

Karkashian, J.P.,; Nakhla, M.K., Maxwell, D.P., Hilje, L., Ramírez, P. 1998. Enhanced symptom severity in mixed infections of two tomato-infecting geminiviruses in Costa Rica. In: Memoria VII Taller Latinoamericano y del Caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Managua, Nicaragua. Pp. 204.

Kent, J., Marmillod, D., Ammour, T., Villalobos, R. 1998. Investigación y desarrollo: hacia el manejo sostenible de un insecticida natural en Talamanca, Costa Rica Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 9 p.

Kleinn, Ch. 1998. Forest Assessments: How do they contribute to the large area information needs on natural resources? In: Anais do IV Simpósio de Ecosistemas Brasileiros. 2 a 7 de abril de 1998, Águas de Lindóia, SP, Brasil. Pub. Aciesp no 104 (Academia de Ciencias do Estado de Sao Paulo). Vol II. Pp.288-295.

Kleinn, Ch. 1998. Assessing forest fragmentation metrics from forest inventory cluster samples. In: International Conference on the Inventory and Monitoring of Forested Ecosystems: Integrated Tools for Natural Resources Inventories in the 21st Century; August 16-20, 1998, Boise, Idaho, USA. In Press.

Lugo, L., Rivas-Platero, G.G. 1998. Respuesta del crecimiento de vitroplantas de banano a la inoculación con hongos endomicorrízicos. Memorias II Simposio Simbiosis Micorriza. Colima, México 4-6 nov. 98. Pp. 47.

Marmillod, D., Villalobos, R., Robles, G. 1998. Hacia el manejo sostenible de especies vegetales del bosque con producto no maderables: las experiencias del CATIE en esta década Trabajo especial. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 14 p.

Marmillod, D., Gálvez, J. 1998. Efecto del aprovechamiento maderero sobre la población de bayal, una especie no maderable del bosque petenero: Implicaciones para una silvicultura con fines de producción diversificada de este bosque In: BOLFOR, CIFOR, IUFRO. Memorias del Simposio internacional sobre posibilidades de manejo forestal sostenible en América Tropical. Santa Cruz, Bolivia, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Pp. 71-79.

Merayo, A, Fonseca, F., Valverde, B.E., Alvarez, T. 1998. Efecto de la densidad y momento de siembra de mucuna sobre la suprecion de Rottboellia cochinchinensis y el rendimiento de maíz . In: Memorias VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. Del 26 al 30 de Octubre., 1998. Managua Nicaragua.P p .77.

Mery, G., Kanninen, M. 1998. Las plantaciones forestales y el secuestro de carbono en Chile. Trabajo especial. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 14 p.

Mesén, F. 1998. La importancia del mejoramiento genético y uso de semilla mejorada en proyectos de investigación. In: Memorias Seminario: Aumento de la rentabilidad de las plantaciones forestales: un reto ligado al uso de semilla de alta calidad. Ministerio del Ambiente y Energía, Oficina Nacional de Semillas, Cámara Costarricense Forestal, San José, Costa Rica, 1998. Pp. 1-2.

Montagnini, F., Eibl, B., Fernández, R., Lupi, A. 1998. Reciclaje de nutrientes en plantaciones jóvenes con árboles nativos. En: VI Jornadas Técnicas, Serie Técnica No. 6. Ecología de Especies Nativas de la Selva Subtropical Misionera. Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado, Misiones, Argentina. Mayo, 1998. Pp. 34-35.

Montagnini, F., Eibl, B., McDonaugh, P., Kobayashi, S. 1998. Manejo sostenible y recuperación de bosques degradados: resultados preliminares de experiencias de una red internacional Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 14 p.

Morataya, R., Galloway, G. 1998. Relaciones entre follaje y albura en Tectona grandis L.F. y Gmelina arborea Roxb.: aplicación de la teoría del modelo vascular e implicaciones en el manejo. Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 15 p.

Navarro, C., Hernández, M. 1998. Evaluación de la diversidad genética de especies tropicales de importancia económica y ecológica en Centro America y el Caribe, implicaciones para la conservación, la utilización sostenible y el manejo. Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 11 p.

Otárola, E., Ugalde, L. 1998. Productividad y cuantificación económica de los productos de raleos en Turrialba, Costa Rica. Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 8 p.

Pedroni, L., Velásquez, S. 1998. Medición y diagnóstico de cobertura boscosa: ¿Qué tan útiles son las imágenes de satélite en nuestro medio? In: Memorias del Simposio Conservación del Bosque en Costa Rica (ed. Academía Nacional de Ciencias), 30-31 octubre, 1997, Heredia, Costa Rica. Pp. 85-99.

Quevedo Sopepí, R. C., Aguirre, J.A., Finegan, B., Louman, B. 1998. Evaluación financiera de la planificación para el aprovechamiento forestal en Santa Cruz, Bolivia. Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 15 p.

Rivas-Platero, G.G. 1998. Evalación de germoplasma de tomate: respuesta a la infección con geminivirus. Memorias VI Taller Latinoamericano de Mosca Blanca y Geminivirus. 26-30 octubre. 1988. Managua, Nicaragua. Pp. 206.

Rivas-Platero, G.G. 1998. Hongos endomicorrízicos y el manejo de Meloidogyne exigua en café. Memorias II Simposio Simbiosis Micorriza. Colima, México 4-6 nov. 98. Pp. 14.

Rivas-Platero, G.G. 1998. Evaluación de germoplasma y resistencia a plagas en ñame, tomate y cucurbitáceas. Memorias I Taller Regional de Recursos Geneticos de Hortalizas (17-20, feb., 1998) CATIE/IICA/REDCAHOR. Turrialba, Costa Rica. In Press.

Rivas-Platero, G.G., Cuervo, J. 1998. Respuesta del crecimiento de Tabebuia rosea a la inoculación con Glomus occultum en mezcla con abonos orgánicos. Memorias II Simposio Simbiosis Micorriza. Colima, México 4-6 nov. 98. Pp. 37.

Robles, G., Villalobos, R., Marmillod, D., Chang, Y 1998. La etnobotánica como una herramienta para orientar la diversificación del manejo sostenible de los bosques tropicales: el caso Teribe. In: Congreso Latinoamericano de Botánica, México. Octubre 1998. Diversidad y conservación de los recursos vegetales en Latinoamérica, Libro de resúmenes. México, Sociedad Botánica. Pp.58.

Sánchez Garita, V. 1998. Control biológico de Rottboellia cochinchinensis In: 12avo Congreso de ATACORI, Costa Rica. Pp. 25.

Ugalde, L. 1998. MIRA, un Sistema de Manejo de Información para el apoyo a la investigación y a la transferencia de tecnología. Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 1 p.

Vallejos, O., Ugalde, L. 1998. Indice de sitio dasométrico y ambiental para Tectona grandis, Bombacopsis quinatum y Gmelina arborea creciendo en Costa Rica. Trabajo voluntario. In: Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO, El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafío del Siglo XXI, 22 al 28 de noviembre de 1998, Valdivia, Chile (CD-ROM). 16 p.

Valverde, B. Chaves, L. y Ramirez, F. 1998. La resistencia a herbicidas dificulta el manejo de malezas en el cultivo de arroz. In: Memorias Conferencias magistrales. I Simposium Internacional de Arroz (Inifap). 18 septiembre de 1998. Morelos, Mexico. Pp. 13-29.

Vargas,E. Ramírez, F. Valverde, B. Carazo, E. Carmiol, J. 1998. Efecto del insecticida terbufos sobre los enemigos naturales de Spodoptera frugiperda y Diatraea saccharalis. In: Resúmenes de ponencias del VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. (Comité Nacional de Manejo Integrado de Plagas) Managua, Nicaragua, 26-30 octubre 1998. Pp 73.

Vásquez, N., Salazar, K., Solano, W., Pereira, A., Bertrand, B., Etienne, H 1998. Eventos histológicos en la obtención de callo embriogénico de alta frecuencia en híbridos F1 de Coffea arabica. In: Memorias VII Congreso Latinoamericano de Botánica, México.Unidad de Congresos del Centro médico Nacional Siglo XXI, Ciudad de México, 18-24 Octubre. Sede Universidad Autónoma Metropolitana. Pp. 277-278.

Vasquez, N., Salazar, K., Solano, W., Pereira, A., Bertrand,B., Etienne, H. 1998. Embriogenesis de alta frecuencia en hibridos F1 de Coffea arabica: reactividad y eventos histologicos In : Resúmenes III Encuentro Latinomaericano de Biotecnologia vegetal. REDBIO 98. La Habana, Cuba, junio 1-4, 1998. Pp. 85-86.

Velasco, J. Rivas-Platero, G.G., Ibrahim, M. 1998. Hongos endomicorrízicos asociados a un sistema silvopastoril. Memorias II Simposio Simbiosis Micorriza. Colima, México 4-6 nov. 98. Pp. 66.

Villalobos, R., Chang, Y., Marmillod, D., Bedoya, R., Leigue, L. 1998. Desarrollo de criterios silviculturales para el manejo de Quassia amara, un producto no maderable del bosque tropical. In: BOLFOR, CIFOR, IUFRO. Memorias del Simposio internacional sobre posibilidades de manejo forestal sostenible en América Tropical. Santa Cruz, Bolivia, Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Pp. 64-70.

6. CATIE Serie técnica

Aguirre, J., Soihet, C., Vlosky, R. 1998. Certicación del manejo sostenible de los bosques en Hoduras: conocimiento, aceptación e implicaciones. CATIE. Serie Técnica - Informe Técnico No. 302. 123 p.

Calvo, G., Somarriba, E. 1998. Sombras leguminosas para cacaotales: costos y beneficios financieros. CATIE. Serie Técnica - Informe Técnico No. 301. 30 p.

Campos, J. J., Perl, M. (eds.) 1998. Certificación forestal. Avances y perspectivas en América Latina y el Caribe. Memorias de la primera conferencia regional sobre certificación forestal realizada en Turrialba, Costa Rica, 8 y 9 de diciembre 1997. CATIE. Serie Técnica - Reuniones técnicas No. 1. 129 p.

Coto, T.D. 1998. Estados inmaduros de insectos de los órdenes Coleoptera, Diptera y Lepidoptera . Manual para su reconocimiento. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico No. 27. 153 p.

Gómez, M., Ramírez, O.A. 1998. Una metodología para el análisis financiero de las concesiones forestales en el Petén, Guatemala. CATIE. Serie Técnica (CATIE-CONAP). In Press.

Guariguata, M. 1998. Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales. No.14. in Press.

Ibrahim M., Beer, J. (Eds.). 1998. Agroforestry Prototypes for Belize. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico. No. 28. 55 p.

Jiménez, F., Vargas, A. (eds.) 1998. Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico No. 32. 360 p.

Mesén, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE Serie Técnica, Manual Técnico No. 30. 36 p.

Quirós, D., Gómez, M. 1998. Manejo sostenible de un bosque primario intervenido en la zona Atlántica Norte de Costa Rica. Análisis financiero. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales. No 303. 22 p.

Saunders, J.L., Coto, T.D., King, A.B. 1998. Las plagas inverterbradas de cultivos anulaes alimenticios en América Central. Segunda Edición. CATIE, Serie Técnica. Manual Técnico No. 29. 305 p.

Somarriba, E., Meléndez, L., Campos, W., Lucas, C., Luján, R. 1998. Cacao bajo sombra de leguminosas en Margarita, Talamanca, Costa Rica: manejo, fenología, sombra y producción de cacao. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No.289. 51 p.

7. Articles in bulletins, magazines, etc.

Aguirre, J.A. 1998. Environment, trade and the FTAA. COMUNIICA Año 2 No 8. Pp. 48-58.

Anthony F. 1998. Mejoramiento de la resistencia del café a los nematodos, con el uso de los recursos genéticos y de los marcadores moleculares. Boletín de PROMECAFE 79: 15-17.

Anthony F. 1998. Sustainable improvement of nematode resistance in coffee cultivars. Noticias del CATIE 3 (1): 7.

Anthony F. 1998. Sustainable improvement of nematode resistance in coffee cultivars (Coffea arabica L.) of Central America. Web site of CATIE.

CATIE. 1998. Swietenia humilis. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 35:1-2.

CATIE. 1998. Dipteris panamensis. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 33:1-2.

CATIE. 1998. Astronium graveolens. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 30:1-2.

CATIE. 1998. Abies guatemalensis Rehder. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 55:1-2.

CATIE. 1998. Calycophyllum candidissimum (Vahl.) DC. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 53:1-2.

CATIE. 1998. Cordia dentata poiret. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 49:1-2.

CATIE. 1998. Anacardium excelsum (Britton & Rose) Standley. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 52:1-2.

CATIE. 1998. Colubrina arborescens (Mill.) Sarg. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 50:1-2.

CATIE. 1998. Dalbergia retusa. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 34:1-2.

CATIE. 1998. Guarea guara. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 42:1-2.

CATIE. 1998. Terminalia oblonga. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 28:1-2.

CATIE. 1998. Zanthoxylum mayanum. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 38:1-2.

CATIE. 1998. Hevea brasiliense. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 44:1-2.

CATIE. 1998. Inga edulis. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 37:1-2.

CATIE. 1998. Inga vera. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 40:1-2.

CATIE. 1998. Leucaena salvadorensis. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 43:1-2.

CATIE. 1998. Magnolia poasana. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 29:1-2.

CATIE. 1998. Cedrela tonduzii C. DC. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 47:1-2.

CATIE. 1998. Pentacletra macroloba. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 26:1-2.

CATIE. 1998. Magnolia Yoroconte Dandy. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 54:1-2.

CATIE. 1998. Carapa guianensis. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 32:1-2.

CATIE. 1998. Pinus occidentalis. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 45:1-2.

CATIE. 1998. Rhizophora mangle C.DC. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 48:1-2.

CATIE. 1998. Cassia grandis. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 36:1-2.

CATIE. 1998. Prosopis juliflora. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 39:1-2.

CATIE. 1998. Ochroma lagopus SW. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 46:1-2.

CATIE. 1998. Caesalpina velutina (Britton & Rose) Standley. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 51:1-2.

CATIE. 1998. Quercus costarricensis. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 27:1-2.

CATIE. 1998. Ceiba penthandra. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 31:1-2.

CATIE. 1998. Catalpa longissima. CATIE. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No 41:1-2.

Esau, K., Salazar, R. 1998. Condiciones óptimas para la germinación de Alnus acuminata spp arguta (Schlechtendal) Farlow y Pithecellobium saman (Jacq.) Benth. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales 19:9-13.

Jara, L.F., Rodríguez, L. 1998. Fuentes semilleras en América Central y República Dominicana. REMSEFOR-PROSEFOR-CATIE. Turrialba, Costa Rica. In Press.

Jara, L.F., Canjura, E.M., Díaz, O.E., Salinas, J.A. 1998. Producción de semilla de cuatro especies forestales en El Salvador. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales 19:17-23.

Jara, L.F., Rodríguez, L. 1998. Requisitos para la importación y exportación de semillas forestales. Red Regional de Semillas Forestales para América Central y el Caribe (REMSEFOR), Turrialba, Costa Rica. 41 p.

Louman, B. 1998. Certificación forestal en Centroamérica. Manejo Forestal Tropical (CATIE) No 6. 8 p.

Louman, B. 1998. Implicaciones de la certificación para las prácticas de manejo forestal en América Central. Manejo Forestal Tropical (CATIE) No. 7. 8 p.

Louman, B. 1998. Areas demostrativas y áreas de manejo operacional: descripción e importancia para el manejo forestal sostenible en América Central Manejo Forestal Tropical (CATIE) No. 8. 8 p.

Mesén,F. 1998. Especies forestales: ¿vale la pena utilizar semilla certificada?. Boletín Informativo de la Oficina Nacional de Semillas, Costa Rica. Pp. 2-3.

Navarro, C., Hernández, M. 1998. Colección de Swietenia macrophylla en América Central y México. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales no.20:8-15.

Quirós, D. 1998. Utilización de motosierra con marco en La Tirimbina. Costa Rica. Determinación de costos, rendimientos y utilidades. Manejo Forestal Tropical (CATIE) No 2. 8 p.

Quirós, D. 1998. Prescripción de un tratamiento silvicultural en un bosque primario intervenido de la zona atlántica de Costa Rica. Manejo Forestal Tropical (CATIE) No. 5. 11 p.

Quirós, D. 1998. Muestreos para la prescripción de tratamientos silviculturales en bosques naturales latifoliados. Guía de campo. Manejo Forestal Tropical (CATIE) No 4. 8 p.

Quirós, D. 1998. Ejecución del muestreo diagnóstico en bosques naturales húmedos latifoliados. Guía de campo. Manejo Forestal Tropical (CATIE) No 3. 4 p.

Quirós, D. 1998. Prescripción de un tratamiento silvicultural en un bosque primario intervenido de la zona atlántica de Costa Rica. Manejo Forestal Tropical (CATIE). In Press.

Quirós, L., Arce, J. 1998. Influencia del tamaño de la semilla en la germinación y crecimiento inicial de las plántulas de encino. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales 18:8-13.

Ramírez, S. 1998. Un hombre grande en la lucha contra las plagas Revista Ecología 1(2) p.18.

Ramírez, S. 1998. Un Macondo en Nicaragua Revista Dominical, Periódico La Nación, San Jose (C.R):Jun.22:6.

Rivas-Platero, G.G. 1998. Avanza investigación sobre simbiosis micorriza en tomate, café, platano y especies forestales. Noticias del CATIE 3(1):6.

Salazar, R. 1998. Continúa apoyo para mejorar la calidad de las semillas forestales Boletín Informativo de la Sección de Semillas Forestales (Panamá) No. 1:2-3.

Salazar, R., González, A. 1998. Almacenamiento de semillas de Araucaria hunsteinyi en Costa Rica Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales 19:14-17.

Vásquez, W., Salazar, R. 1998. Respuesta de las semillas de chancho colorado (Vochysia ferruginea) a la desecación. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales No. 20:19-22.

8. Presentations in congresses (abstracts etc.)

Aguilar, M.E., Mesén, F. 1998. Estado actual de la biotecnología forestal en Costa Rica. In: Primer Taller Nacional sobre Biotecnología Vegetal. Memorias, REDBIO/Costa Rica, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, 21-22 de agosto 1997. 21 p. In Press.

Aguilar, M.E., Vásquez, N., Engelmann, F,Cote, F. 1998. Cryopreservation at CATIE: an additional tool for the conservation of tropical agricultural crops and forest species. In: Joint International Workshop 1998, Cryopreservation of Tropical plant germplasm: current research progress and applications, JIRCAS / IPGRI, Tsukuba, Japón 20 - 23 october (Poster).

Barry-Etienne, D., Solano, W., Vásquez, N., Teisson, C., Berthouly, B., Bertrand, B., Etienne, H. 1998. Mass production of Coffea arabica somatic embryos in a bioreactor with temporary immersion and direct sowing in the nursery. Memorias International Association of Plant Tissue Culture (IAPTC). June, 1998. Jerusalem, Israel.

Campos, J.J., Perl, M. 1998. Certificación forestal; Avances y perspectivas en América Latina y el Caribe. CATIE. Serie Técnica. Reuniones Técnicas No. 1.

Carballo, M., Rodriguez, L., Durán, J. 1998. Uso de Beauveria bassiana (Bals) para el control microbiano del picudo del chile (Anthonomus eugenii) en el laboratorio. In: VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. Nicaragua, 26-30 octubre 1998. Memorias. Pp.109.

Cárdenas J., Bustamante, E., Sanchez, V., Rivas-Platero, G.G. 1998. Effect of fluorescent Pseudomonas on Rosellinia bunodes on coffee plants. APS Annual Meeting Abstracts. Nevada USA. 8-12 nov, 1998. Poster.

Carvajal P., C., Shannon, P.J., Ferreira, P., Hidalgo, E., Bustamante, E. 1998. Interactions of entomopathogenic fungi in Phyllophaga menetriesi. In: Meeting Program and Abstracts. VIIth International Colloquium on Invertebrate Pathology and Microbial Control / IVth International Conference on Bacillus thuringiensis. Sapporo, Japan, August 23-28, 1998. (Society for Invertebrate Pathology]. Pp. 34.

Chaves, L., Ramírez, F., Valerde, B.E. 1998. Manejo Integrado de Echinochloa colona resistente a propanil en Arroz de Secano. In: Memoria VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas.

Coto, D. Carballo, M. 1998. Plagas primarias del caimito> Conotrachelus sp y Anastrepha serpentina Wid. In: VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas. Nicaragua. 26-30 octubre 1998. Memorias. Pp. 151.

Fassaert, C., Romellon, C. 1998. La aplicación de RAAKS en el parque nacional Piedras Blancas, Costa Rica. (poster). In: II Taller de Investigación Participativas, CATIE, Costa Rica.

Hidalgo, E., Flores, L. 1998. Evaluación de métodos de producción in vivo de Bacillus popilliae con larvas de Phyllophaga (Coleoptera: Scarabaeidae). In: Memoria. VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas / VII Taller Latinoamericano y del Caribe de Mosca Blanca y Geminivirus / XXXVIII Reunión Anual de la Sociedad Americana de Fitopatología División Caribe (APS-CD). 26 - 30 de octubre de 1998, Managua, Nicaragua. Nicaragua. Comité Nacional de Manejo Integrado de Plagas. Pp. 120.

Hidalgo, E., Shannon, P.J., Flores, L. 1998. Bacillus popilliae from the tropical and sub-tropical Americas. In: Meeting Program and Abstracts. VIIth International Colloquium on Invertebrate Pathology and Microbial Control / IVth International Conference on Bacillus thuringiensis. Sapporo, Japan, August 23-28, 1998. [Society for Invertebrate Pathology]. Pp. 42.

Kass, D., Vasconcelos, J., Tavares, Fernanda 1998. Long-term effects of application of organic residues to a soil derived from volcanic ash. 16th. World Congress of Soil Science. Scientific registration no. 634, Symposium no. 40.

Martínez, A., Hidalgo, E., Flores, L. 1998. Evaluación de cepas promisorias de Metarhyzium anisopliae y Beauveria bassiana para el control de Phyllophaga spp a nivel de campo. In: Memoria. VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas / VII Taller Latinoamericano y del Caribe de Mosca Blanca y Geminivirus / XXXVIII Reunión Anual de la Sociedad Americana de Fitopatología División Caribe (APS-CD). 26 - 30 de octubre de 1998, Managua, Nicaragua. Nicaragua. Comité Nacional de Manejo Integrado de Plagas. Pp.118-119.

Mesén, F. 1998. Estrategias a corto y largo plazo para el mejoramiento genético de especies forestales. Memorias, Seminario/Taller: Forestería: prioridades y estrategias para la investigación nacional, Instituto Superior de Agricultura, República Dominicana, 29-31 enero, 1998. 10 p.

Mesén, F. 1998. La importancia del mejoramiento genético y uso de semilla mejorada en proyectos de investigación. In: Memorias Seminario: Aumento de la rentabilidad de las plantaciones forestales: un reto ligado al uso de semilla de alta calidad. Ministerio del Ambiente y Energía, Oficina Nacional de Semillas, Cámara Costarricense Forestal, San José, Costa Rica, 1998. 2 p.

Mesén, F., Cornelius, J.P., Salazar, R., Vásquez, W., Jara, L.F. 1998. Tree improvement and forest seeds. Poster.

Phillips-Mora, W. 1998. Marcadores Moleculares en Plantas. In: Memorias, Curso Introducción a la Biología Molecular. Asociación Costarricense de Biotecnología, San José, Costa Rica. 29 p.

Phillips-Mora, W., Crouzillat, D. 1998. Análisis de la resistencia a Phytophthora palmivora en cacao usando QTL. Tercer Encuentro Latinoamericano de Biotecnología Vegetal. La Habana, Cuba. 1-5 de Junio de 1998. (Poster).

Phillips. W. 1998. Biologia molecular y marcadores en agricultura. Memorias Congreso de la Asociacion de Estudiantes de Ciencias Agricolas, EARTH, Guacimo.

Salazar, R. 1998. Cómo asegurar el éxito de una plantación forestal. Taller Seminario sobre Prioridades y Estrategías de Investigación Forestal en República Dominicana. Sto. Domingo, República Dominicana. 6 p.

Sánchez Garita, V.; Shattock, R.; Bustamante, E. 1998. Caracterización de aislamiento de Phytophthora infestans de Costa Rica. In: VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas, VII Taller Latinoamericano y del Caribe de Mosca Blanca y Geminivirus y XXXVIII Reunión Anual de la Sociedad Americana de Fitopatología, División del Caribe. Pp. 236.

Shannon, P.J., Hidalgo J., E., Flores, L. 1998. Selection of Bacillus popilliae isolates in Phyllophaga spp. white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae). In: Meeting Program and Abstracts. VIIth International Colloquium on Invertebrate Pathology and Microbial Control / IVth International Conference on Bacillus thuringiensis. Sapporo, Japan, August 23-28, 1998. [Society for Invertebrate Pathology]. Pp. 47.

Somarriba, E., Beer, J. 1998. Cocoa-based agroforestry systems in Costa Rica and Panama. Invited paper, International Workshop on Sustainable Cocoa, production. Smithsonian Tropical Research Station, Panama. Pp. xx-xx.

Vascotto F., Degli Ivanissevich S., Sguassero A., Anthony F., Anzueto F., Lashermes P., Graziosi G. 1998. Construction of two SSR enriched genomic DNA libraries of Coffea arabica L. In: 2nd Italian Workshop on genome research, 8-10 junio 1998, Mattinata, Italia. (Abstract).

Zúñiga C., Sánchez V., Bustamante E. 1998. Control biológico de Rottboellia cochinchinensis con patógenos nativos. In: VII Congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas, VII Taller Latinoamericano y del Caribe de Mosca Blanca y Geminivirus y XXXVIII Reunión Anual de la Sociedad Americana de Fitopatología, División del Caribe. Pp. 60.

9. Academic and educational texts

Lok, R. 1998. Huertos caseros tradicionales. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 3. CATIE. Serie Materiales de Enseñanza No. 41. 157 p.

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.

Pezo, D., Ibrahim, M. 1998. Sistemas Silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2. CATIE. Serie Materiales de Enseñanza No. 40. 258 p.

Schlönvoigt, A. 1998. Sistemas Taungya. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 4. CATIE. Serie Materiales de Enseñanza No. 42. 116 p.

10. Reports and other publications

Ammour, T. 1998. CATIE's contribution to sustainable rural development in Central America: an overview of the impacts of CATIE/Olafo and Mangroves projects 1989-1998 CATIE. Institutional Series. Miscellaneous publication. No. 6. 20 p.

Anthony F. 1998. « CaféBase », la base de datos de los recursos genéticos de café del CATIE: elaboración y estructura. CATIE report, Diciembre 1998. 25 p.

Anthony F. 1998. Presentación de la Línea 1 de investigación del CATIE: estructuración, actividades y recursos humanos disponibles. CATIE report. 19 p.

Anthony F., Anzueto F., Bertrand B. 1998. Primero informe de actividades en América Central del proyecto INCO sobre el mejoramiento de la resistencia del cafeto a los nematodos. Report, EEC contract. 15 p. + ann.

Anthony F., Bertrand B., Etienne H. 1998. Tercero informe de actividades del proyecto regional de mejoramiento genético del café. Research report. 79 p.

Anthony F., Lashermes P. 1998. Valorisation des ressources génétiques chez une plante polyploïde : le modèle du caféier Coffea arabica. ORSTOM research project. 4 p.

Bertrand B., Anthony F. 1998. Creación, evaluación y preselección de híbridos F1 de café Coffea arabica. CATIE report, 15 p.

Calderón, A., Louman, B. 1998. Sistema para el procesamiento de inventarios en bosques latifoliados, IBL, versión 2.0. Programa en Windows' 95.

Côte F., Anthony F. 1998. Cryopreservation of coffee seeds for long term conservation of coffee genetic resources at CATIE. CATIE-ORSTOM-IPGRI research project, 5 p.

Salazar, R., Mesén, F., Jara, L., Vásquez, W. 1998. Informe Final de PROSEFOR 1 Fase. PROSEFOR, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 55 p.

Zúñiga, C., González, M., Bustamante, E., Argel, P. 1998. Tolerance of Brachiaria species to soil fungus under two soil moisture condition.. CIAT. Annual Report 1998. Pp. 34.

CATIE: Publications 1999

1. Papers in scientific journals

Morataya, R., Galloway, G., Berninger, F., Kanninen, M. 1999. Foliage biomass - sapwood (area and volume) relationships of Tectona grandis L.F. and Gmelina arborea Roxb.: silvicultural implications. Forest Ecology and Management 113 (2-3): 231-239.

Ramírez, O., Saunders, J. 1999. Estimating economic thresholds for pest control in agriculture: an alternative methodology. Journal of Economic Entomology. In Press.

Sáenz, G., Finegan, B., Guariguata, M. 1999. Crecimiento y mortalidad en juveniles de siete especies arbóreas en un bosque muy húmedo tropical intervenido de Costa Rica. Revista de Biología Tropical. In Press.

Schabel, H., Hilje, L., Nair, K.S.S., Varma, R.V. 1999. Economic entomology in tropical forest plantations: An update. Journal of Tropical Forest Science 11 (1):303-315.

Stanley, W. and Montagnini, F. 1999. Biomass and nutrient accumulation in pure and mixed plantations of indigenous tree species grown on poor soil in the humid tropics of Costa Rica. Forest Ecology and Management 113:91-103.

Vera, N., Finegan, B. , Newton, A. 1999. The photosynthetic characteristics of saplings of eight canopy tree species in a disturbed neotropical rain forest. Photosynthetica. In Press.

Villalobos, R., Marmillod, D., Mora, G., Rojas, C., Ocampo, R. 1999. Variations in the quassin and neoquassin content in Quassia amara (Simaroubaceae) in Costa Rica: ecological and management implications. Acta Horticulturae. In Press.

2. Papers in technical journals

Calvo, G., Meléndez, L. 1999. Seudoestacas de laurel (Cordia alliodora) para el enriquecimiento de cacaotales. Agroforestería en las Américas X(xx):xx-xx. In Press.

Calvo, G., Méndez, E., Ortíz, M. 1999. El proceso agroforestal participativo del Valle Risco en Bocas del Toro. Agroforestería en las Américas 6 (21):14-17. In Press.

Prins, C. 1999. Como insertar nuevas tecnologías en sistemas de producción de familias campesinas? Agroforestería en las Américas. In Press.

Prins, C. 1999. Rutas y redes de la extensión. Agroforestería en las Américas. In Press.

3. Chapters in a book

Anthony F., Astorga C., Berthaud J. 1999. Los recursos genéticos: las bases de una solución genética a los problemas de la caficultura latinoamericana. In: Bertrand, B and Rapidel, B. (Eds.). Desafios de la caficultura centroamericana. IICA, San José. Pp. 371-408.

Dussert S., Lashermes P., Anthony F., Montagnon C., Trouslot P., Combes M.C., Berthaud J., Noirot M., Hamon S. 1999. Le caféier, Coffea canephora. In: Diversité génétique des plantes tropicales cultivées. Repères, CIRAD, Montpellier. In Press.

Mery. G., Kanninen, M. 1999. Forest Plantations and carbon sequestration in Chile. In: Palo, M., Solberg, B., Reis, G. (eds.). Wold Forest, Society and Environment. Kluwer Academic. In Press.

Montagnini, F. 1999. Nutrient considerations in the use of silviculture for land development and rehabilitation in the Amazon. In: McClain, M. E., Victorio, R.L. and Richey, J. E (Eds.) The Biogeochemistry of the Amazon Basin and its Role in a Changing World. Oxford University Press. In Press.

DATE DUE

DEVUELTO

DEVUELTO

DEVUELTO