

Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas

como una medida de adaptación al cambio climático en América Central

Claudia J. Sepúlveda L. • Muhammad Ibrahim
Editores



Serie técnica
Informe técnico No. 377

Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas

como una medida de adaptación al cambio climático en América Central

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Turrialba, Costa Rica, 2009

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y España.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 2009.

ISBN 978-9977-57-485-1

363.73874

P769 Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas : como una medida de adaptación al cambio climático en América Central / editado por Claudia J. Sepúlveda L. y Muhammad Ibrahim. – 1ª ed. – Turrialba, C.R : CATIE, 2009.
292 p. : il. – (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no.377)

ISBN 978-9977-57-485-1

1. Incentivos – políticas – América Central
 2. Incentivos – Buenas prácticas agrícolas – América Central
- I. Sepúlveda L., Claudia J., ed. II. Ibrahim, Muhammad, ed.
III. CATIE IV. Título V. Serie.

Serie técnica No. 377

Publicación financiada con fondos del proyecto Adaptación al Cambio Climático e Integración a los Planes de Manejo Integrado del Agua a través de la Unidad de Coordinación Regional del Programa Caribeño del PNUMA (PNUMA/CAR/UCR)

Editores: Claudia J. Sepúlveda L. y Muhammad Ibrahim

Colaboración: Equipo Técnico Programa GAMMA

Créditos

Edición: Imagen y Publicaciones Corporativas, CATIE

Diseño de portada: Luis Melillo, CATHALAC

Diseño y diagramación: Rocío Jiménez

Contenido

Lista de figuras	v
Lista de cuadros	vi
Autores de los capítulos	ix
Acrónimos	xiii
Prólogo	xvii
Prefacio	xxi

Parte 1: **Capítulos Introductorios** 1

Capítulo 1 La experiencia de la adaptación al cambio climático en la región de Mesoamérica.....	3
Joel Pérez, Emil Cherrington, Eric Anderson, Miroslava Morán, África Flores, Noel Trejos, Emilio Sempris	
Capítulo 2 Integrando la adaptabilidad al cambio climático a través la biodiversidad.....	23
Fabrice DeClerck, Marcos Decker	

Parte 2: **Tecnologías Apropriadas para la Adaptación al Cambio Climático** 45

Capítulo 3 Sistema agroforestal Quesungual: una buena práctica de adaptación al cambio climático.....	47
Harold Gamboa, Walter Gómez, Muhammad Ibrahim	
Capítulo 4 Barreras vivas para producción de granos básicos en zonas de laderas de América Central.....	69
Carlos J. Pérez	
Capítulo 5 Manejo sostenible de sistemas agroforestales con cacao (<i>Theobroma cacao</i>): una herramienta de adaptación al cambio climático.....	87
Hernán J. Andrade C, Milena A. Segura M.	
Capítulo 6 Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central.....	103
Cristóbal Villanueva, Muhammad Ibrahim, Francisco Casasola, Ney Ríos, Claudia Sepúlveda	

Capítulo 7	Experiencias del uso de especies leguminosas como cobertura para la producción sostenible de maíz	127
	René Pinto Ruiz, Ricardo Quiroga Madrigal, Francisco J. Medina, Francisco Guevara Hernández, Heriberto Gómez Castro	

Parte 3: **Sistemas de Incentivos para la Implementación de Buenas Prácticas de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica** 145

Capítulo 8	Políticas públicas para la adaptación a la variabilidad del clima y al cambio climático.....	147
	Carlos Pomareda	

Capítulo 9	Implementación de sistemas silvopastoriles y el pago de servicios ambientales en Esparza, Costa Rica: una herramienta para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas.....	169
	Francisco Casasola, Muhammad Ibrahim, Claudia Sepúlveda, Ney Ríos, Diego Tobar	

Capítulo 10	Esquema de pago por servicios ambientales de la Comisión Nacional Forestal, México.....	189
	Jorge Chagoya, Leonel Iglesias Gutiérrez	

Capítulo 11	Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) de Guatemala.....	205
	Luis Bernal Larrazábal Melgar, Edwin Oliva Hurtarte, Muhammad Ibrahim, Guillermo Detlefsen	

Capítulo 12	El pago por servicios ambientales del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), un mecanismo para lograr la adaptación al cambio climático en Costa Rica	223
	Oscar Sánchez Cháves	

Capítulo 13	Pagos por servicios ambientales en el municipio de San Pedro del Norte, Nicaragua, y su contribución a la adaptación al cambio climático	243
	Carlos J. Pérez	

Capítulo 14	Financiamiento al sector rural en Nicaragua: impactos productivos y ambientales	259
	Marlon J. López González	

Figuras

1.1.	Tendencias de la precipitación media anual en América Central para el período 1961–2003. Los triángulos rojos indican tendencias positivas, mientras que los triángulos azules tendencias negativas.	10
1.2.	Cambios futuros en el campo de la temperatura media anual del aire a diferentes horizontes de tiempo: (a) 2020 y (b) 2080.	12
2.1.	La concentración de CO ₂ atmosférica desde 1958 hasta 2007, donde se aprecia un incremento considerable y una oscilación debido a los cambios estacionales.	32
2.2.	La productividad y resiliencia de bosques coníferos de la Sierra Nevada aumentaron con la riqueza de especies largamente en función la interacción entre especies y una complementariedad entre sus necesidades para recursos.	36
6.1.	Calidad del agua según índice BMWP-CR en sistemas evaluados en la subcuenca del Río Jabonal, Esparza, Costa Rica.	115
9.1.	Cercas vivas presentes en el paisaje ganadero de Esparza.	178
9.2.	Puntos ecológicos incrementales 2003–2007, (a) por finca y (b) por hectárea según el tamaño (ha) de la finca en Esparza, Costa Rica.	179
9.3.	Almacenamiento de carbono total en diferentes usos del suelo en Esparza, Costa Rica 2004.	180
9.4.	Número de especies de aves y mariposas registradas en los monitoreos de diversidad en diferentes usos de la tierra en Esparza, Costa Rica.	181
11.1.	Comportamiento del área incentivada mediante PINFOR en el período 1999–2008 en ha año ⁻¹	219
11.2.	Montos invertidos en el PINFOR durante el período 1998–2008.	219
13. 1.	Mapa del departamento de Chinandega, Nicaragua.	246
13. 2.	Mapa de riesgo de sequía en diferentes regiones de Nicaragua	247
14. 1.	Principales destinos de utilización del crédito de paquete verde en Nicaragua.	269
14. 2.	Percepción de los clientes sobre el programa paquete verde integral en Nicaragua.	270

Cuadros

3.1.	Percepción de los productores acerca del incremento en el área y la composición dentro del sistema agroforestal Quesungual en Guatemala y El Salvador.....	57
3.2.	Rendimiento de los principales cultivos y frutales bajo el sistema agroforestal Quesungual en El Salvador.....	57
3.3.	Área promedio de fincas, densidad de árboles y principales cultivos en asocio con el sistema Quesungual en El Salvador.....	58
3.4.	Requerimiento de mano de obra y costos para el establecimiento y mantenimiento del sistema agroforestal Quesungual.....	60
3.5.	Percepción de los productores acerca de las prácticas y mejoras en el suelo, agua, erosión, producción e ingresos en el sistema Quesungual en Guatemala y El Salvador.....	62
4.1.	Especies de plantas utilizadas como barreras vivas en plantaciones de granos básicos (maíz y/o frijol) en América Central.....	74
4.2.	Efectos documentados de las barreras vivas en la región centroamericana.....	75
4.3.	Productores y áreas agrícolas con Conservación de Suelos y Agua (CSA) en 56 comunidades de Honduras, Nicaragua y El Salvador.....	77
4.4.	Adopción de técnicas de CSA en 56 comunidades de Nicaragua, Honduras y El Salvador.....	78
4.5.	Adopción de técnicas de CSA en tres comunidades de Nicaragua.....	78
4.6.	Costos de las técnicas de conservación de suelos y agua.....	79
5.1.	Resumen de tasas de fijación de CO ₂ en sistemas de uso de la tierra en el trópico húmedo y subhúmedo de Costa Rica.....	95
6.1.	Especies leñosas de uso común como bancos forrajeros para la alimentación animal.....	108
6.2.	Producción de leche en vacas en sistemas doble propósito alimentadas con forraje de leñosas y otros suplementos.....	109
6.3.	Ganancia de peso vivo en toretes de engorde suplementados con forraje de leñosas.....	110
6.4.	Influencia de la sombra de árboles dispersos en potrero sobre la producción animal en época seca.....	111
6.5.	Tasa respiratoria de vacas lecheras y temperatura ambiental bajo sombra de árboles y a pleno sol en potreros.....	111
6.6.	Producción y calidad de frutos de especies leñosas comunes y de los pastos en potreros donde crecen las leñosas.....	112
6.7.	Escorrentía superficial e infiltración de sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica.....	114

6.8.	Percepción de la variación climática en los últimos 10 años por productores ganaderos en Matiguás, Nicaragua y Esparza, Costa Rica.	116
6.9.	Principales plagas reportadas por los productores por efecto del cambio climático en Matiguás, Nicaragua y Esparza, Costa Rica.	117
6.10.	Algunas estrategias de adaptación al cambio climático en fincas ganaderas de Matiguás, Nicaragua y Esparza, Costa Rica.	118
7.1.	Rendimiento de grano de <i>Zea mays</i> L. durante nueve años consecutivos en sistemas de monocultivo o asociado con <i>Canavalia ensiformis</i> L. en Chiapas, México.	131
7.2.	Rendimiento, contenido de proteína y biomasa total para forraje en el tercer año del sistema maíz monocultivo y en la asociación maíz (<i>Zea mays</i> L.) - canavalia (<i>C. ensiformis</i> L.) en Chiapas, México.	132
7.3.	Nitrógeno atmosférico fijado por el sistema canavalia, <i>Canavalia ensiformis</i> L.– <i>Bradyrhizobium</i> asociado con maíz (<i>Zea mays</i> L.) en Chiapas, México, bajo seis niveles de fertilización nitrogenada.	134
7.4.	Costo de producción por hectárea en el sistema de producción maíz (<i>Zea mays</i> L.)–canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i> L.) en Chiapas, México.	137
7.5.	Costo de producción por hectárea, beneficio y relación beneficio/costo, en el sistema maíz (<i>Zea mays</i> L.)–canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i> L.) considerando sólo la cosecha del grano de maíz; ó del grano de maíz y la semilla de canavalia; o del grano de maíz, la semilla de canavalia y el forraje empacado, en Chiapas, México.	138
7.6.	Tres tipos de beneficio/costo (grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.), semilla de canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i> L.) y forraje), en el noveno año consecutivo bajo los sistemas maíz-monocultivo y maíz-canavalia, bajo seis niveles de fertilización nitrogenada en Chiapas, México.	139
8.1.	Posibles impactos en los rendimientos de maíz, trigo y pasturas en zonas templadas.	155
8.2.	Posibles impactos en los rendimientos de arroz en zonas semitropicales.	155
8.3.	Esquema de identificación de medidas de políticas.	162
9.1.	Índice ecológico utilizado en el proyecto GEF Silvopastoril.	174
9.2.	Cambios de usos de la tierra en fincas que recibieron pago de servicios ambientales en la zona piloto de Esparza, Costa Rica, 2007.	177
9.3.	Balance hídrico (%) y erosión en diferentes sistemas ganaderos y un bosque secundario intervenido en la subcuenca del Río Jabonal, Esparza, Costa Rica.	183
10.1a.	Esquemas de pago por servicios ambientales ofrecidos por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) México.	198
10.1b.	Esquemas de pago por servicios ambientales ofrecidos por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) México.	199

Buenas prácticas agrícolas para la adaptación al cambio climático

10.2. Resumen total de los resultados de los esquemas de pago por servicios ambientales implementados por la Comisión Nacional Forestal, México. Período 2003–2008	200
11.1. Montos del incentivo para establecimiento y mantenimiento de plantaciones....	215
11.2. Montos del incentivo para establecimiento y manejo de la regeneración natural	215
11.3. Montos del incentivo para el manejo de bosques naturales con fines de producción	216
11.4. Montos del incentivo para manejo de bosques naturales con fines de protección	216
11.5. Resultados del PINFOR durante el período 1998–2008	218
11.6. Categorías de usuarios beneficiados con el PINFOR, período 1998–2008	220
12.1. Principales disposiciones legales para incentivos a la actividad forestal en Costa Rica (Tipo de cambio, nov. 2008, US\$1= 591 colones).....	227
12.2. Avance Programa Forestal Huetar Norte	232
12.3. Principales convenios suscritos al 31 de julio de 2008	233
12.4. Distribución de las hectáreas contratadas en pago de servicios ambientales por año y modalidad (período 1997–2007)	235
12.5. Distribución de los pagos de los servicios ambientales del año 2008	236
13.1. Proyecciones: precipitación y temperatura para Nicaragua	252
14.1. Principales características de los sectores sociales atendidos por el programa paquete verde integral	267
14.2. Montos de crédito promedio según nivel de capitalización.....	268

Autores de los capítulos en orden alfabético

Anderson, Eric

Lic. Ciencias del Medio Ambiente
Especialidad en Matemáticas,
Estadísticas y SIG
Investigador Científico, CATHALAC
Ciudad Panamá, Panamá
Eric.anderson@cathalac.org

Andrade C., Hernán J.

Ph.D., Agroforestería Tropical
Docente Investigador
Facultad de Ingeniería Agronómica
Universidad de Tolima
Ibagué, Colombia
hjandrade@ut.edu.co

Casasola, Francisco

M.Sc. Agroforestería Tropical
Investigador, Programa de Ganadería
y Manejo del Ambiente (GAMMA)
CATIE
Turrialba, Costa Rica
fcasasol@catie.ac.cr

Chagoya, Jorge Luis

M.Sc. Agroforestería Tropical
Investigador
INIFAP
Veracruz, México
jchagoya@catie.ac.cr

Cherrington, Emil

M.Sc. Recursos Naturales
Coordinador, Sistema Regional
de Visualización y Monitoreo
(SERVIR), CATHALAC
Ciudad Panamá, Panamá
emil.cherrington@cathalac.org

Decker, Marcos

Estudiante M.Sc. Manejo de Bosques
Énfasis en Biodiversidad
CATIE
Turrialba, Costa Rica
mdecker@catie.ac.cr

DeClerck, Fabrice

Ph.D., Ecología del Paisaje
Profesor Investigador,
Programa de Ganadería
y Manejo del Ambiente (GAMMA)
CATIE
Turrialba, Costa Rica
fdeclerck@catie.ac.cr

Detlefsen, Guillermo

M.Sc. Agroforestería
Consultor
División de Investigación y Desarrollo
CATIE
Turrialba, Costa Rica
gdetlef@catie.ac.cr

Flores, Africa

Ing. Agrónoma en Recursos Naturales
Renovables, Especialidad de Sistemas
de Información Geográfica
Investigadora Científica, CATHALAC
Ciudad Panamá, Panamá
africa.flores@cathalac.org

Gamboa, Harold

Estudiante M.Sc. Agroforestería Tropical
CATIE
Turrialba, Costa Rica
hgamboa@catie.ac.cr

Gómez Castro, Heriberto

Ph.D. Sistemas de Producción
Profesor Investigador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad Autónoma de Chiapas
Chiapas, México
hgomezcc@yahoo.com

Gómez Hernández, Walter A.

Ing. Agrónomo
Técnico en Agroecología, CESTA
San Salvador, El Salvador
walter.gomez@cesta-foe.org

Guevara Hernández, Francisco

Ph.D. Innovación Tecnológica
Profesor Investigador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad Autónoma de Chiapas
Chiapas, México
Ovandocj_67prodigy.net.mx

Ibrahim, Muhammad

Ph.D. Ganadería Ambiental
Profesor Investigador
Líder, Programa de Ganadería
y Manejo del Ambiente (GAMMA)
CATIE
Turrialba, Costa Rica
mibrahim@catie.ac.cr

Iglesias Gutiérrez, Leonel

M.Sc. Manejo de Recursos Naturales
Gerente de Servicios Ambientales
del Bosque, CONAFOR
Jalisco, México
liglesias@conafor.gob.mx

Larrazábal Melgar, Luis Bernal

Ing. Forestal
Coordinador, Programa de
Incentivos Forestales
Instituto Nacional de Bosques
Ciudad Guatemala, Guatemala
pinfor@inab.gob.gt

López González, Marlon J.

M.Sc. Agroforestería Tropical
Consultor, Programa de Ganadería
y Manejo del Ambiente (GAMMA)
CATIE
Managua, Nicaragua
musawas79@hotmail.com

Medina, Francisco Javier

M.Sc. Pastos y Forrajes
Profesor Investigador,
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad Autónoma de Chiapas
Chiapas, México
fcojavier12@yahoo.com.mx

Moran, Miroslava

M.Sc. Especialista en Manejo
de Recursos Naturales
Gerente, División de
Educación, CATHALAC
Ciudad Panamá, Panamá
miroslava.moran@cathalac.org

Oliva Hurtarte, Edwin

M.Sc. Silvicultura en Manejo de Bosques
Director del Programa
Forestal para Guatemala
Ciudad Guatemala, Guatemala
pafg@terra.com.gt

Pérez, Carlos J.

Ph.D. Agricultura, Recursos
Naturales y Ambiente
Consultor Internacional
Managua, Nicaragua
cjperez60@gmail.com

Pérez, Joel

M.Sc. Cambio Climático y
Variabilidad Interanual del Clima
Científico Principal, Línea de
Cambio Climático, CATHALAC
Ciudad Panamá, Panamá
Joel.perez@cathalac.org

Pinto Ruiz, René

Ph.D. Agroforestería Pecuaria
Profesor Investigador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad Autónoma de Chiapas
Chiapas, México
pinto_ruiz@yahoo.com.mx

Pomareda, Carlos

Ph.D. Economía Agrícola
Presidente Ejecutivo, Empresa
Servicios Internacionales para
el Desarrollo Empresarial
SIDE S.A
San José, Costa Rica
sidesa@racsa.co.cr

Quiroga Madrigal, Ricardo

Ph.D. Fitopatología
Profesor Investigador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad Autónoma de Chiapas
Chiapas, México
quiroga@unach.mx

Ríos, Ney

M.Sc. Manejo Integrado de
Cuencas Hidrográficas
Investigador, Programa de Ganadería
y Manejo del Ambiente (GAMMA)
CATIE
Turrialba, Costa Rica
jrrios@catie.ac.cr

Sánchez Chaves, Oscar

Ing. Ciencias Forestales
Énfasis en Manejo Forestal
Director de Pago por Servicios
Ambientales, FONAFIFO
San José, Costa Rica
osanchez@fonafifo.com

Segura M., Milena A.

M.Sc. Socioeconomía Ambiental
Docente, Facultad de Ingeniería
Forestal Universidad de Tolima
Ibagué, Colombia
masegura@ut.edu.co

Sempris, Emilio

Lic. Ciencias Geológicas
Técnico Meteorólogo
Director, CATHALAC
Ciudad Panamá, Panamá
emilio.sempris@cathalac.org

Sepúlveda, L. Claudia J.

M.Sc. Agroecología Tropical
Investigadora, Programa de Ganadería
y Manejo del Ambiente (GAMMA)
CATIE
Turrialba, Costa Rica
csepul@catie.ac.cr

Tobar López, Diego

M.Sc. Manejo y Conservación de
Bosques Tropicales y Biodiversidad
Investigador, Programa de Ganadería
y Manejo del Ambiente (GAMMA)
CATIE
Turrialba, Costa Rica
dtobar@catie.ac.cr

Trejos Castillo, Noel

M.Sc. Manejo Integrado de
Cuencas Hidrográficas
Científico Principal en Manejo Integrado
de Cuencas Hidrográficas, CATHALAC
Ciudad Panamá, Panamá
Noel.trejos@cathalac.org

Villanueva, Cristóbal

M.Sc. Agroforestería Tropical
Investigador, Programa de Ganadería
y Manejo del Ambiente (GAMMA)
CATIE
Turrialba, Costa Rica
cvillanu@catie.ac.cr

Acrónimos

ADIRI	Asociaciones de Desarrollo Integral en Reservas Indígenas
AFE	Administración Forestal del Estado
AFP	Marco de Políticas de Adaptación (APF, por sus siglas en inglés)
AIACC	Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change
AMUNORCHI	Asociación de Municipios del Norte de Chinandega
ARS	Asociaciones Regionales de Silvicultores
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
BNCR	Banco Nacional de Costa Rica
CAM	Comité Ambiental Municipal
CATHALAC	Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CBM	Corredor Biológico Mesoamericano
CCF	Cámara Costarricense Forestal
CDB	Convención sobre Diversidad Biológica
CENAGRO	Censo Nacional Agropecuario
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPRENAC	Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales
CESTA	Amigos de la Tierra El Salvador
CGAP	Grupo Consultivo de Atención a la Pobreza
CGIAR	Grupo Consultivo Internacional de Investigación Agrícola
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIDE	Centro de Estudios y Docencia Económica
CIDICCO	Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura
CIPAV	Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
CNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz
CODEFORSA	Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
COOPEAGRI	Cooperativa Agro Industrial de San Isidro del General
CSA	Certificados de Servicio Ambiental
DEFIFO	Departamento de Financiamiento Forestal
EC	Escenario climático
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillas Sanitarias
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura Alimentación

Buenas prácticas agrícolas para la adaptación al cambio climático

FDL	Fondo de Desarrollo Local, Nicaragua
FFM	Fondo Forestal Mexicano
FIDECOAGUA	Fideicomiso Coatepecano para el Pago de Servicios Ambientales Forestales Hidrológicos
FISE	Fondo de Inversión Social de Emergencia
FMI	Fondo Monetario Internacional
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
FSA	Fondo de Servicios Ambientales
FUNDECOR	Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central
GEF	Global Environmental Facility
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IDHM	Índice de Desarrollo Humano Municipal
IMF	Institución Microfinanciera, Nicaragua
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INAFOR	Instituto Nacional Forestal
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INIA	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria
IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
IRRI	International Rice Research Institute
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MINAET	Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones
NASA	National Aeronautics and Space Administration
Nitlapan	Instituto de Investigación Aplicada y Promoción del Desarrollo Local, Nicaragua
OCIC	Oficina Costarricense de Implementación Conjunta
OMC	Organización Mundial de Comercio
ONF	Oficina Nacional Forestal
ONG	Organización no Gubernamental
PASOLAC	Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central
PDM	Plan Desarrollo Municipal
PESA	Programa Especial para la Seguridad Alimentaria
PINFOR	Programa de Incentivos Forestales
PINPEP	Proyecto de Incentivos para Pequeños Poseedores de Tierras con Vocación Forestal

PMPM	Programa de Mejores Prácticas de Manejo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PNUMA-CAR/UCR	Unidad de Coordinación Regional del Programa Ambiental Caribeño PNUMA
POSAF	Programa Socioambiental y Forestal
PPSA	Programa Pago por Servicios Ambientales
PROLESUR	Proyecto Desarrollo Rural del Sur de Lempira
PRONADERS	Programa Nacional de Desarrollo Rural Sostenible
PSA	Pago por Servicios Ambientales
PSA-CABSA	Programa de Servicios Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de los Sistemas Agroforestales
PSAH	Programa Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos
PTA	Precipitación Total Anual
SAF	Sistemas Agroforestales
SAG	Secretaría de Agricultura y Ganadería
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEL	Sistema de Extensión Lempira
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIG	Sistema de Información Geográfico
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
SRES	Informes Especiales sobre Escenarios de Emisiones (por sus siglas en inglés)
UCA	Universidad Centroamericana, Nicaragua
UCC	Unidad de Cambio Climático
UNCCD	United Nations Conventions to Combat Desertification
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
UVG	Universidad del Valle de Guatemala
WAFLA	Integrated Water Resource Management by the Implementation of Improved Agroforestry Concepts in Arid and Semi-Arid Areas in Latin America

Prólogo

La exposición de la región centroamericana a fenómenos naturales la convierte en una zona de alta vulnerabilidad a la ocurrencia de eventos extremos. Así mismo el inadecuado manejo de los recursos naturales por parte del ser humano ha incrementado los factores de riesgo y la vulnerabilidad social, económica y ambiental.

El incorrecto planeamiento de las cuencas hidrográficas costeras de la región, acompañado de pobres e inadecuadas prácticas de manejo del recurso hídrico y suelo y la deforestación contribuyen al aumento de los impactos climatológicos negativos y deja en evidencia las deficiencias que tiene la región en cuanto a capacidades locales para enfrentar grandes desastres, como lo ocurrido en el año 1998 cuando la región fue abatida por el huracán Mitch. El huracán dejó más de 11.000 muertes, alrededor de 13.000 heridos y un incontable número de afectados (sin casas, sin cultivos, etc.), además de pérdidas económicas por más de US\$6 millones.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), a raíz del huracán Mitch, viene realizando diferentes acciones en Centroamérica para desarrollar capacidades institucionales y locales en temas relacionados con los efectos de eventos extremos sobre los recursos hídricos. En el tema de agua y cambio climático, ha trabajado especialmente con gobiernos, fortaleciendo sus programas de asistencia técnica y favoreciendo el desarrollo conjunto de herramientas de apoyo a las comunidades para que diseñen sus propios planes de manejo integrado del agua (PMIA).

El proyecto Planeamiento de la Rehabilitación, Manejo Ambiental y Desarrollo Costero en Centroamérica fue financiado por la Unidad de Coordinación Regional del Programa Ambiental Caribeño del PNUMA (PNUMA CAR/UCR) y ejecutado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) entre 2000 y 2005. Su objetivo principal fue mejorar el planeamiento y el manejo de las cuencas hidrográficas costeras en áreas propensas a huracanes en Centroamérica, con un enfoque específico en Guatemala, Honduras y Nicaragua. Finalizó con la aprobación de los planes para el Manejo Integrado de Cuencas y Áreas Marino Costeras de Tela, Honduras; Cuenca del Río Las Escobas en la Municipalidad de Puerto Barrios, Guatemala; y Cuencas de los Riachuelos

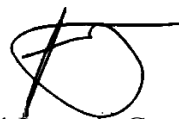
Miller y Gunboat en la Municipalidad de Bluefields en Nicaragua. Estos planes de manejo son la base de intervenciones actuales en cada una de estas cuencas hidrográficas.

Tomando en cuenta lo anterior, la creciente necesidad de los países por incluir el tema de adaptación al cambio climático en los planes de desarrollo sectorial y nacional—reduciendo de esta manera el impacto de las malas prácticas—la implementación de buenas prácticas para la adaptación y el diseño de instrumentos de política para la mitigación y el cambio climático propician una oportunidad de apoyar a las comunidades y a los responsables de manejo del recurso hídrico en esos tres países, con el propósito de desarrollar capacidades adecuadas en las comunidades, partiendo de las lecciones aprendidas del proyecto PNUMA CAR/UCR.

Es así como surge un segundo proyecto denominado Adaptación al Cambio Climático e Integración a los Planes de Manejo Integrado del Agua a través de la Unidad de Coordinación Regional del Programa Caribeño del PNUMA (PNUMA/CAR/UCR) y ejecutado por el CATIE, con sede en Costa Rica, y el Centro del Agua para el Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC) de Panamá. Específicamente se implementó en las cuencas hidrográficas de Guatemala, Honduras y Nicaragua con el propósito de fortalecer las capacidades locales de los gerentes del agua y de las comunidades para adaptarse al cambio climático. El enfoque estuvo dirigido en la capacitación de los actores locales, el desarrollo de herramientas para diseñar estrategias de adaptación y el fortalecimiento institucional de cooperación entre los socios del recurso agua y del cambio climático, partiendo de las lecciones aprendidas de PNUMA CAR/UCR.

El presente libro es producido en el marco del proyecto de adaptación y su objetivo es informar y motivar a los decisores de políticas en la participación activa del diseño de políticas para la mitigación y estrategias de adaptación al cambio climático a nivel de comunidades locales. Al mismo tiempo se constituye en una herramienta para la adaptación al cambio climático y manejo del recurso hídrico, ya que reúne diferentes experiencias prácticas y un resumen de tecnologías que pueden implementarse a nivel de cuenca hidrográfica con el propósito de reducir el riesgo de las poblaciones a la ocurrencia de eventos extremos. Es también un material de apoyo para quienes desean conocer algunas buenas prácticas de adaptación a nivel centroamericano y un aporte

del CATIE con apoyo de otras instituciones a la discusión sobre un problema global que nos compete a todos.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'J' and 'C' with a horizontal line extending to the right.

José Joaquín Campos
Director General
CATIE

Prefacio

A finales del 2006, se publicó el primero de dos informes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). El informe enfatizó la necesidad de acciones contra el incremento del calentamiento global y advirtió sobre los impactos negativos que el cambio climático tendrá en la naturaleza y en el género humano. En el 2007 el cuarto reporte del mismo panel indica que el cambio climático es inequívoco y se evidencia mediante el incremento de la temperatura global del aire y del mar, del derretimiento del hielo y nieve y la elevación del nivel del mar. Como hecho relevante, se menciona el aumento de la temperatura de $0,7^{\circ}\text{C}$, entre el período 1860 y 2000, lo que ha determinado que la década de los noventa se catalogó como la más cálida del milenio y fue caracterizada por la ocurrencia de extremos climáticos, tal como el año de mayor temperatura (1998) desde 1860.

El cambio climático es un proceso en marcha y por sus efectos ha concentrado el interés de la comunidad civil y científica a nivel mundial. Constituye un reto a nivel global de gran trascendencia. El cambio en el clima ocurre porque la variabilidad climática natural (proceso que incluye eventos extremos que ocurren con cierta periodicidad, como sequías prolongadas y lluvias intensas) ha sido alterada y ha modificado los patrones de ocurrencias de amenazas meteorológicas. Los impactos de estas alteraciones ya son conocidos, pero se considera que los impactos mayores serán en el largo plazo (varios decenios) y estarían relacionados directamente con la disponibilidad del recurso de agua, la seguridad alimentaria y el aumento en el nivel del mar, lo que constituye una seria amenaza para pobladores a nivel mundial, pero especialmente en zonas pobladas de áreas costeras.

En los próximos años se prevé una degradación de los medios de vida especialmente de las comunidades pobres, que son las más afectadas y vulnerables debido a que son las que tienen menos capacidad de respuesta a eventos. Ante este panorama, el IPCC reconoce la necesidad de establecer una cartera de medidas de mitigación y adaptación con miras a reducir los riesgos del cambio climático.

En cuanto a mitigación se refiere al enfoque de establecer una relación con el desarrollo sostenible. Existen herramientas que los gobiernos pueden considerar y poner en práctica para la aplicación de sus políticas y medidas internas

dentro del marco de los acuerdos internacionales. Por otro lado, la adaptación es reconocida como una estrategia necesaria a todas las escalas para complementar los esfuerzos de mitigación del cambio climático. Y la definen como el ajuste en los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados o sus efectos, los cuales moderan un daño o explotan oportunidades benéficas.

La adaptación en la agricultura no es nueva, ya que los productores desde épocas antiguas en los países en vías de desarrollo han desarrollado herramientas que les ayuden a adaptarse a estas nuevas condiciones. Sin embargo, en la actualidad se hacen necesarias incrementar las medidas de adaptación para reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos y relacionarlas con las medidas de mitigación.

Al mismo tiempo, el IPCC define a la capacidad adaptativa como función de la riqueza, las características de la población, estructura demográfica, educación, salud, arreglos institucionales, acceso a tecnologías y la equidad. Se presentan como ejemplos de las diferentes adaptaciones casos como cambios en el manejo de cultivos, sistemas de captura de agua de lluvia, racionamiento y reciclaje de agua, mejoras de la red de distribución y drenaje, uso de la información climática en la planificación general, educación y difusión de cultura del agua, o reforestación con especies resistentes a sequía.

Las acciones actuales de los países en términos de adaptación a nivel regional y local están enfocadas principalmente al uso racional y protección de los recursos hídricos y la biodiversidad, a la conservación de los bosques, a la planificación de los cambios de usos del suelo, al desarrollo sustentable de los sistemas de producción agrícola y a un mejor perfeccionamiento de los sistemas agrícolas productivos, pero en especial a la protección de la seguridad alimentaria, fortalecimiento de los sistemas de salud, etc.

Para asegurar que las acciones de adaptación se implementen de manera continua, se recomienda interactuar con los actores locales claves y las instituciones del sector. Esto permitirá promover mediante una estrategia la implementación de buenas prácticas que contribuyan a disminuir los efectos de la vulnerabilidad futura y permitirán considerar el concepto de sostenibilidad al manejo que las comunidades le den a los recursos naturales, la provisión de alimentos, el aseguramiento de las condiciones de salud y vivienda, etc.

Para finalizar, y con relación al tema de la adaptación al cambio climático, tenemos el gusto de presentar y de poner a la disposición del público en general el presente libro, el cual presenta algunas experiencias regionales que han sido capitalizadas como un desarrollo de tecnologías de producción y/o conservación y el rescate de buenas prácticas de manejo agronómico de sistemas de producción, así como el diseño de incentivos, tales como el pago por servicios ambientales, que han surgido como una respuesta de adaptación al cambio climático y que pueden ser útiles y orientadoras en similares procesos futuros.

Este libro es un esfuerzo conjunto de la Unidad de Coordinación Regional del Programa Caribeño del PNUMA (PNUMA CAR/UCR), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y del Centro del Agua para el Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC) y de iniciativas regionales como las de Mecanismo Mundial de la UNCCD. Contó con el apoyo de varias instituciones regionales y con la invaluable participación de diferentes autores que con sus contribuciones y aportes permitieron el logro de este gran reto, para dar a conocer a las comunidades propuestas sobre la manera en que pueden y deben adaptar sus procesos cotidianos para reducir los efectos e impactos del cambio climático.

Se espera que este material pueda contribuir en los procesos informativos sobre el cambio climático para reducir la vulnerabilidad de la región; así mismo constituye un insumo importante para los decisores de política, quienes tienen una herramienta para la definición de políticas acordes con los efectos del cambio climático en la región. También se espera sea de interés para académicos y funcionarios de instituciones públicas privadas y las ONG.

Claudia J. Sepúlveda L.
Muhammad Ibrahim
Editores

Parte 1

Capítulos Introdutorios

Capítulo 1

La experiencia de la adaptación al cambio climático en la región de Mesoamérica

Joel Pérez, Emil Cherrington, Eric Anderson, Miroslava Morán,
Africa Flores, Noel Trejos, Emilio Sempris

Resumen

Cada vez es mayor el esfuerzo en la región mesoamericana para atender los distintos aspectos que nos hacen vulnerables al cambio climático. La valoración del estado actual y las posibles condiciones futuras de los impactos del cambio climático comienzan a considerar, entre otros aspectos, la identificación de acciones y medidas de adaptación efectivas y reales para disminuir la vulnerabilidad e incrementar la capacidad de adaptación e influir en el desarrollo sostenible en el ámbito local o nacional. Más aún, las distintas formulaciones de estrategias de adaptación actuales en la región suman esfuerzos y contribuciones de múltiples actores. En este contexto, se sintetizan los resultados del proyecto regional CATHALAC/PNUD/GEF Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba que han representado un esencial insumo para el diseño e implementación de estrategias de adaptación de los países ante el cambio climático, cubriendo temas como las evaluaciones de vulnerabilidad y elaboración de escenarios climáticos actuales y a futuro, entre otros. Tratándose de una región considerada como vulnerable a los efectos del cambio climático, CATHALAC espera contribuir en la generación de ciencia, educación y políticas para la gente, así como a la comprensión del fenómeno, a la difusión masiva de información y a desarrollar las capacidades nacionales para gestionar adecuadamente el cambio climático y apuntalar con ello el desarrollo sostenible de la región.

Palabras claves: vulnerabilidad, cambios extremos, estrategias, región, sostenibilidad

Abstract

Regional efforts are focusing more and more on understanding the vulnerability aspects associated with climate change. Evaluations of current conditions and possible future conditions of climate change impacts being considered include identifying effective adaptation actions and measures in order to decrease vulnerability and increase the capacity to adapt and influence sustainable development on local or national levels. Furthermore, the distinct formulations of current adaptation strategies in the region combine the efforts and contributions of multiple players. In this context, the article summarizes results of the CATHALAC/GEF/UNDP Regional Project Enhancing the Capacity for Stage II Adaptation to Climate Change in Central America, Mexico, and Cuba. Its contents represent an important input for designing and implementing adaptation strategies for those countries affected by climate change, covering topics such as vulnerability assessments and the development of current and future climate scenarios, among others. Since the region is considered to be vulnerable to the effects of climate change, CATHALAC hopes to contribute to science, education and policy as well as to understanding of the phenomenon, mass dissemination of information and development of national capabilities for properly managing climate change and tie it to sustainable development in the region.

Key words: vulnerability, extreme changes, strategies, region, sustainability



CATHALAC 2008

1.1 Introducción: la sensibilidad y vulnerabilidad a la variabilidad climática

El predominio de los ecosistemas frágiles, los niveles de pobreza, los débiles marcos institucionales y las prácticas productivas insostenibles, entre otros factores, han convertido en la actualidad a la región de Mesoamérica en una de las zonas más propensas del mundo a sufrir los efectos adversos del cambio climático. Su alta vulnerabilidad converge con la frecuencia, simultaneidad,

gravedad y alcance de amenazas hidrometeorológicas extremas, en particular las lluvias y períodos de sequías que llegan a causar inundaciones, crecidas repentinas, deslizamientos de tierra e incendios forestales.

Desafortunadamente, dichas amenazas y sus efectos asociados han provocado una real y creciente preocupación tanto en términos sociales como económicos, no tan sólo en nuestra región, sino a nivel global (CEPAL 2002).

A pesar de la histórica repercusión de los desastres relacionados al cambio climático, como las asociadas a El Niño en las últimas décadas (Trenberth y Stepaniak 2001), sobre la población y su medio ambiente, es hasta hace algunos años que la capacidad de los países de la región para hacer frente a los desastres asociados a condiciones climáticas extremas forma parte de la agenda del desarrollo de la región. Lo anterior ha implicado que en la región mesoamericana se haya pasado de estudios centrados en los potenciales impactos del clima a estudios sobre la vulnerabilidad al cambio climático. Lo anterior se refleja en las comunicaciones nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) y ha llevado a preguntas sobre la naturaleza de la vulnerabilidad de los sistemas: ¿cómo se mide o evalúa?, ¿cómo se reduce?, ¿qué papel juegan los que reducen su vulnerabilidad y aquellos que desean apoyar estos procesos de reducción de vulnerabilidad? Tal es el énfasis que se ha puesto en el análisis de la vulnerabilidad que con frecuencia se ha vuelto un fin en si mismo, aunque se sabe que este análisis es parte de un proceso más amplio de la gestión del riesgo ante cambio climático, el cual debe quedar enmarcado en un esquema de políticas como los planes de desarrollo nacional.

De acuerdo con el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), una forma útil y simplificada de abordar la vulnerabilidad es considerarla como una función de los impactos y la adaptación. La vulnerabilidad es vista como el grado al que un sistema es susceptible de soportar efectos adversos al cambio climático; los impactos, dependen de la exposición del sistema al clima y de su sensibilidad, mientras que la adaptación depende de la capacidad del sistema para reducir su vulnerabilidad, aunque la mera existencia de la capacidad no garantiza que será usada. Por ello, para poder iniciar el proceso de adaptación es necesario generar capacidad adaptativa, es decir, habilidad para ajustar un sistema al cambio climático, su variabilidad y sus extremos, con el fin de aminorar sus

potenciales impactos negativos o para sacar ventaja de los aspectos positivos. El IPCC define a la capacidad adaptativa como función de la riqueza, las características de la población, incluyendo su estructura demográfica, educación, salud, arreglos institucionales, acceso a tecnologías y la equidad. Ejemplos de adaptaciones incluyen cambios en el manejo de cultivos, sistemas de captura de agua de lluvia, racionamiento y reciclaje de agua, mejoras de la red de distribución y drenaje, uso de la información climática en la planificación general, educación y difusión de la cultura del agua, o reforestación con especies resistentes a sequía. Evaluar una medida de adaptación generalmente requiere de criterios que con frecuencia se basan en costo económico presente y futuro, equidad social, beneficios inmediatos y futuros, aceptación pública, eficiencia y factibilidad.

1.2 Aspectos de la vulnerabilidad actual regional

En Centroamérica, México y Cuba se han identificado los potenciales impactos de la principal amenaza ambiental del presente siglo. Sin embargo, al reconocerse la necesidad de trabajar para avanzar hacia la vulnerabilidad y el riesgo climático, se dió marcha al Fomento de las Capacidades para la Adaptación al Cambio Climático, proyecto regional piloto que destacó la importancia del tema y marcó un paso esencial en el proceso de adaptación en la región (CATHALAC 2008).

Partiendo de las consideraciones del Marco de Políticas de Adaptación (APF, por sus siglas en inglés) el cual es una guía didáctica técnico-científica para la evaluación, planificación e implementación de las medidas de adaptación (PNUD 2005), se analizaron las condiciones de vulnerabilidad al clima actual, así como sus impactos y las políticas de gobierno existentes en el ámbito económico, social, político o ambiental para reducir el riesgo y los daños. Con ello, se obtiene una base sólida para visualizar estrategias de adaptación que contemplen alcances y limitaciones de la política nacional. Así, es posible encontrar formas para enfrentar condiciones adversas del clima y aprovechar condiciones favorables para iniciar un proceso de adaptación, aunque no siempre sea un proceso explícito.

El fomento de las capacidades para la adaptación al cambio climático remarcó la importancia de elementos como:

- Manejo reciente de situaciones difíciles ante eventos de variabilidad climática y sus extremos (por ejemplo, fenómeno de El Niño)
- Evaluación de los daños económicos por condiciones climáticas adversas en algún sector o sociedad
- Estimación de otros impactos no económicos relacionados a las causas ambientales
- Análisis de las tendencias del clima actual, incluyendo la variabilidad y los eventos extremos
- Estudios de tendencias de los desastres en términos climáticos
- Evaluación de las políticas para la reducción de la vulnerabilidad y la adaptación existentes
- Identificación de estrategias de adaptación realizadas, destacando las facilidades y dificultades encontradas para su implementación, así como su éxito hasta el presente
- Análisis de los efectos de la política pública actual en el proceso de implementación de cambios que se puedan considerar adaptación al cambio climático, su variabilidad y sus extremos
- Identificación y diagnóstico de programas y proyectos de gestión de riesgo al cambio climático en el marco de las políticas públicas de desarrollo
- Evaluación del funcionamiento de las políticas públicas en materia de administración de recursos naturales
- Análisis de las políticas públicas en otros problemas ambientales
- Análisis de la participación de la comunidad o partes interesadas (actores clave) en el desarrollo de las políticas públicas encaminadas a la reducción de la vulnerabilidad y el riesgo

Los análisis, estudios y evaluaciones de impacto en los sistemas mayormente priorizados (hídrico y forestal) en la región, el escenario de vulnerabilidad y el riesgo actual giran principalmente en torno a estos factores:

- El grado de disponibilidad, calidad y cantidad de agua para el consumo y uso familiar, así como para las actividades agropecuarias
- La carencia de bosques que amortigüen la incidencia de las inundaciones
- La sobreexplotación de los acuíferos, dada una alta ineficiencia en el uso del agua para riego
- La ingobernabilidad, cuando no existe o no se aplica el marco jurídico existente (leyes, reglamentos y normas)

La mayor vulnerabilidad del sistema forestal está vinculada a factores como:

- Altas tasas de deforestación vinculada en algunos casos al avance de la frontera agrícola, la ganadería y las actividades de sobrepastoreo
- Incendios forestales asociados a condiciones de sequías extremas y actividades agrícolas
- Impactos por vientos huracanados

También, se identificaron una serie de barreras que condicionan las acciones de los países para hacerle frente al reto de reducir su vulnerabilidad ante la variabilidad y los eventos extremos del clima. Respecto de los aspectos no climáticos un factor en común es la falta de dinamismo de las economías locales, caracterizadas por un déficit en el capital financiero, en la infraestructura física o equipamientos en apoyo a las inversiones productivas y en las actividades económicas en general. Además, en esas condiciones locales prevalecen situaciones de desigualdad e inequidad social que generan un desacoplamiento estructural entre los sistemas naturales y humanos, incrementando la situación de vulnerabilidad ambiental y contribuyendo a un proceso de mala adaptación.

1.3 Escenarios de cambio climático: condiciones cada vez más inequívocas

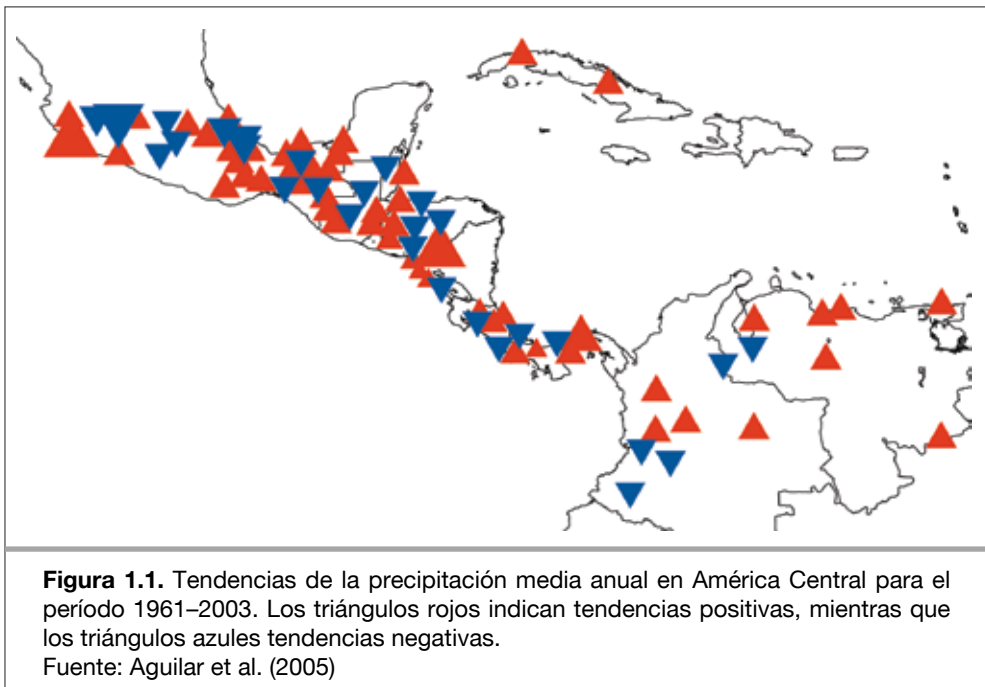
De acuerdo al IPCC, un escenario climático (EC) es una descripción coherente, internamente consistente y plausible de una posible condición futura del clima. Mediante la conjunción de EC, aspectos socioeconómicos y ambientales, es posible la generación de información que permita visualizar con mayores argumentos las condiciones hipotéticas de una situación en particular. Por ello, el desarrollo de EC es una pieza clave en el proceso de identificación y priorización de medidas de adaptación, así como en el diseño de estrategias de lucha ante el cambio climático.

Recientemente, el Cuarto Reporte de Evaluación (4AR, como comúnmente se le conoce) del IPCC indica que el calentamiento del sistema climático es inequívoco y cada vez más evidente a través de las observaciones del incremento de la temperatura global del aire y del mar, del derretimiento del hielo y nieve y de la elevación del nivel del mar. Tan solo la temperatura superficial de la tierra promedio se ha incrementado entre 1860 y el 2000 alrededor de 0,7° C y solo durante el siglo XX se registró a nivel global un incremento

de 0,6° C. Por ello, la década de los noventa ha sido catalogada como la más cálida del milenio y caracterizada por la ocurrencia marcada de extremos climáticos, tal como el año de mayor temperatura (1998) desde 1860.

De acuerdo con Aguilar et al. (2005), los eventos extremos climáticos en la región de América Central comienzan a mostrar cambios sustanciales (figura 1.1). La tendencia de las temperaturas extremas está cambiando en la región, así como el rango de oscilación entre éstas, siendo el calentamiento más notable durante el verano y otoño boreales. Por su parte, las lluvias anuales no han mostrado grandes cambios, aunque su ocurrencia interanual en términos de intensidad ha presentado un significativo incremento.

De igual forma, la situación climática futura de la región no se vislumbra alentadora. El 4AR menciona que por los cambios observados en la variabilidad climática de las últimas décadas, es muy probable que en los próximos años pueda presentarse un aumento de eventos climáticos extremos, principalmente la frecuencia e intensidad de los huracanes en la cuenca del Caribe. Particularmente, hacia el 2020 el aumento de las temperaturas podría variar



entre 0,4°C y 1,8°C y hacia el 2080 entre 1,0°C hasta 7,5°C. El tema de la precipitación resulta más complicado, dado que las proyecciones en general representan mayor incertidumbre asociada.

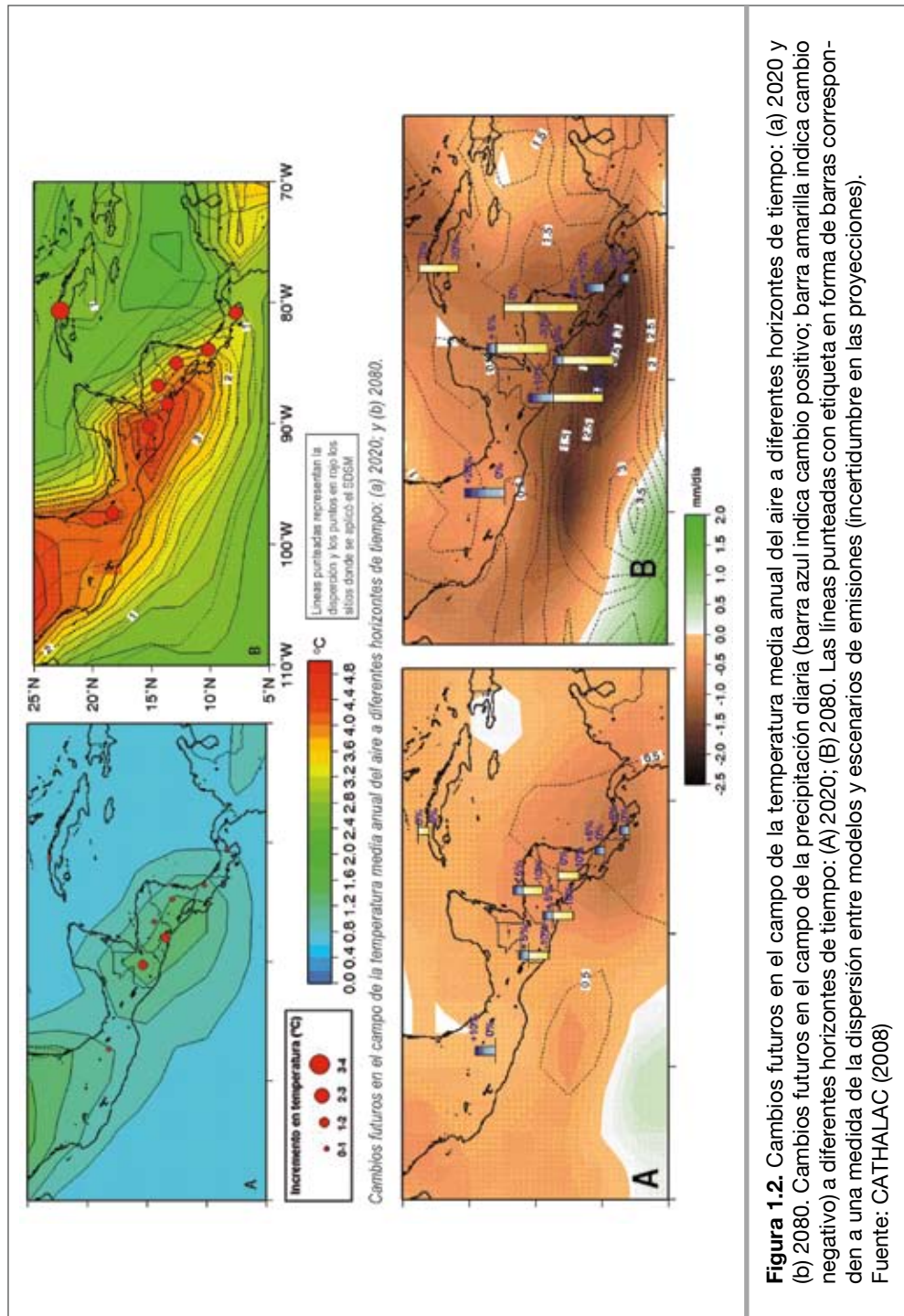
En el caso de Centroamérica, México y Cuba, a través de la iniciativa de CATHALAC (2008), se utilizó tanto información cualitativa como cuantitativa en evaluaciones científicas. Los principales retos en esta etapa fueron el desarrollo de argumentos del futuro para el período de análisis, tales como 2020, 2050 y 2080, en sincronía con otros esfuerzos orientados hacia la evaluación de impactos en la biodiversidad (Anderson et al. 2008), y la realización de proyecciones acerca de cómo las condiciones socioeconómicas cambiarán en el futuro bajo los argumentos alternos. Para ello, se consideró primordialmente información de escenarios de emisiones futuras de gases de efecto invernadero (GEI), producto del desarrollo global. El IPCC, ha realizado una diversidad de escenarios de emisiones de GEI para poder desarrollar escenarios sobre el clima. Esta información se concentra en los Informes Especiales sobre Escenarios de Emisiones (SRES, por sus siglas en inglés), quienes proveen una estimación de la incertidumbre de éstas y que además consideran hipótesis sobre el desarrollo socioeconómico global.

El clima futuro para los períodos y sitios de interés se obtuvo desarrollando EC regionales e incluso locales mediante las llamadas técnicas de reducción de escala. Un aspecto de gran relevancia en esta etapa del trabajo fue el considerar el significado de la incertidumbre en las proyecciones del clima. Así, los resultados más relevantes obtenidos de esta fase (figura 1.2) plantean dos situaciones para las siguientes variables:

1. En términos de precipitación

A nivel de Centroamérica, la tendencia es que los totales anuales de precipitación disminuyan. No obstante, para períodos más cortos de un año se reportan incrementos como siguen:

- En Panamá, se proyecta incrementos de entre 30% y 70% en las precipitaciones mensuales de enero, abril y mayo, pero este incremento podría ser menor bajo otras circunstancias.
- En Nicaragua, podrían ocurrir incrementos de hasta 15% en junio y julio, y una reducción en agosto y septiembre del 24% en relación al promedio mensual, respectivamente.



- En Guatemala, en la cuenca San José, tiende a aumentar de mayo a junio y a disminuir en julio y septiembre.
- Para el número de eventos de lluvias diarias mayores a 40 mm, estos disminuyen ligeramente en El Salvador hacia el 2020 y 2080. A nivel mensual, disminuyen hasta más del 10% para junio en 2085.
- En Panamá, la tendencia es que el número de estos eventos extremos disminuyan hasta un 50% respecto a lo normal.

2. En términos de temperatura

A nivel de la región, la señal de incremento de la temperatura (máximas, medias y mínimas) es congruente con algunas particularidades de escala local. Por ejemplo:

- La temperatura máxima absoluta podría incrementarse de entre 1°C y 3°C en abril y mayo. En el Salvador y Nicaragua, la ocurrencia de las máximas se desplazaría de abril a mayo.
- En la mayoría de los países los eventos de temperaturas máximas absolutas superiores a 38°C serían superados significativamente. Para El Salvador y Nicaragua, dichos eventos podrían ocurrir en cualquiera de los meses de la época lluviosa, sobre todo en junio y septiembre del 2020 en El Salvador y en Nicaragua en agosto y septiembre.
- La señal de la temperatura mínima es menos homogénea que la de la máxima. A nivel de la región los incrementos menores ocurrirían en Panamá, de 0,5°C a 0,8°C hacia el 2080. En Centroamérica, los incrementos serían relativamente mayores: en El Salvador podría aumentar 1,8°C en abril hacia el 2020 y 2,3°C hacia el 2080. En Nicaragua los resultados son diferentes; las mínimas se incrementan en 1°C a 2°C de mayo a septiembre en A2¹ (2020), y disminuyen 1,2° C de junio a octubre en B2.²
- Dado que en Centroamérica gran cantidad de la flora y fauna han evolucionado a temperaturas anuales estables, un cambio pequeño de 1°C tiene potencial para crearles una situación estresante.

1 A2: Caracterizado por la heterogeneidad. Se enfatizan la autosuficiencia y las identidades locales. La población crece continuamente. El desarrollo económico está orientado en regiones y el crecimiento económico y tecnológico es relativamente lento en comparación con otros argumentos.

2 B2: Se enfatizan las soluciones locales para la sostenibilidad económica, social y ambiental. La población mundial crece continuamente pero a una menor velocidad que en el argumento A2.

1.4 El panorama regional ante la vulnerabilidad futura

El análisis de riesgo ante el cambio climático involucra generar escenarios de la vulnerabilidad que contemplan proyecciones de población, ambientales, económicas y tecnológicas, entre otras. Para obtener el contexto general y vinculante con los sectores socioeconómicos, en el proyecto regional en referencia se analizó en el marco de las políticas actuales en materia ambiental los aspectos y consideraciones que pueden estimular o inhibir la implementación de una estrategia de adaptación. Por ejemplo, dicha información se pudo contextualizar en los planes de desarrollo nacionales o considerar objetivos como los planteados en las Metas del Milenio, de tal forma que se realizaron recomendaciones específicas para generar una estrategia nacional de adaptación ante el cambio climático. Con énfasis en las proyecciones para las próximas dos o tres décadas, los principales hallazgos para la región se mencionan a continuación.

1.4.1 Clima

La amenaza del clima seguirá en ascenso. La expresión del riesgo hacia el 2010 y 2015 sigue la tendencia del componente de vulnerabilidad. Posterior a esos horizontes, la amenaza de la variabilidad climática empieza a ser la principal fuerza impulsora del riesgo, dados los incrementos a mayores eventos extremos.

1.4.2 Asentamientos humanos

El incremento de la población podría originar desequilibrios en la oferta de agua potable y, aún más agravado al asociarlo a los cambios de clima, lo que repercute en los grupos vulnerables de cada país (principalmente adultos mayores, niños, pequeños productores y población rural).

- El esfuerzo e interés de los actores locales incorporados en los planes de desarrollo local es un factor clave para reducir la vulnerabilidad futura de sus comunidades.
- La subida del nivel del mar aumentará el riesgo de inundación en zonas bajas.
- El aprovechamiento inadecuado y desmedido de los recursos naturales, como el hídrico, incrementará en la población el riesgo de enfermedades por el consumo de agua contaminada.

1.4.3 Salud

- La población adulta en condiciones de pobreza tiende a ser el grupo social más vulnerable a problemas de salud y su atención representa un alto costo económico, principalmente en las zonas donde la temperatura aumentará y la oferta hídrica disminuirá.
- Las proyecciones para el 2015 de las enfermedades gastrointestinales, de transmisión vectorial (malaria, dengue y leishmaniasis) y las respiratorias (asma, bronconeumonía y amigdalitis) podrían incrementar entre 10% y 23% por cambios en la distribución temporal de la precipitación e incremento de la temperatura del aire en superficie, principalmente en algunas regiones del Caribe de Centroamérica.

1.4.4 Sistemas hídricos

- Los nuevos eventos de sequía y/o la permanencia de ésta incidirán en la disminución de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de las zonas ya vulnerables en la región.
- Es muy probable que se reduzca el nivel del agua de los acuíferos, principalmente por la reducción de los totales anuales de precipitación (10% a 20%) y de los acumulados mensuales durante el período canicular (julio-agosto). Lo anterior, combinado con el aumento de las áreas de riego y de la población, pondrá en riesgo el reparto equitativo del vital líquido. En algunos países, a partir del 2010 se recrudecerá la escasez de agua, particularmente en cuanto a su disponibilidad desde la infraestructura existente. Se incrementaría la vulnerabilidad de las comunidades rurales más pobres y de los pequeños productores.

1.4.5 Sistemas productivos

- La vulnerabilidad de los sistemas productivos, particularmente de los cultivos tradicionales, debido a la inadecuada utilización del suelo, incidirá en que la población dependiente a ellos no logre satisfacer sus necesidades de alimentación, deteriorándose la calidad de vida.
- En algunos países, en el escenario A2 se estima que es probable que la producción de maíz pueda disminuir de manera significativa por el aumento en la temperatura y la disminución de las precipitaciones. En el caso de la producción de frijol, los resultados serían más drásticos, en particular para los productores medianos y de subsistencia.

- La mayor amenaza para la agricultura de la región será la disminución de la humedad de los suelos, pudiendo convertirse en sequía agrícola y agravándose más por la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos.
- En las zonas más secas se espera la salinización y desertificación de la tierra agrícola.
- Se prevé la disminución de la productividad de algunos cultivos importantes y de la ganadería con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria.
- De acuerdo con los escenarios climáticos y socioeconómicos, la combinación de condiciones adversas podrían incidir en que el futuro de la agricultura no sea promisorio en la región, en particular en algunos países donde las condiciones actuales ya son difíciles. Bajo las proyecciones de cambio climático, la actividad agrícola tendrá que recurrir a esquemas de riego más eficientes para mantenerse como una opción de trabajo por parte de la población.

1.4.6 Ecosistemas forestales

- En algunos países de la región de Mesoamérica, el entorno natural es el que más contribuye al incremento de la vulnerabilidad futura, ya que reduce la capacidad de adaptación debido a la profundización de la dinámica de deterioro ambiental y a la ausencia de ordenamiento territorial, afectando así el desempeño de las funciones ambientales esenciales. Se vislumbra una tendencia al aumento de la vulnerabilidad hacia el 2020, probablemente debido a la baja capacidad de control de los procesos de deterioro ambiental.
- En el sector forestal es probable que las condiciones climáticas tiendan a empeorar la sequedad del ambiente en épocas de verano, potenciando las condiciones de incendios hacia el 2020 y de manera más drástica hacia el 2050. Con respecto a las plagas del pino (brotes de “gorgojo descortezador” *Dendroctonus frontalis*), en el A2 para el año 2015, en algunos municipios de Honduras, por ejemplo, presentarán mayor número de brotes. Igualmente en Nicaragua, en la zona fronteriza con Honduras, es muy probable que se incrementen las áreas afectadas por esta plaga.
- Dado el aumento de la temperatura y la disminución del agua del suelo, se estima un reemplazo gradual de los bosques tropicales por sabanas.
- La vegetación árida tenderá a reemplazar la vegetación semiárida.
- Existe el riesgo de pérdida significativa de biodiversidad mediante la extinción de especies en muchas zonas tropicales.

- Se prevee que el aumento de la temperatura superficial oceánica tenga efectos adversos en los arrecifes de coral mesoamericanos y cambie la ubicación de los bancos de peces en el Pacífico.

1.5 Políticas para la adaptación: logros y retos por enfrentar

La experiencia en la adaptación al cambio climático en Centroamérica, México y Cuba consideró que una política de adaptación eficiente tiene que ser la respuesta a una gran variedad de circunstancias económicas, sociales, políticas y ambientales y, por ello, el proceso de adaptación debe incluir a las partes interesadas. En todo caso, se requiere un marco de referencia común en cuanto a conceptos que sea suficientemente flexible a la hora de diseñar las políticas de adaptación y reducción de vulnerabilidad.

Existieron retos que debieron ser enfrentados al momento de evaluar impactos y adaptación al cambio climático—por ejemplo, la existencia de límites de confianza en los escenarios climáticos y la comprensión del significado de incertidumbres para las futuras condiciones socioeconómicas. Dado que los escenarios son solo futuros plausibles, existen pocas posibilidades de atraer el interés de los políticos, ya que los países en desarrollo están más preocupados por otros problemas y asuntos, que ejercen mayor presión, como son el crecimiento económico, el desarrollo sostenible y el de la productividad. Entre algunos tomadores de decisiones, el cambio climático no se presenta como una amenaza inmediata. Sin embargo, los cambios a largo plazo han de ser tomados en cuenta cuando se plantean inversiones. Bajo tal esquema se trabajó para conseguir la participación de tomadores de decisiones en el proceso de generación de capacidades para la adaptación.

El sector hídrico tuvo mayor prioridad durante el proyecto, quizá por ser uno de lo grandes activos de la región. Su escasez bajo cambio climático plantea afectaciones negativas para otros sectores, como el agrícola, el forestal, el de la salud, el de las comunicaciones, etc. Las propuestas de adaptación contemplan esencialmente:

- *Fortalecimiento de las capacidades institucionales*, para la observación sistemática del cambio climático a fin de prevenir, informar y tomar decisiones ante la evolución del clima.

- *Protección de zonas de recarga*, para mejorar la infiltración, fomentar la reforestación y las prácticas agrosilvopastoriles sustentables y disminuir la impermeabilización del suelo.
- *Acciones para el consumo eficiente de agua*, que comprende las medidas de producción más limpias y mejoras en su infraestructura.
- *Medidas complementarias*, tendientes a sensibilizar a la población para que esté dispuesta a actuar y adaptarse a los eventos extremos cada vez más frecuentes, producto del cambio climático.
- *Acciones individuales*, a nivel de familia, comunidad o institución con el fin de adoptar medidas y buenas prácticas para el uso eficaz y eficiente del agua.

Se destaca que las opciones de adaptación involucran el paso de la evaluación para juzgar el mérito de las adaptaciones potenciales. Esta evaluación se puede basar en criterios como: costos, beneficios, equidad, eficiencia, urgencia, y viabilidad. Las opciones de manejo se pueden evaluar en cuanto a su viabilidad económica, sustentabilidad ambiental, aceptación pública y flexibilidad de comportamiento.

En el sector agrícola, por ejemplo, se han identificado estrategias de adaptación que ya se están poniendo en práctica entre algunos productores de maíz. Éstas incluyen la diversificación de cultivos, la diversificación de la ocupación de los agricultores y la obtención de ingresos provenientes de los apoyos gubernamentales. De las medidas de adaptación en el sector agrícola que presentaron mayor viabilidad son específicamente:

1. Recuperación de suelos
2. Colocación de invernaderos para obtener cultivos orgánicos
3. Uso del pronóstico climático
4. Riego por goteo

Evidentemente, la agricultura como principal consumidor de agua, deberá replantearse su desarrollo en materia de riego, como en la actualidad se presenta en los programas oficiales.

Finalmente, en el sector forestal se consideraron como opciones de adaptación desarrolladas del trabajo con actores:

1. Programa de plantación de árboles de bajo porte resistentes a sequías o de mínimo requerimiento de riego en los primeros meses

2. Cambios en el calendario de siembras de árboles
3. Establecimiento de bosques semilleros y calendario de colecta
4. Reforestación con especies nativas de la región
5. Implementación de mejoramiento genético de las especies
6. Incursionamiento en sistemas productivos agrosilvopastoriles
7. Programas de saneamiento vegetal
8. Implementación de viveros municipales
9. Identificación de áreas para reforestación
10. Implementación de programas de pago por servicios ambientales
11. Verificación de las áreas con potencial para el aprovechamiento forestal

Se destaca que los países centroamericanos realizaron esfuerzos para la generación de estrategias de adaptación de carácter local, para ser promovidas y ejecutadas. No obstante, la implementación de las medidas podría limitarse por las siguientes barreras encontradas:

- Prioridad política baja o incluso marginal por conocimiento insuficiente de la problemática del cambio climático, sobre todo en los tomadores de decisiones
- Falta de visión e integralidad de los programas de desarrollo que están en ejecución en los países
- Carencia de una política sobre cambio climático que integre las estrategias de mitigación de GEI y de adaptación al cambio climático
- Existencia de asimetrías para el abordaje del tema y en sus capacidades nacionales existentes
- Marco jurídico conceptualmente difuso
- Falta de coordinación interinstitucional a todos los niveles, incluyendo a la sociedad civil, la academia y actores como donantes
- La iniciativa privada aún no está integrada de manera significativa en los procesos de adaptación al cambio climático
- Políticas nacionales inadecuadas para la asignación de recursos
- Carencia de recursos y elevado costo de las medidas de adaptación, relacionado a la falta de separación de los costos del desarrollo social y económico nacional con los costos reales de la adaptación al cambio climático
- La falta de voluntad política de los países altamente industrializados para transferir los recursos técnicos y financieros que necesitan los países en desarrollo para la adaptación

- El predominio de criterios, procedimientos y esquemas de ejecución rígidos e inapropiados dentro de los organismos (multilaterales o bilaterales) que actúan como agencias de implementación de los fondos para la adaptación

Se reconoce que aun es necesario crear y reforzar las capacidades para enfrentar y responder al cambio climático, siempre y cuando la estrategia sea guiada por la demanda de acciones y medidas simples, y no solamente por la oferta de métodos y herramientas complejas. Por ello, se enfatiza en el empoderamiento de sus comunidades e instituciones más que la simple participación de los actores. Para lograr estos objetivos, se deben identificar buenas prácticas que se traduzcan en acciones establecidas y basadas en realidades con sustento científico y no sólo en teorías, así como apegadas a las necesidades de las comunidades, a la integración de los actores y a la pertinencia para mejorar las decisiones. Así, esas prácticas podrán tener mayor relevancia en el contexto del desarrollo.

Finalmente, los resultados obtenidos han permitido establecer una metodología de investigación que ha sido incorporada en la formulación de otras propuestas de trabajo—incluyendo las estrategias nacionales o sectoriales de adaptación al cambio climático—y para establecer sinergias con otros proyectos o iniciativas en ejecución³.

1.6 Fortaleciendo la capacidad regional para la adaptación

La necesidad de estar mejor preparados y de contar con mayor y mejor conocimiento y la presión intrínseca asociada a los grandes desastres por eventos hidrometeorológicos en la región han forzado a replantear posturas regionales para incrementar la resiliencia ante el cambio climático. Es ahí donde el uso de nuevas tecnologías, metodologías prácticas e información integrada para la gestión de desastres cobra mayor sentido. Por ello, CATHALAC, bajo un enfoque multidisciplinario y del Sistema de Visualización y Monitoreo Regional (SERVIR, como se le conoce comúnmente), ha marcado un partea-guas en el fortalecimiento de las capacidades individuales e institucionales de la región.

3 Por ejemplo, el proyecto regional CATHALAC/USAID-NASA, Generación de Índices del Tiempo y Clima para la Toma de Decisiones en Centroamérica, México y República Dominicana.

Desde el 2006, la información y asesoría técnica de apoyo de CATHALAC, así como la amplia diseminación de la información en todos los niveles organizacionales, han marcado la pauta para una mejor preparación ante los desastres. Aunado a ello, el enfoque orientador a través de sus planes de estudios formales en temas climáticos, ambientales y multidisciplinarios seguramente aumentará en el corto tiempo la masa crítica regional, fortalecimiento así las capacidades regionales para una mejor competitividad.

1.7 Referencias bibliográficas

- Aguilar, E; Peterson, T; Obando, P; Frutos, R; Retana, J; Solera, M; Soley, J; García, I; Araujo, R; Santos, A; Valle, V; Brunet, M; Aguilar, L; Álvarez, L; Bautista, M; Castañón, C; Herrera, L; Ruano, E; Sinay, J; Sánchez, E; Oviedo, G; Obed, F; Salgado, J; Vázquez, J; Baca, M; Gutiérrez, M; Centella, C; Espinosa, J; Martínez, D; Olmedo, B; Espinoza, C; Núñez, R; Haylock, M; Benavides, H y Mayorga, R. 2005. Changes in Precipitation and Temperature Extremes in Central America and Northern South America, 1961–2003, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 10, D23107. 15 p.
- Anderson, E; Cherrington, E; Flores, A; Pérez, J; Carrillo, R; Sempris, E. 2008. “Potential Impacts of Climate Change on Biodiversity in Central America, México and Dominican Republic,” CATHALAC/USAID, Panama City.
- CATHALAC (Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe) 2008. Síntesis Regional, proyecto “Fomento de las capacidades par a la etapa II de adaptación al cambio climático en Centroamérica, México y Cuba”. 36 p.
- CEPAL. 2002. La sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades, Informe final de la Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile. 251 p.
- PNUD. 2005. Marco de políticas de adaptación al cambio climático: desarrollando estrategias, políticas y medidas. 258 p.
- Trenberth, K; Stepaniak, D. 2001: Indices of El Niño Evolution. *Journal of Climate*, 14: 1697–1701.

Capítulo 2

Integrando la adaptabilidad al cambio climático a través de la biodiversidad

Fabrice DeClerck, Marcos Decker

Resumen

Los efectos del cambio climático en Mesoamérica comenzarán a repercutir en muchos aspectos de la vida. La biodiversidad sufrirá las consecuencias del cambio y jugará un papel importante en respuesta al cambio climático: 1) adaptación, 2) migración y 3) extinción. En vista de la rapidez con la que se está llevando a cabo el cambio, la mayoría de los organismos migrarán o se extinguirán. Evidencia pasada sugiere que los procesos de migración son a nivel poblacional y no así a nivel de comunidades, ocasionando cambios importantes en los ecosistemas. En ese sentido, la biodiversidad contribuye en gran medida al funcionamiento de los ecosistemas. Al alterar las comunidades biológicas se afecta la capacidad de estos para proveer servicios ecosistémicos. Por lo tanto, es importante considerar seriamente mecanismos de adaptación de la biodiversidad al cambio climático y los efectos que tendrá en las especies de carácter agrícola. Una de las formas más simples de adaptación está fuertemente relacionada con las metas de conservación: proteger la biodiversidad y asegurar el intercambio de especies a través de una matriz agrícola. Por otro lado, la forma más compleja de adaptación es la selección de un conjunto de especies capaces de enfrentar las consecuencias del cambio climático y que además tengan la capacidad de proveer servicios ecosistémicos. Por lo cual, se debe involucrar un alto nivel de conocimiento sobre el rol de las especies en los agroecosistemas y sobre la forma como éstas comunidades responden a los efectos del cambio climático.

Palabras claves: especies, vegetación, servicios ecosistémicos, ambientes naturales, perturbación

Abstract

Climate change has begun to affect many aspects of life in Mesoamerica. Biodiversity will suffer the consequences and will play an important role in responses to climate change: 1) adaptation, 2) migration, or 3) extinction. In light of the rapid rate of this change, most organisms will either migrate or become extinct. Past evidence of migration in response to global change indicates that migration is a population-level rather than community-level phenomenon, causing dramatic ecosystem changes. In terms of increasing the response function of biodiversity to climate change, regional efforts must be made to ensure connectivity. Biodiversity also contributes to the functioning of ecosystems. Altering biological communities alters their capacity to provide critical ecosystem services. Adaptation to climate change must urgently take into consideration the ecological dimensions of climate change and the effects that this change may have on those species that are critical in agricultural systems. One of the simplest forms of adaptation is strongly tied to conservation goals: protect biodiversity and ensure species movement within an agricultural matrix. More complex forms of adaptation involving biodiversity include selecting and forming species assemblages capable of providing services in the face of climate change. This latter option, however, is risky and requires both intimate knowledge of species roles in agroecosystems and the ability to forecast regional effects of climate change.

Key words: species, vegetation, ecosystems services, natural environments, disturbance



Foto: Fabrice DeClerck

Polinizadores de la flor de café (*Coffea arabica* L.)

2.1 Introducción

Cada día se hace más evidente las implicaciones del cambio climático en América Latina y el Caribe. Durante las últimas décadas la percepción del cambio climático se ha venido reforzando a partir de nuevas y crecientes evidencias. El último reporte del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) afirma que el calentamiento global es inminente dado el incremento del promedio de la temperatura media atmosférica, y de los océanos, el derretimiento de los témpanos de hielo (glaciares) y el incremento del nivel del mar (IPCC 2007a).

En América Latina y el Caribe se han observado cambios en la precipitación y aumentos en la temperatura (Magrin et al. 2007). Bajo este contexto, el alto nivel de vulnerabilidad de la mayoría de los países de la región frente a eventos climáticos extremos puede comprometer su proceso de desarrollo (IPCC 2007b).

Este cambio climático está afectando en gran medida a la conservación de la biodiversidad, principalmente debido a la rapidez con la que se está dando. La flora y la fauna están presentando problemas de adaptación, lo que da como resultado cambios en la distribución de las especies, incremento de la tasa de extinción, cambios en los tiempos de reproducción, cambios en los patrones de migración de aves y cambios en los patrones de crecimiento de las plantas, entre otros (Reid y Huq 2005).

En ese sentido los escenarios más optimistas pronostican un incremento de la temperatura entre 0,5°C y 1°C para el año 2050 y entre 1°C y 2°C para el 2080. Sin embargo predicen que la precipitación sufrirá una disminución de hasta un 20% (IPCC 2007a), particularmente en la vertiente del Pacífico de Centroamérica. Por el contrario, en la vertiente caribeña podría observarse un aumento de la precipitación, especialmente tormentas tropicales fuertes y huracanes de alta intensidad.

Según Dudley (1998) los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad se pueden caracterizar en función a una serie de criterios como la capacidad de adaptación al cambio, la migración o desplazamiento de especies dentro de un rango de tolerancia y la desaparición o extinción de las especies. Sin embargo, es importante constatar que el cambio climático no necesariamente representa un aumento de temperatura, sino que representa un cambio en patrones de perturbación (de mayor frecuencia y mayor intensidad) que inciden directamente sobre los patrones de la vegetación (distribución y composición) y por ende sobre las comunidades biológicas asociadas. Dichos patrones de vegetación están directamente asociados a eventos climáticos extremos como tormentas tropicales, huracanes de gran intensidad o fenómenos como El Niño y La Niña más frecuentes, intensos y prolongados. En ese sentido, Condit (1998) predice que para Centroamérica y el Caribe el incremento en intensidad y frecuencia de huracanes y tormentas tropicales modificarán significativamente la estructura y composición de la vegetación y por lo tanto impactarán en el funcionamiento de los ecosistemas. Estos cambios tienen implicaciones importantes para la conservación de la biodiversidad.

Por lo general, cuanto más rápidos son los cambios en el clima, mayor es el impacto en los ecosistemas. El ambiente natural se ha vuelto especialmente vulnerable a los impactos del cambio climático. En efecto, las actividades que degradan el medio ambiente, como la deforestación y el pastoreo excesivo,

contribuyen en gran medida a intensificar los efectos del cambio climático. Sin embargo, al referirnos a la biodiversidad, incluimos también a la variedad de especies que conforman la base para la alimentación de la humanidad y a los sistemas agrícolas o pecuarios de producción a gran escala.

La relación entre cambio climático y agricultura es compleja. Por un lado, las manifestaciones del cambio climático—especialmente en temperatura, precipitación, nivel del agua e incremento de eventos extremos—desatan acciones de adaptación por parte de los productores agropecuarios. Por otro lado, las actividades agropecuarias pueden desempeñar un papel importante en la mitigación del efecto invernadero causante del cambio climático.

A escala global, el cambio climático puede tener un efecto poco significativo en la producción total de alimento. Sin embargo los impactos a escala regional tienden a ser más sustanciales y variables, beneficiando a algunas regiones y perjudicando a otras (Reid y Huq 2005). La alteración de los patrones climáticos afecta la producción y productividad agrícola de diferentes maneras, en función a los tipos de prácticas agrícolas, sistemas y períodos de producción, tipo de cultivo, variedades y ubicación, entre otros. Se estima que los principales efectos derivados de las variaciones en temperaturas y precipitación estarían principalmente ligados a las alteraciones fisiológicas por exposiciones a temperatura por fuera del umbral permitido, deficiencias hídricas y respuestas a variadas concentraciones de CO₂ (Watson 1997, Thomas et al. 2004, Reid y Huq 2005).

Hasta ahora, las investigaciones sobre las zonas agroecológicas se realizan sobre el supuesto que se trata de zonas que no cambian en el tiempo. No obstante, debido a que estas zonas son por definición una función del clima, pueden variar a medida que cambie el mismo. En ese sentido estos cambios tendrían implicaciones sobre la productividad agrícola de manera mucho más compleja si incluimos los factores climáticos, económicos y sociales que incidirán directamente en la conservación de la biodiversidad.

Con todo lo mencionado anteriormente el presente trabajo pretende responder a varias preguntas. 1) ¿Cuáles son las respuestas de la biodiversidad ante el cambio climático? Lo anterior con la intención de comprender los procesos del cambio pasado y corrientes y establecer fundamentos para entender los posibles cambios futuros. Por otro lado, la biodiversidad no es la única

afectada por los cambios en el clima, sino que también se ven afectados todos los procesos ecosistémicos que se llevan a cabo en ambientes tanto naturales como agropecuarios. Finalmente, complementar los procesos de perturbación con conceptos de gran importancia en la ecología para el incremento de la biodiversidad en función a la resistencia y resiliencia de los ecosistemas. 2) ¿Cómo podemos manejar la biodiversidad e integrar a las funciones de adaptabilidad al cambio climático?

2.2 ¿Qué hemos aprendido de los cambios climáticos del pasado?

El cambio climático no es un fenómeno nuevo cuando se toma en cuenta desde una perspectiva a escala geológica. Lo distinto esta vez es que las actividades de los seres humanos actúan como una de las causas principales del cambio climático y son estos al mismo tiempo los más afectados por dichos cambios. Esta perspectiva histórica nos permite entender cómo responderán los sistemas naturales a las variaciones climáticas.

La biodiversidad está compuesta por la variedad de vida que habita en la tierra, desde los genes que conforman a los organismos hasta todos aquellos individuos capaces de moverse a través del paisaje. A su vez estos individuos de la misma especie constituyen poblaciones en un área determinada y estas poblaciones conforman comunidades ecológicas que interactúan entre sí formando ecosistemas. Comprender estos niveles jerárquicos de organización ecológica nos ayudarán en gran medida a comprender las respuestas de la biodiversidad al cambio climático y más aun a entender el rol que desempeña la biodiversidad en la adaptabilidad de los sistemas naturales, manejados o agrícolas.

2.3 Respuestas de la biodiversidad al cambio climático

Las lecciones aprendidas con el estudio de cambios históricos globales nos enseñaron que las poblaciones de especies pueden presentar tres respuestas a los cambios (Dudley 1998, Turner et al. 2001):

1. Adaptación a las nuevas condiciones
2. Migración a nuevas localidades
3. Extinción de especies

2.3.1 Adaptación

Los procesos de adaptación posiblemente solo son factibles para especies de ciclos cortos de vida donde el proceso sigue a la misma velocidad que la tasa de cambio o más rápido. Lo preocupante es que la tasa de cambio está tan elevada que muchas especies, particularmente las especies de ciclos largos de vida, no son capaces de adaptarse a la misma velocidad. Este problema es particularmente grave para especies con poca movilidad.

El segundo factor de importancia cuando hablamos de la adaptación al cambio climático a nivel de poblaciones, es que especies con altas tasas de reproducción tienen mayor capacidad de adaptabilidad a procesos de selección natural, incluyendo la diversidad genética de las poblaciones. En ese sentido las poblaciones con alta tasa de reproducción, pero con poca variabilidad genética tienen una mayor probabilidad de extinción que poblaciones con una alta variabilidad genética. Esta situación favorece a las principales plantas y animales que conforman la base de la agricultura a nivel mundial, debido a su alta tasa de movilidad. Es indudable que a causa del cambio climático las zonas agrícolas sufrirán cambios considerables y que los productores van a tener que buscar especies o variedades capaces de adaptarse al cambio. Sin embargo existe un alto riesgo que estas mismas especies, por una excesiva manipulación, hayan sufrido una reducción de la variabilidad genética o pérdida de genes o caracteres que presentaban una ventaja potencial como es el caso de aquellos genes que confieren resistencia a patógenos o plagas (Hajjar et al. 2008).

2.3.2 Migración

Las evidencias de migraciones previas a la era de hielo nos demuestran que los movimientos ocasionados por el cambio climático dieron como resultado la segregación de las comunidades ecológicas. Dicho en otras palabras, los ecosistemas no migran, pero las poblaciones sí, dando como resultado la formación de nuevas comunidades biológicas, de nuevas interacciones entre especies, nuevas composiciones biológicas y nuevas abundancias de especies, entre otros. El punto clave es que las especies migran individualmente, y no en comunidades. La capacidad y velocidad de movimiento de las especies están determinadas por su capacidad de dispersión y de las interacciones con los nuevos miembros de su comunidad. Los avances de la ciencia han logrado modelar los cambios de distribución de las especies en función a los cambios en temperatura y precipitación. Sin embargo, se carece de información capaz de predecir los cambios en la distribución de las comunidades y mucho menos

su composición, debido a la falta de información de las interacciones entre especies y su respuesta a las perturbaciones naturales (Turner et al. 2001).

Puede que la migración sea la opción más factible para la mayoría de las especies terrestres de alta movilidad. Sin embargo, existen ciertas limitaciones de consideración: primero, la alta tasa de fragmentación mundial de los ambientes naturales y seminaturales a nivel local y regional que, en la mayoría de los casos, han interferido el desplazamiento de las especies.

El proceso de fragmentación es evidente en Mesoamérica debido específicamente a sus características geográficas. Mesoamérica representa un puente intercontinental que actúa como el cuello de botella entre los continentes de Norteamérica y Suramérica. El ancho del continente al nivel del Canal de Panamá tiene solamente 80 km entre el Pacífico y el Atlántico, comparado a los 4.000 km entre océanos en Norte América. Debido a esta estrecha topografía, el desplazamiento de las especies de norte a sur y viceversa se ve especialmente limitada y la probabilidad de establecer nuevas interacciones es igualmente baja.

Cuando existe una interdependencia importante entre especies, la tasa de dispersión de ambas especies debe ser elevada. Lo importante es que la migración en respuesta al cambio climático ocurre a nivel de poblaciones y no a nivel de comunidades (Bartlein et al. 1997, Davis 1983). Es decir, el cambio climático es una fuerza de desensamblaje de comunidades ecológicas. Cada especie se desplaza en función de sus capacidades y tolerancias. En ruta, estas poblaciones encuentran poblaciones de otras especies, donde las interacciones interespecíficas e intraespecíficas pueden cambiar de manera importante, particularmente nuevas interacciones competitivas que en adición a limitaciones de dispersión, tolerancias individuales y corredores de movimiento disponible pueden ser una limitación adicional a la sobrevivencias de cada especie.

A pesar que los seres humanos son una de las causas principales del proceso de cambio climático que actualmente nos aqueja, los cambios en el pasado se dieron de manera natural y contribuyeron de manera importante en los arreglos y la composición de los ecosistemas. La hipótesis de refugio (Petit et al. 2003) sugiere que a través de los cambios del pasado asociados a eventos de enfriamiento global, las comunidades ecológicas se disgregaron y otras se aislaron. Al mismo tiempo, especies de zona templadas migraron hasta el sur,

formando una concentración de especies en los trópicos. Durante este proceso se formaron nuevas especies y con el calentamiento global, nuevas comunidades, aumentando la riqueza de especies a nivel regional y mundial (Davis 1983, Turner et al. 2001).

2.3.3 Extinción

La tercera opción para varias especies es la extinción. Lamentablemente esta opción cada día parece más probable y evidente con la alta tasa de cambio global en combinación con el estado de fragmentación en Centroamérica. Especies particularmente en riesgo de extinción son especies poco móviles, altamente dependientes de otras especies (o dependientes de bosques) y con largos ciclos de vida (Brook et al. 2008, Davies et al. 2008, Wake and Vredenburg 2008).

Además de las preocupaciones con la existencia de rutas de migración, muchas de las perturbaciones asociadas a las variaciones en el clima traerán consecuencias drásticas en las comunidades animales y vegetales, dando como resultado la desaparición de muchas especies.

Un estudio determinó que la causa principal de la desaparición de anfibios en Monteverde (Costa Rica) estaba directamente asociada con las variaciones del clima (Pounds et al. 1999). La extinción de las poblaciones de anfibios puede estar relacionada con la limitada área de hábitat de los anfibios, enfermedades como chytridiomycosis y la contaminación del aire. Otros factores que probablemente contribuyeron a la extinción de las poblaciones de anfibios en la región fue el incremento en la radiación UV-B, hongos o parásitos y bajos niveles de pH en el agua.

2.4 Biodiversidad y adaptabilidad

En la sección anterior se describió la percepción común donde la biodiversidad simplemente se refiere al número de especies en un ecosistema y que éstas especies principalmente son el recipiente de variaciones ambientales, incluyendo el cambio climático. Pero también existe un paradigma alternativo donde los organismos pueden jugar un papel importante en la provisión de servicios y procesos ecosistémicos. Un ejemplo de esta interacción relacionada al cambio climático, es el aumento de la concentración atmosférica de CO₂ durante los últimos 50 años (figura 2.1). En la figura 2.1 se aprecian dos

patrones. Primero el aumento en CO₂ que está atribuido a causas humanas y el mecanismo primario se observa el cambio climático que nos ha llamado tanto la atención. Segundo, se observa que la tasa de CO₂ aumenta y baja de 5 ppm cada año. Este patrón anual es en función de las estaciones templadas donde en cada primavera nortea el crecimiento de la vegetación absorbe el CO₂, reduciendo la densidad de CO₂ atmosférico y cada otoño este CO₂ regresa a la atmósfera con la descomposición de materia orgánica en las zonas templadas. Este ejemplo permite evidenciar que la vegetación tiene un impacto activo influenciando la cantidad de carbono atmosférico en función de las estaciones. De la misma forma, la deforestación que representa la conversión de bosques a sistemas agrícolas simplificados, contribuye un 20% de CO₂ anualmente (FAO 2007).

Por otro lado, el impacto de la biodiversidad sobre fenómenos y procesos ambientales no está exclusivamente limitado a escalas globales, sino que también tiene impactos importantes a escala de fincas y paisajes.

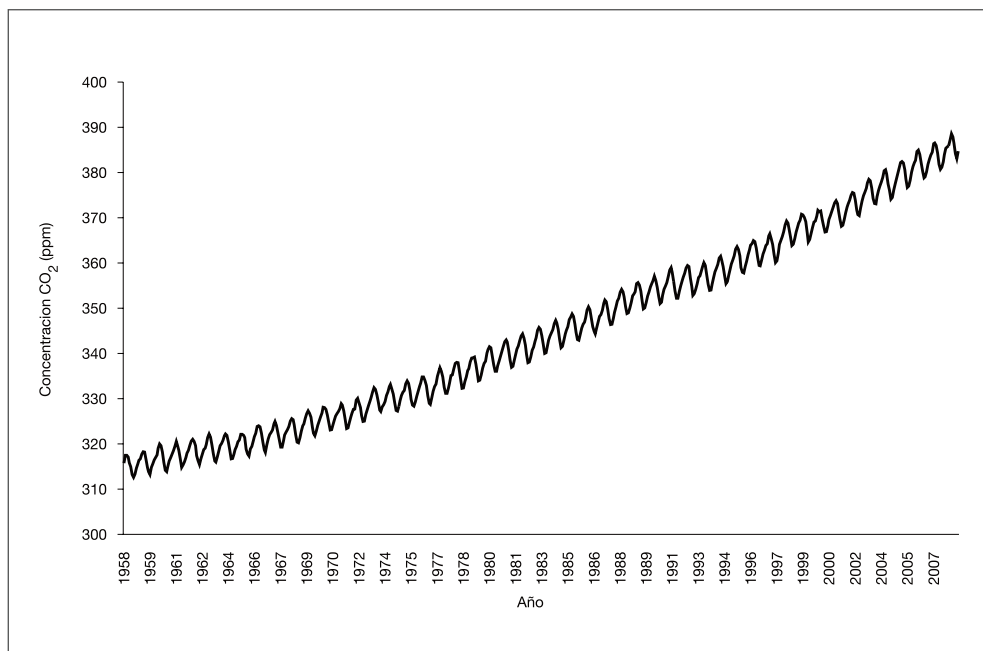


Figura 2.1. La concentración de CO₂ atmosférica desde 1958 hasta 2007, donde se aprecia un incremento considerable y una oscilación debido a los cambios estacionales. Fuente: Datos de Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/)

La adaptación al cambio climático es el ajuste en sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos o a sus efectos que moderan el daño causado. Existen dos formas de adaptación: 1) la adaptación autónoma, por ejemplo un productor que responde a los cambios en los patrones de precipitación por medio de cambios en las especies de producción, fecha de siembra y cosecha; 2) la adaptación planificada que consiste en decisiones tomadas para aumentar la adaptabilidad del sistema agrícola, por ejemplo la selección de especies tolerantes a sequías, heladas, enfermedades o plagas generando una ventaja en caso de la aparición de alguno de estos cambios (FAO 2007).

Además de soluciones agrícolas, la ecología nos ofrece varios modelos que pueden servir para la adaptación de agroecosistemas al cambio climático. Por ejemplo, la ecología predice que las comunidades diversas tienen mayor resistencia y resiliencia al cambio climático. En esta sección se incorpora varios ejemplos de los mecanismos a través de los cuales poblaciones de organismos interactúan para aumentar la adaptabilidad de la comunidad biológica al cambio climático. Primero, se discute la importancia de conservar reservas de diversidad genética, las especies de mayor utilidad para las poblaciones humanas. Segundo, se presenta el estudio de caso de las pasturas experimentales de Minnesota donde se evidenció que la riqueza de especies de pastizales aumenta la resistencia a la sequía (Tilman 1997, Tilman et al. 1997, Hector et al. 1999, Tilman et al. 2001, Hector et al. 2002, Tilman et al. 2002). Tercero, el caso en Sierra Nevada de California donde se demuestra que la resiliencia a la sequía y la productividad de bosques coníferos aumenta con la riqueza de especies coníferas (DeClerck et al. 2006). Finalmente, se termina con un estudio de Ricketts et al. (2004) en cafetales de Costa Rica que da un ejemplo clave de la importancia de mantener comunidades naturales de abejas para mantener o aumentar la resistencia del sistema al cambio climático.

2.4.1 Caso 1: Recursos genéticos para la adaptación

Desde el comienzo de la agricultura hace unos 12.000 años, se han cultivado cerca de 7.000 especies de plantas para alimento (CDB 2005). No obstante, hoy día solo unas 15 especies de plantas y ocho especies de animales proveen el 90% de nuestra alimentación (CDB 2005). Numerosas características incorporadas en estas variedades modernas de cultivos provienen de variedades silvestres con mejor productividad, resistencia a plagas, enfermedades y condiciones de crecimiento cada vez más difíciles. Las variedades silvestres de los cultivos agrícolas se consideran pólizas de seguro para el futuro, pues pueden

utilizarse para generar nuevas variedades o clones capaces de hacer frente a las condiciones cambiantes, recordando que el cambio climático en Mesoamérica va a aumentar la interacción entre organismos e inclusive la posibilidad de la llegada de nuevas plagas y patógenos para las cuales los cultivos actuales no estén adaptados. Una adaptación planificada contribuiría a mantener reservas genéticas *in situ* y *ex situ* de las especies de importancia agrícola como fuente de germoplasma resistente a estos nuevos patógenos y plagas.

2.4.2 Caso 2: Pasturas de Minnesota

Centroamérica está dominada por pasturas, la mayoría se encuentran en estado degradado, donde su capacidad de proveer servicios ecosistémicos, incluyendo la productividad, la resistencia y resiliencia al cambio climático han desaparecido. Muchos estudios de zonas templadas han demostrado una interacción fuerte entre la riqueza de especies en un pastizal y la productividad primaria de la pastura (Tilman 1997, Tilman et al. 1997, Hector et al. 1999, Tilman et al. 2001, Hector et al. 2002, Tilman et al. 2002). Este efecto es particularmente fuerte cuando al menos una especie de leguminosa está incluida en la comunidad vegetal. Existe evidencia que la riqueza de especies de plantas en un pastizal tiene un impacto mayor en estabilizar la productividad primaria a través del tiempo. Uno de los mejores ejemplos de esta relación viene de los pastizales de Minnesota, donde un estudio a largo plazo de productividad primaria incluye varios eventos de sequía fuertes igual a los predichos para la vertiente del Pacífico de Mesoamérica.

El efecto de portafolio (Tilman 1999, Lehman and Tilman 2000, Schwartz et al. 2000, Hector et al. 2001) es una teoría ecológica basada en los mercados donde la diversificación reduce el riesgo de un colapso total del sistema. La idea básica es que muy probablemente una especie tendrá una reducción en abundancia o productividad a través del año o con el cambio climático, pero sería poco probable que todas las especies fueran afectadas de la misma manera. En el ejemplo de las pasturas de Minnesota, la riqueza de especies varía entre una y 16 especies. Los resultados de varios años de estudio de estas parcelas demuestran que la estabilidad de las parcelas con alta riqueza de especies estuvo 70% más estable en su productividad primaria que las parcelas con pocas especies. Este estudio también demostró que la reducción de productividad de una especie fue remplazada por el aumento en producción de una segunda especie y que el mecanismo fue realmente este efecto de portafolio (Tilman et al. 2002). Aumentar la riqueza de especies en sistemas agrícolas,

reduce la probabilidad de una pérdida de productividad con un cambio en el clima y aumenta la resistencia del sistema.

2.4.3 Caso 3: Bosques de coníferas de California

En el ejemplo de pasturas de Minnesota, a mayor riqueza de especies, mayor estabilidad de la comunidad biológica. Las interacciones entre especies determinan la productividad, resistencia y resiliencia del sistema. DeClerck et al. (2006) estudiaron la respuesta de comunidades de coníferas en California a la sequía en una secuencia cronológica de 120 años. Usando los anillos de crecimiento de los árboles, se midió la productividad anual de estas coníferas entre 1880 y 2000, incluyendo seis eventos de sequías importantes. Las comunidades de coníferas estuvieron compuestas entre una y cuatro especies que dominan el subalpino de la Sierra Nevada (*Pinus contorta*, *Pinus monticola*, *Abies magnifica*, y *Tsuga heterophylla*). Ellos observaron que las comunidades con mayor riqueza de especies fueron más productivas (mayor biomasa por año) y presentaron mayor resiliencia a la sequía que comunidades compuestas de una o dos especies (figura 2.2). No se evidenció que la resistencia a la sequía fuese mayor con la riqueza de especies arbóreas.

La explicación de estos resultados tiene una base en la teoría ecológica, la cual evidencia la competencia por los recursos limitados en estos bosques y la capacidad de estas especies de capturar recursos limitados. Cada especie presenta una capacidad única de tolerar bajas condiciones de disponibilidad de agua y luz. En general estos dos rasgos son inversos. Las especies que toleran niveles altos de luz presentan mayor capacidad de resistir la sequía, mientras que las especies que no toleran altas concentraciones de luz son las que no requieren altas cantidades de agua. En este estudio las dos especies de pino toleran la sequía, pero no toleran la sombra. En contraste, el *Abies* y *Tusga* toleran condiciones de sombra, pero no toleran la sequía y por lo general se encuentran en el sotobosque y no en áreas abiertas donde existe menos probabilidad de desecación.

¿Qué pasó durante el período de sequía? El agua se convierte en el recurso limitante y solamente las especies capaces de tolerar niveles bajos de agua pudieron seguir creciendo. En este caso no se encontró una relación entre la resistencia y la riqueza de coníferas, es decir, las comunidades de cuatro especies de pino presentaron una reducción en la producción al igual que las comunidades con una o dos especies. A diferencia de lo observado entre la

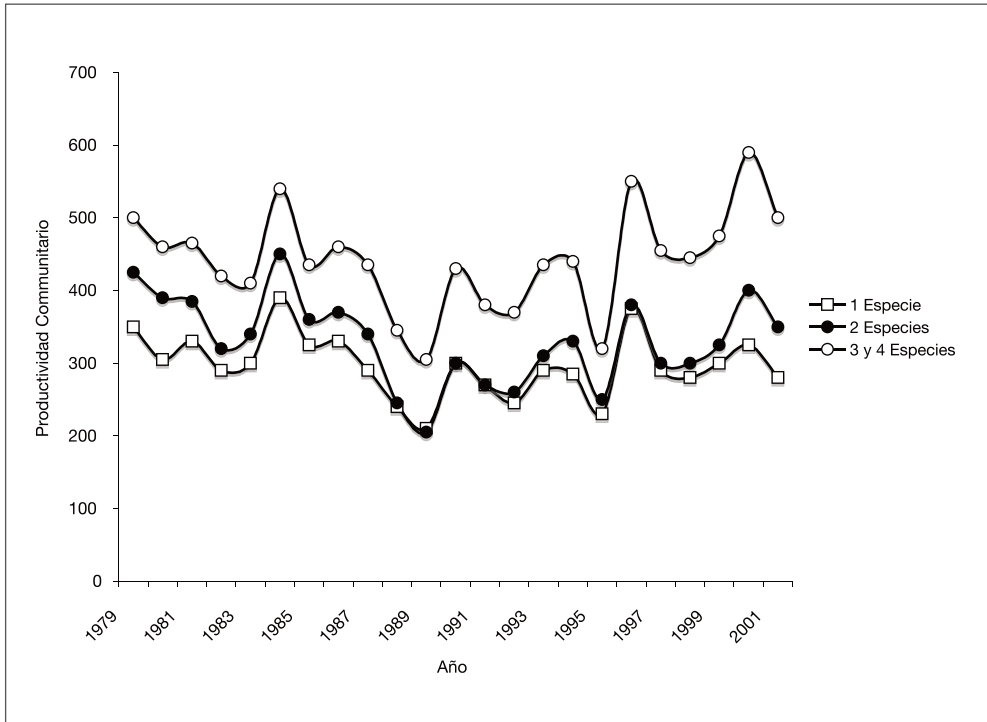


Figura 2.2. La productividad y resiliencia de bosques coníferos de la Sierra Nevada aumentaron con la riqueza de especies largamente en función de la interacción entre especies y una complementariedad entre sus necesidades para recursos.
Fuente: DeClerck (2006)

resiliencia de las especies con el aumento de la riqueza de especies. La gran diferencia radica en que cuando la sequía termina, deja de ser el factor limitante para la producción. Las comunidades de cuatro especies fueron capaces de competir por el recurso con mayor separación entre los nichos de cada especie. En este caso, tener más especies en la comunidad suministró un refugio para las especies poco tolerantes de la sequía y tener especies con distintas tolerancias y requisitos aumentó la rapidez con la cual estas comunidades regresan a una producción alta una vez que la sequía termina. Entre estas especies aumentó la tasa. Este concepto podría ser aplicado en plantaciones forestales de Mesoamérica o en pasturas con la interacción entre árboles en pasturas y gramíneas para aumentar la resiliencia de ambos.

2.5 Cafetales de Costa Rica

La polinización por abejas es considerada como uno de los servicios ecosistémicos más importantes para la agricultura. Pero, ¿qué tan seguro es que las abejas sigan siendo capaces de proveer este servicio? Una hipótesis ecológica llamada Hipótesis de Seguro o *Insurance Hypothesis* (Naeem y Li 1997, Yachi y Loreau 1999, Loreau 2000, Naeem 2002, Perfecto et al. 2004) sugiere que aumentando el número de especies capaces de proveer un servicio, sirve como seguro contra el cambio.

En el estudio de Ricketts (2004) se investigó el papel de los remanentes de bosques tropicales como una fuente potencial de polinizadores en plantaciones de café circundantes en Coto Brus, Costa Rica. Durante el año 2001 y 2002 se observó el comportamiento de las abejas y la tasa de deposición de polen en flores de café a lo largo de gradientes de distancia a los fragmentos.

En este estudio, se analizaron 11 especies de abejas, incluyendo a la especie introducida *Apis mellifera*. La riqueza de abejas, la tasa de visitación y la tasa de deposición de polen fueron significativamente mayores en sitios a distancias menores de 100 m de fragmentos de bosque, que en sitios más lejanos (distancia máxima 1,6 km). Sin embargo, a distancias mayores *A. mellifera* fue observada con mayor frecuencia. Cabe destacar que esta especie fue constante a lo largo de todo el gradiente. En 2002, el segundo año del estudio, las abundancias de *A. mellifera* declinaron drásticamente en toda la zona de estudio, con reducciones de más de 50% en las tasas de visitación en sitios distantes (donde *A. mellifera* casi fue el único polinizador). Sin embargo, las especies nativas presentaron resistencia al cambio que afectó a *A. mellifera* y mantuvieron un nivel de polinización alto en los sitios cercanos donde la tasa de polinización disminuyó solamente 9%, ya que las especies nativas compensaron la declinación de *A. mellifera* casi totalmente. En contraste, por la incapacidad de la mayoría de las especies nativas de viajar más de 100 m del borde, se ve casi un colapso total de la polinización.

La dependencia de la producción del café por un solo polinizador reduce la resistencia del sistema a cambios casi totalmente. En contrario, asegurando hábitat por polinizadoras nativas aumenta de manera dramática la resistencia del servicio de polinización. En caso que unas especies se pierdan por el cambio climático (huracán, sequía, etc.), otras especies están dispuestas a cumplir

con el servicio ecológico. La probabilidad que todas las especies nativas sean afectadas por el cambio climático es baja, pero cuando la riqueza de especies es reducida y cuando se depende de una sola especie para la provisión del servicio, se reduce la adaptabilidad del sistema y se arriesga el colapso del servicio. Por tanto en este caso, los fragmentos de bosque proporcionan a los cafetales cercanos una diversidad de abejas que incrementan tanto la cantidad como la estabilidad de los servicios de polinización al reducir la dependencia en un solo polinizador introducido.

2.6 Conclusiones

Con frecuencia, al hablar de conservación de especies y las rutas de conectividad de la biodiversidad, está relacionado con áreas de conservación, parques nacionales y reservas de la biosfera atribuido al trabajo de los conservacionistas. Sin embargo, en los años recientes hay evidencia que la biodiversidad es algo más que aves y mariposas multicolores. La biodiversidad cumple un papel fundamental en la provisión de servicios ecosistémicos. La gran mayoría de los estudios que relacionan la biodiversidad y su función se enfocan en servicios como la productividad, polinización (por ejemplo, Klein et al. 2003 a y b, Ricketts 2004), secuestro de carbono (Bunker et al. 2005) o control de plagas (Thies y Tschardtke 1999, Schmidt et al. 2003, Thies et al. 2003, Perfecto et al. 2004, Schmidt y Tschardtke 2005, Thies et al. 2003, 2005). Todos estos servicios contribuyen en gran medida a la productividad agrícola regional y son dependientes de la biodiversidad planificada y asociada de nuestros agropaisajes. Lo que ha recibido menos atención ha sido la resistencia y la resiliencia de estos servicios—particularmente en función de los cambios climáticos previstos. El trabajo de Ricketts (2004), hace reflexionar sobre la inmensa vulnerabilidad de los sistemas al cambio climático. La estrategia más sencilla para lograr integrar los procesos de adaptabilidad con las metas para la conservación regional incluyen: 1) a escala de finca mantener espacios seminaturales poco intervenidos para la biodiversidad asociada; 2) mantener una diversidad genética de cultivos como reserva de genotipos adaptados a nuevas condiciones, plagas, y enfermedades; 3) al nivel de paisaje mantener rutas de conectividad entre reservas y parches de bosques, permitiendo el movimiento de especies dependientes de bosque; y 4) incorporar mayor diversidad y densidad de árboles en paisajes agrícolas a través de sistemas agroforestales o silvopastoriles y conservar parches de bosques o reservas de áreas naturales dentro de la matriz agrícola.

Todas estas estrategias constituyen una caja de herramientas y aseguran los mecanismos necesarios para enfrentar el cambio que está sucediendo y así de cierta manera poder garantizar la sustentabilidad de los recursos naturales y los servicios ecosistémicos que la biodiversidad provee. Así la mejor acción que podemos tomar en preparación es la prevención y la mejor prevención es conservando nuestras opciones de adaptación.

2.7 Referencias bibliográficas

- Bartlein, PJ; Whitlock, C; Shafer, SL. 1997. Future Climate in Yellowstone National Park Region and Its Potential Impact on Vegetation. *Conservation Biology* 11:782–792.
- Brook, BW; Sodhi, NS; Bradshaw, CJA. 2008. Synergies Among Extinction Drivers Under Global Change. *Trends in Ecology & Evolution* 23:453–460.
- Bunker, DEF; DeClerck, JC; Bradford, RK; Colwell, I; Perfecto, OL; Phillips, M. Sankaran; Naeem, S. 2005. Species Loss and Aboveground Carbon Storage in a Tropical Forest. *Science* 310:1029–1031.
- CDB. 2005. Opciones para una iniciativa intersectorial sobre diversidad biológica para la alimentación, la nutrición y la salud. Órgano subsidiario de asesoramiento científico, técnico y tecnológico. Décima reunión, Bangkok. 9 p. En línea visitada el 20 de octubre de 2008. <http://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-10/official/sbstta-10-13-es.doc>.
- Condit, R. 1998. Ecological Implications of Changes in Drought Patterns: Shifts in Forest Composition in Panama. *Climatic Change* 39:413–427
- Dudley, N. 1998. Forests and Climate Change. A Report for WWF Internacional, Forest Innovations, IUCN, GTZ, WWF.
- Davis, MB. 1983. Quaternary History of Deciduous Forests of Eastern North America and Europe. *Annals Missouri Botanical Garden* 70:550–563
- Davies, TJ; Fritz, SA; Grenyer, R; Orme, CDL; Bielby, J; Bininda-Emonds, ORP; Cardillo, M; Jones, KE; Gittleman, JL; Mace, GM; Purvis, A. 2008. Phylogenetic Trees and the Future of Mammalian Biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105:11556–11563.
- DeClerck, FAJ; Barbour, MG; Sawyer, JO. 2006. Species Richness and Stand Stability in Conifer Forests of the Sierra Nevada. *Ecology* 87:2787–2799.

- Dudley, N. 1998. Forests and Climate change. A Report for WWF Internacional, Forest Innovations IUCN, GTZ, WWF.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. Adaptation to Climate Change in Agriculture, Forestry and Fisheries: Perspectives, Framework and Priorities. Interdepartmental Working Group on Climate Change. FAO, Rome.
- Hajjar, RD; Jarvis, I; Gemmill-Herren, B. 2008. The Utility of Crop Genetic Diversity in Maintaining Ecosystem Services. *Agriculture Ecosystems & Environment* 123:261–270.
- Hector, A; Joshi, J; Lawler, SP; Spehn, EM; Wilby, A. 2001. Conservation Implications of the Link Between Biodiversity and Ecosystem Functioning. *Oecologia* 129:624–628.
- Hector, A; Loreau, M; Schmid, B; a.t.B. project. 2002. Biodiversity Manipulation Experiments: Studies Replicated at Multiple Sites. Page 294 *In* M. Loreau, S. Naeem, and P. Inchausti, eds. *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*. Oxford University Press, Oxford.
- Hector, A; Schmid, B; Beierkuhnlein, C; Caldeira, MC; Diemer, M; Dimitrakopoulos, PG; Finn, JA; Freitas, H; Giller–Good, J; Harris, R; Hogberg, P; Huss-Danell, K; Joshi, J; Jumpponen, A; Korner, C; Leadley, PW; Loreau, M; Minns, A; Mulder, CPH; O’Donovan, G; Otway, SJ; Pereira, JS; Prinz, A; Read, DJ; Scherer-Lorenzen, M; Schulze, ED; Siamantziouras, ASD; Spehn, EM; Terry, AC; Troumbis, AY; Woodward, FI; Yachi, S; Lawton, JH. 1999. Plant Diversity and Productivity Experiments in European Grasslands. *Science* 286:1123–1127.
- IPCC. 2007a. Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers. Contribución del grupo de trabajo II al Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. Cuarta evaluación. Ginebra, Suiza, Secretaría del IPCC.
- IPCC. 2007b. Climate Change: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers. Contribución del grupo de trabajo I al Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, Cuarta evaluación. Ginebra, Suiza, Secretaría del IPCC.
- Kruess, A; Tschardtke, T. 2000. Species Richness and Parasitism in a Fragmented Landscape: Experiments and Field Studies With Insects on *Vicia sepium*. *Oecologia* 122:129–137.

- Klein, AM; Steffan-Dewenter, I; Tschardtke, T. 2003a. Bee Pollination and Fruit Set of *Coffea arabica* and *C-canephora* (Rubiaceae). *American Journal of Botany* 90:153–157.
- Klein, AM; Steffan-Dewenter, I; Tschardtke, T. 2003b. Pollination of *Coffea Canephora* in Relation to Local and Regional Agroforestry Management. *Journal of Applied Ecology* 40:837–845.
- Lehman, C; Tilman D. 2000. Biodiversity, Stability, and Productivity in Competitive Communities. *American Naturalist* 156:534–552.
- Loreau, M. 2000. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Recent Theoretical Advances. *Oikos* 91:3–17.
- Magrin, G; Gay, C; Cruz, D; Giménez, JC; Moreno, AR; Nagy, GJ; Nobre, C; Villamizar, A. 2007. Latin America in Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Parry, ML; Canziani, OF; Palutikof, JP; Van Der Linden, PJ; Hanson, CE. eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 581–615
- Naeem, S. 2002. Biodiversity: Biodiversity Equals Instability? *Nature* 416:23–24.
- Naeem, S. Li, SB. 1997. Biodiversity Enhances Ecosystem Reliability. *Nature* 390:507–509.
- Perfecto, I; Vandermeer, JH; Lopez-Bautista, G; Ibarra-Nuez, G; Greenberg, R; Bicher, P; Langridge, S. 2004. Greater Predation in Shaded Coffee Farms: the Role of Resident Neotropical Birds. *Ecology* 85:2677–2681.
- Petit, RJ; Aguinagalde, I; De Beaulieu, JL; Bittkau, C; Brewer, S; Cheddadi, R; Ennos, R; Fineschi, S; Grivet, D; Lascoux, M; Mohanty, A; Muller-Starck, GM; Demesure-Musch, B; Palme, A; Martin, JP; Rendell, S; Vendramin, GG. 2003. Glacial Refugia: Hotspots But Not Melting Pots of Genetic Diversity. *Science* 300:1563–1565.
- Pounds, JA; Fogden, MPL; Campbell, JH. 1999. Biological Response to Climate Change on a Tropical Mountain. *Nature*, 398: 611–615
- Reid, H; Huq, S. 2005. Climate Change, Biodiversity and Livelihood Impacts. *In* Robledo. C; Kanninen, M. y Pedroni, L. eds. *Tropical Forests and Adaptation to Climate Change in Search of Synergies*. p. 57–70.
- Ricketts, TH; Daily, GC; Ehrlich, PR; Michener, CD. 2004. Economic Value of Tropical Forest to Coffee Production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101:12579–12582.

- Schmidt, MH; Lauer, A; Purtauf, T; Thies, C; Schaefer, M; Tscharrntke, T. 2003. Relative Importance of Predators and Parasitoids for Cereal Aphid Control. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 270:1905–1909.
- Schmidt, MH; Tscharrntke, T. 2005. The Role of Perennial Habitats for Central European Farmland Spiders. *Agriculture Ecosystems & Environment* 105:235–242.
- Schwartz, MW; Brigham, CA; Hoeksema, JD; Lyons, KG; Mills, MH; Van Mantgem, PJ. 2000. Linking Biodiversity to Ecosystem Function: Implications for Conservation Ecology. *Oecologia* 122:297–305.
- Thies, C; Roschewitz, I; Tscharrntke, T. 2005. The Landscape Context of Cereal Aphid-Parasitoid Interactions. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 272:203–210.
- Thies, C; Steffan-Dewenter, I; Tscharrntke, T. 2003. Effects of Landscape Context on Herbivory and Parasitism at Different Spatial Scales. *Oikos* 101:18–25.
- Thies, C; Tscharrntke, T. 1999. Landscape Structure and Biological Control in Agroecosystems. *Science* 285:893–895.
- Tilman, D. 1997. Distinguishing Between the Effects of Species Diversity and Species Composition. *Oikos* 80:185–185.
- Tilman, D. 1999. The Ecological Consequences of Changes in Biodiversity: A Search for General Principles. *Ecology* 80:1455–1474.
- Tilman, D; Knops, J; Wedin, D; Reich, P. 2001. Experimental and Observation Studies of Diversity, Productivity and Stability. *In* Kinzig, AP; Pacala, SW; and Tilman, D. eds. *The Functional Consequences of Biodiversity: Empirical Progress and Theoretical Extensions*. Princeton University Press, Princeton. p. 365.
- Tilman, D; Knops, J; Wedin, D; Reich, P. 2002. Plant Diversity and Composition: Effects on Productivity and Nutrient Dynamics of Experimental Grasslands. *In* Loreau, M; Naeem, S; and Inchausti, P. eds. *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*. Oxford University Press, Oxford. p.294.
- Tilman, D; Lehman, CL; Thomson, KT. 1997. Plant Diversity and Ecosystem Productivity: Theoretical Considerations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94:1857–1861.
- Thomas, CD; Cameron, A; Green, RE; Bakkenes, M; Beaumont, LJ; Collingham, YC; Erasmus, BFN; Ferreira de Siqueira, M; Grainger, A; Hannah, L; Hughes, L; Huntley, B; Van-Jaarsveld, AS; Midgley, GF;

- Miles, L; Ortega-Huerta, MA; Townsend Peterson, A; Phillips, OL; Williams, SE. 2004. Extinction Risk from Climate Change. *Nature*, 427:145–148.
- Turner, MG; Gardner, RH; O'Neill, RV. 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. Springer Publishers, New York.
- Watson, R; Zinyowera, M; Moss, R; Dokken, D. 1997. *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability*. Summary for Policymakers. Report of IPCC Working Group II. 16 p.
- Wake, DB; Vredenburg, VT. 2008. Are We in the Midst of the Sixth Mass Extinction? A View From the World of Amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105:11466–11473.
- Yachi, S.; Loreau, M. 1999. Biodiversity and Ecosystem Productivity in a Fluctuating Environment: the Insurance Hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96:1463–1468.

Parte 2

**Tecnologías Apropriadas para
la Adaptación al Cambio
Climático**

Capítulo 3

Sistema agroforestal Quesungual: una buena práctica de adaptación al cambio climático

Harold Gamboa, Walter Gómez, Muhammad Ibrahim

Resumen

En Centroamérica uno de los principales cambios en el uso de la tierra es la conversión de la vegetación natural a cultivos (principalmente tierras de pastoreo). La tala y quema de bosques ha dado lugar a una disminución en la calidad de la tierra a través del agotamiento de los nutrientes, reducción de la materia orgánica y la erosión. Los problemas de la degradación de las tierras y la desertificación se han incrementado con la variabilidad del clima. El cambio climático se presenta como una amenaza adicional que podría afectar a la capacidad de un país para hacer frente a urgentes demandas de desarrollo rural, incluido la seguridad alimentaria. Actualmente, existe un gran interés en el aumento de los sumideros de carbono en sistemas agrícolas como una estrategia de mitigación al cambio climático. De igual manera, se ha dado un gran énfasis a la mejora de la productividad de los sistemas agrícolas y se ha presentando a la agroforestería como un mecanismo para conciliar los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático. En América Latina existen buenos ejemplos de prácticas agroforestales que están siendo implementadas por los agricultores para desarrollar una producción sostenible y diversificada. La experiencia en Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua ha demostrado que mediante la implementación del sistema agroforestal Quesungual, se obtienen altos niveles de rendimiento comparables con los sistemas de agricultura convencional, pero con menores fluctuaciones debidas a los desastres naturales.

Palabras claves: cambio climático, desarrollo rural, sumideros de carbono, mitigación y agroforestería

Abstract

In Central America, one of the major changes in land use is the conversion of natural vegetation to crops (mainly to grazing lands). The practice of slash and burn agriculture has led to a decline in soil quality through nutrients depletion, organic matter reduction and soil erosion. Land degradation problems and desertification have increased with climate variability. Climate change represents an additional threat that could affect a country's ability to meet urgent demands for rural development, food security included. Currently, there is great interest in enhancing carbon sinks in agricultural systems as a climate change mitigation strategy. Similarly, there has been great emphasis on improving farm systems productivity, highlighting agroforestry as a mechanism for reconciling the mitigation and adaptation objectives to climate change. In Latin America there are good examples of agroforestry practices that are being implemented by farmers to develop a sustainable and diversified production. The experience in Nicaragua, Honduras, Guatemala and El Salvador has shown that, through implementation of the Quesungual agroforestry system, high levels of performance, comparable to conventional farming systems but with minor fluctuations due to natural disasters, are obtained.

Key words: climate change, rural development, carbon sinks, mitigation, agroforestry.



Foto: Marco Schmidt.

Fuente: Bajo los términos de la licencia: CC-BY-SA 2.5 (<http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/>) 16 de mayo de 2006

3.1 Introducción

En los últimos años, el clima global está siendo alterado significativamente como resultado del aumento de concentraciones de gases de invernadero (Houghton et al. 1992). Estos gases están atrapando una porción creciente de la radiación infrarroja terrestre y se espera un incremento térmico de 1°C a 3°C que desestabilizará la producción de alimentos, lo cual reducirá considerablemente las cosechas. En regiones tropicales con sequía estacional o período seco, se proyecta una reducción considerable en la productividad de los cultivos, afectada por el aumento de las sequías e inundaciones recurrentes—variabilidad de la temperatura (FAO 2008). Asociados a estos potenciales cambios habrá grandes alteraciones en los ecosistemas globales (desertificación, inundaciones, pérdida de biodiversidad y fertilidad de tierras) que a su vez pueden traducirse en desequilibrios económicos. Este tema será de vital importancia en países que dependen fuertemente de los recursos naturales (Bates et al. 2008).

Un efecto evidente y de gran repercusión en los países centroamericanos durante los últimos años ha sido los eventos relacionados con el fenómeno de El Niño. El retraso de la llegada de lluvias y la acentuación de los períodos de sequía han puesto en peligro año tras año la producción de la cosecha de granos básicos de autoconsumo en cientos de hogares. Lindarte y Benito (1993) reportan que más del 60% de la tierra en uso agrícola o ganadero en Centroamérica se encuentra en zonas montañosas, laderas de altas pendientes y suelos muy erosionados. Las familias que cultivan estos suelos degradados poseen escasos recursos para mejorar su producción y satisfacer su requerimiento alimentario mínimo. Sin embargo, la adopción de prácticas agrícolas insostenibles (por ejemplo, el pastoreo excesivo, el cultivo en las laderas, la tumba y quema de la vegetación) ha llevado a la degradación de las tierras y la desertificación en estas regiones, colocando en peligro la vida de las familias rurales.

En América Latina la producción agrícola y el acceso a los alimentos en numerosos países quedarían en una situación gravemente comprometida al tener sus necesidades básicas (por ejemplo, alimento) insatisfechas. Esto afectaría aun más negativamente a la seguridad alimentaria y agravaría la malnutrición (FAO 2008). Hasta mediados del presente siglo, se prevé que los incrementos en la temperatura y las disminuciones de la humedad del suelo originarían una sustitución gradual de los bosques tropicales por sabanas y la vegetación semiárida sería sustituida por vegetación de tierras áridas. Adicionalmente, podrían experimentarse pérdidas de diversidad biológica importantes con la extinción de especies en muchas áreas de la América Latina tropical (IPCC 2007).

Los problemas de la degradación de las tierras y la desertificación se incrementan con la variabilidad del clima. El IPCC (2007) predice que el cambio climático afectará a los países en desarrollo más gravemente a causa de su baja capacidad de adaptación. Actualmente, existe un gran interés en el aumento de los sumideros de carbono en sistemas agrícolas como una estrategia de mitigación al cambio climático.

Del mismo modo, se ha enfatizado de gran manera en la mejora de la productividad de los sistemas agrícolas, lo que lleva a la comprensión que el aumento de las reservas de carbono del suelo en las tierras degradadas es fundamental para el aumento de la productividad.

Reducir la deforestación, sembrar árboles, labrar menos las tierras, aumentar la cubierta del suelo y una mejor ordenación de los pastizales, por ejemplo, permitiría fijar más de 2.000 millones de toneladas de carbono en unos 50 países entre 2003 y 2012 (FAO 2008).

La agroforestería ofrece la oportunidad para conciliar los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático y al mismo tiempo mantener la productividad de los cultivos. En América Latina existen buenos ejemplos de prácticas agroforestales que están siendo implementadas por los agricultores para desarrollar una producción sostenible y diversificada.

La experiencia en Nicaragua, Honduras, Guatemala y El Salvador ha demostrado que mediante la implementación del sistema agroforestal Quesungual, se obtienen altos niveles de rendimiento comparables con los sistemas de agricultura convencional. Conjuntamente, presenta menores fluctuaciones debidas a los desastres naturales como sequías, tormentas, inundaciones y deslizamientos de tierra, demostrando además mejoras en los porcentajes de retención de humedad en los suelos con incrementos entre el 1% y 2% respecto a los otros sistemas y en el contenido de materia orgánica en el suelo en un promedio de 0,01% (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

Este capítulo pone en evidencia como el sistema agroforestal Quesungual puede incrementar la producción de los cultivos y al mismo tiempo reducir los procesos de degradación del suelo, mejorar el nivel de vida de los productores y contribuir a la restauración del medio ambiente.

3.2 Antecedentes

En el año 1992, mediante la ejecución del proyecto PROLESUR (Proyecto Desarrollo Rural del Sur de Lempira), se observó en algunas comunidades del sur de Lempira, Honduras, la existencia de una práctica agrícola muy generalizada entre los productores, la cual consistía en podar sus árboles para sembrar frijol y maíz. Lo atractivo de ésta práctica era que los árboles no estaban talados de raíz, sino que el corte se realizaba a una altura determinada (entre 1,20 y 1,80 m). El rastrojo se acumulaba a favor de la pendiente y posteriormente a la incorporación de todo el material podado proveniente de árboles y arbustos se realizaba la quema. No se tiene referencia sobre cómo

llegó esta práctica a los productores ni cómo éstos se apropiaron de ella, por lo que se asume que se trata de una práctica ancestral heredada de los lenca (FAO/PASOLAC 2005).

Ante lo descubierto, el proyecto comenzó a concentrar su atención en dicho sistema, realizando como primera acción la caracterización del sistema en general y la identificación de posibles innovaciones. Como producto de esta etapa se identificó una propuesta que planteó la introducción de tecnologías y prácticas apropiadas de respuesta rápida y bajo insumo externo que se denominó Quesungual—en honor a la comunidad donde por primera vez se observó (FAO/PASOLAC 2005). A partir de ello, en los últimos 10 años se ha producido un cambio masivo a este nuevo sistema de producción. Es un sistema de labranza cero de agricultura de conservación, con un componente forestal que permite a los agricultores cultivar continuamente sus laderas empinadas, regenerándolas al mismo tiempo (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

3.3 Descripción del sistema

El denominado sistema Quesungual, o Kuxur Rum, es una práctica agroforestal que antiguamente se realizaba en asocio de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en combinación con árboles dispersos. Actualmente esta práctica se realiza en asocio de otros cultivos de primera necesidad, tales como el sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.) y anuales como el melón (Rodríguez 2008). Este sistema agroforestal ha sido practicado ancestralmente por las culturas mayas y es todavía muy ejercido en algunas regiones. Se presentan reportes de la práctica de este sistema en países como Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua (CATIE/CESTA 2006). Cabe señalar que el interés en la promoción del sistema Quesungual como mecanismo resiliente para el manejo del paisaje se incrementó después del huracán Mitch. La experiencia demostró que no se presentaron mayores daños en las zonas donde estaba presente este sistema.

El sistema agroforestal Quesungual se define como un conjunto de tecnologías de manejo de suelo, agrícolas y forestales. Estas tecnologías son combinadas con árboles dispersos en regeneración natural, el cual integra la producción agrícola y forestal en el sistema agroforestal familiar. De tal forma que del mismo lote de terreno se puede obtener leña y madera (producto del manejo

de la regeneración natural) y producción de granos, lo cual reduce la vulnerabilidad física y social de las familias. Estas tecnologías son funcionales para el trópico seco, aproximadamente entre unos 200 y 800 metros sobre el nivel del mar (FAO/PASOLAC 2005).

3.3.1 Diversidad y composición de especies

Una parcela típica de este sistema la conforman numerosos árboles podados y arbustos (hasta 140 ha⁻¹) con una densidad promedio entre 11 a 14 árboles ha⁻¹ de grandes dimensiones para madera y fruta. La diversidad de especies en el sistema es alta y depende del manejo y selección de la regeneración natural que realice el productor (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006). En El Salvador se llevó a cabo un inventario de la cobertura arbórea dentro de un sistema Quesungual en un área de 9,5 ha (tres fincas). El reporte indicó una abundancia de 1.210 árboles adultos (≥ 5 cm de diámetro a la altura del pecho) y densidades de 127 árboles ha⁻¹ (Gómez 2008). Se observó que éste sistema presenta niveles relativamente altos de diversidad biológica en comparación con otros sistemas agrícolas en la región y adicionalmente las especies leñosas representan diferentes funciones dentro del sistema (CATIE/CESTA 2006).

Por ejemplo, la especie dominante fue el carbón (*Acacia pennatula* [Schltdl. y Cham.] Benth.), que contribuye a la fijación de nitrógeno atmosférico y a entradas de materia orgánica al sistema. Adicionalmente representa una fuente de material energético para las familias (leña). Se encontraron, además, árboles maderables como el laurel (*Cordia alliodora* [Ruiz y Pav.] Oken.)—de alto valor comercial generalmente utilizado dentro de las fincas—y frutales como el mango (*Mangifera indica* L.), destinado para la venta y autoconsumo. Teniendo en cuenta los actuales precios del mercado, la madera tiene buenas opciones de comercialización, lo cual representa una fuente de ingreso adicional para las familias.

Sin embargo, hay necesidad de simplificar las políticas forestales para promover el aprovechamiento sostenible de la madera en los sistemas agroforestales de la región. Muchos productores y familias rurales obtienen leña producida con el sistema Quesungual con valores de producción entre 5 a 6 m³ ha⁻¹ año⁻¹ (CATIE/CESTA 2006). Estos rendimientos podrían incrementarse mediante un mejor manejo silvicultural de las especies leñosas y adicionalmente obtener mayores beneficios de otros productos.

¿Cómo seleccionar los sitios para el establecimiento del sistema?

Generalmente se seleccionan áreas de bosque o de vegetación secundaria que el agricultor aprovecha periódicamente y que posteriormente deja de sembrar durante algunos años. Preferiblemente, el período de descanso oscila entre seis a 12 años (la mayoría de ocasiones este período está sujeto a la disponibilidad de otras áreas de cultivo que tenga el productor) donde se encuentren árboles que posean diámetros superiores a 10 cm y arbustos con alturas mayores a 1 m. Durante este tiempo de descanso, las áreas pueden recuperar los nutrientes del suelo, beneficio acreditado a la biomasa producida por los árboles y arbustos durante este ciclo (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

En las zonas de cultivo hay árboles en todos los lugares. Frecuentemente puede encontrarse regeneración natural en las parcelas de siembra, en los potreros, en las zonas de reserva, en la microcuenca y en las mismas parcelas aledañas a la casa. El tipo de especies a seleccionar para establecer las especies dentro del sistema depende de las condiciones de la zona. El productor puede encontrar árboles para leña, postes, madera, forraje, abono y alimentación, entre otros (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

3.3.2 Siembra del cultivo

Una vez seleccionado el sitio, se realiza la siembra del frjol o maíz, dispersando la semilla al voleo. Este procedimiento consiste en distribuir de manera no uniforme la semilla a lo largo de toda el área destinada para la siembra. No se preparan surcos y tampoco se cubre la semilla con tierra, esto se realiza sobre la vegetación. El objetivo de este tipo de siembra es aprovechar el terreno mientras se descompone el material podado previamente (Shaxson y Barber 2005).

Una variación del sistema consiste en controlar las malezas emergentes mediante la aplicación de herbicidas de contacto (se busca que este evento disminuya después de tres ciclos agrícolas hasta llegar a cero). Inicialmente los productores utilizaban altas dosis de fertilizante, debido a que la biomasa producida por la poda de los árboles, los residuos de cosecha y de las malezas no se dejaban en descomposición y los cultivos no podían hacer uso de los beneficios de la materia orgánica en forma mineralizada. PESA/SEL/PRONADERS/SAG (2006) reportaban la utilización de 2 a 2,5 quintales por manzana de la fórmula 20-20-20, 12-24-12 durante la primera cosecha (entre los ocho a 15 primeros días). Posteriormente, se realizaba la aplicación de la urea en la misma cantidad.

Ahora al finalizar la cosecha de cada cultivo, se dejan los residuos de cosecha en el terreno, esto contribuye a proteger el suelo contra la erosión, además de aportar nutrientes e incrementar la retención de humedad durante la época crítica y contribuye a la no aplicación de fertilizantes.

¿Cuál es la cantidad de semilla que se debe sembrar?

La cantidad de semilla a sembrar es variada, debido a que no existe una distribución uniforme de ésta en el terreno. Por lo tanto, la disposición depende del manejo y destreza del agricultor al momento de esparcir la semilla. Se recomienda utilizar para el caso del frijol, una cantidad que oscila entre 100 a 120 libras por manzana y en maíz entre 25 y 35 libras por manzana (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

¿Cómo se debe realizar un manejo adecuado del sistema?

Existen ciertas prácticas que muchos agricultores utilizan dentro de sus áreas de cultivo que permiten mantener entre otros la fertilidad del suelo y sus condiciones físicas, de igual manera contribuyen a mantener la sostenibilidad del sistema. Ejemplo de ello es la no quema y la no labranza del suelo al momento de la siembra. Cuando el productor no quema, está permitiendo que se acumulen los residuos de la cosecha, aquellos que al descomponerse, se convierten en materia orgánica, mejorando las condiciones del suelo donde se cultiva.

3.3.3 Limpieza del terreno y control de malezas (chapia)

La chapia o limpieza de hierbas y malezas dentro del terreno que ha estado en descanso se realiza inmediatamente después de sembrar el área destinada para el cultivo. Durante esta actividad, las malezas se cortan a unos centímetros del suelo, evitando que las raíces queden descubiertas o el arranque de las mismas.

3.3.4 Poda de árboles y arbustos

Los arbustos que se encuentran en la parcela se podan a una altura de 1,5 a 3,0 m, cuidando de no lastimar la raíz, lo que posteriormente permitirá el rebrote de los mismos al inicio del invierno. El corte se realiza de forma transversal inclinada (bisel o punta de lápiz) con el propósito de evitar que la humedad produzca hongos cuando llegue el período lluvioso. Generalmente, los árboles frutales y maderables de alto valor no son podados. El material remanente producto de la poda (hojas y ramas) es utilizado como mulch. Este se esparce sobre el suelo de manera uniforme con el fin de proteger la semilla y generar condiciones aptas

para la germinación. Comúnmente las ramas gruesas, producto de la poda, suelen ser utilizadas en actividades del hogar como leña o postes (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006).

3.4 Percepción y adopción del sistema agroforestal Quesungual

El proyecto Integrated Water Resource Management by the Implementation of Improved Agroforestry Concepts in Arid and Semi-Arid Areas in Latin America (WAFLA) realizó una encuesta en Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, con el propósito de comprender cómo las prácticas agroforestales están evolucionando en el tiempo. Se utilizó una entrevista semiestructurada para evaluar la percepción de los agricultores acerca del éxito de las prácticas agroforestales o prototipos de ellas que se están manejando en cada sitio. Los resultados mostraron que dentro de las áreas de ejecución del proyecto, éstas prácticas se están ampliando. Este fenómeno se puede atribuir a los múltiples beneficios obtenidos por la integración de especies leñosas con cultivos, que a su vez generan un valor económico adicional para las familias (postes para cercos, madera, leña como fuente de combustible, forraje para animales, abono verde y fijación de N, entre otros).

De igual manera, los productores de Guatemala y El Salvador mencionaron cambios evidentes en la composición de las especies dentro del sistema, producto de la diversificación de las explotaciones (cuadro 3.1). De acuerdo a lo anterior, es muy probable que se esté incrementando la densidad de especies arbóreas con el objeto de diversificar la producción y obtener una mayor sostenibilidad del sistema (CATIE/CESTA 2006). Soriano (2005) reporta que la adopción del sistema agroforestal Kuxur rum (Quesungual) en Guatemala fue de un 88%. Esto asegura una mejora en la producción de granos básicos para las familias, rompiendo con el sistema de agricultura tradicional y contribuyendo a la recuperación de los suelos en laderas secas del área Ch'orti'.

Los agricultores entrevistados en todos los sitios reportaron que la productividad de las prácticas agroforestales fue superior a las de los cultivos tradicionales y los sistemas ganaderos. Esta percepción también es apoyada por los estudios de la FAO (2005) en Lempira Sur, Honduras, donde se constató que los agricultores han aumentado la producción del maíz (*Z. mays* L.) de 0,95 t ha⁻¹ año⁻¹ (con el

tradicional sistema agrícola) a 1,9 t ha año⁻¹ (con Quesungual). Según la FAO (2005) esta nueva situación permite a los agricultores un suministro de alimentos durante todo el año y adicionalmente la venta de los excedentes en los mercados locales. En el cuadro 3.2 se describen algunos de los principales cultivos que han sido establecidos en tres regiones de El Salvador con el sistema Quesungual.

Cuadro 3.1. Percepción de los productores acerca del incremento en el área y la composición dentro del sistema agroforestal Quesungual en Guatemala y El Salvador

País	Área agroforestal	Número de especies de árboles	Densidad de árboles	No cultivos en asocio
Guatemala	+	+	+	+
El Salvador	+	=	+	+

Igual: =

Incremento: +

Fuente: Proyecto WAFLA (2008)

Cuadro 3.2. Rendimiento de los principales cultivos y frutales bajo el sistema agroforestal Quesungual en El Salvador

Sitio	Producción de cultivos					
	Maíz	Frijol	Sorgo	Cítricos	Mango	Sandía
	(quintales/ha)					
San Alejo	47,3	-	34,5	400	-	2.300
Monte San Juan	16	4	4	5.000	1.250	-
Yucuaniquin	58,1	9,4	24,5	150	450	-

1 quintal: 46 kg

Fuente: CATIE/CESTA (2006)

El sistema permite incrementar los ingresos de las familias debido a la obtención de productos adicionales como frutas y maderas de valor comercial, con lo cual se asegura una mayor sostenibilidad del sistema. La diversidad de especies que se encuentran asociadas, favorecen de gran manera a los cultivos

principales, proporcionándoles cantidades significativas de materia orgánica producto de las podas y residuos de las cosechas, reducción de las temperaturas por efecto de la sombra y como consecuencia, una mayor productividad de los cultivos. En Guatemala, Soriano (2005) encontró que los rendimientos de maíz (*Z. mays* L.) incrementaron en un 11,5% con el sistema Kuxur Rum. Además, determinó que las semillas criollas de maíz superan a las variedades de semillas mejoradas, debido a que estas poseen una mejor adaptación a la sequía y a cambios climatológicos.

3.5 Impacto sobre la economía de fincas

Este sistema constituye un conjunto de técnicas de producción agrícola sostenible, donde la conservación de los recursos y el bienestar de la familia campesina son prioritarios. Existe una vinculación muy fuerte entre la adopción/uso del sistema Quesungual y la tenencia de la tierra. Este sistema actualmente es más utilizado por pequeños productores con un área promedio de 1,4 ha (cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Área promedio de fincas, densidad de árboles y principales cultivos en asocio con el sistema Quesungual en El Salvador

Sitio	Número fincas	Área promedio finca (ha)	% área de la finca con Quesungual	Cultivos en asocio	Densidad árboles ha ⁻¹
Monte San Juan	2	0,7	100	Maíz, sorgo, sandía, cítricos	224
San Alejo	5	2,6	69,2	Maíz, frijol, sorgo, cítricos, mango	158
Yucuaiquin	6	2,1	71,4	Maíz, frijol, sorgo, cítricos, mango	396

Fuente: Gómez (2008)

La implementación de este tipo de sistemas inicialmente puede producir rendimientos equivalentes o más altos a los reportados en los sistemas de labranza convencional. Si los sistemas de agricultura convencional y el sistema agroforestal Quesungual fueran aplicados en dos parcelas con las mismas condiciones

agroecológicas y de fertilidad, no se deberían esperar grandes diferencias en productividad durante los primeros años. Sin embargo, después de haber cultivado las mismas especies en las mismas áreas por algún tiempo, las diferencias entre los dos sistemas serán evidentes (Soriano 2005).

Actualmente hay suficientes indicios de que la implementación de tecnologías de agricultura y conservación puede contribuir a la seguridad alimentaria en varios niveles. Pero es probable que la prevalencia de métodos similares entre los pequeños productores sea un factor de la relación inversa, que según se ha observado, existe entre el tamaño del predio—Guatemala 1,45 ha y El Salvador 1,85 ha (Soriano 2005, Gómez 2008) y la producción, ya que cuanto más pequeño es el terreno, más productivo es el uso que se le brinda.

Sin embargo, los medianos e incluso hasta los grandes productores están implementando cada vez más las prácticas conservacionistas, reconociendo las ventajas que tiene frente a otros enfoques convencionales. Evaluaciones realizadas en Centroamérica (CATIE/CESTA 2006, PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006) comprueban que las tecnologías de agricultura de conservación pueden resultar muy beneficiosas para los agricultores y las comunidades, tanto en términos ambientales como económicos. Si estas experiencias se incrementaran, se extrapolarán a diversas regiones y serían financiadas como políticas de producción alternativas, lo que ganaría un amplio terreno en cuanto a seguridad alimentaria y conservación ambiental se refiere.

La FAO (2005) reporta el caso de Lempira, Honduras, donde los agricultores cambiaron el sistema tradicional de roza y quema al sistema agroforestal Quesungual. Un análisis económico de esta transición evidencia que durante los dos primeros años los rendimientos del sorgo y del maíz fueron similares a los que se obtenían en el sistema tradicional (roza y quema). Sin embargo, a partir del tercer año, se observó una clara tendencia al alza en los rendimientos y además las parcelas proporcionaron a los agricultores productos adicionales como leña y postes que representaron un ingreso complementario en la canasta familiar (Hellin 2004).

Una vez que el agricultor confía en una mayor seguridad alimentaria, comienza a diversificar sus cultivos (soja, caña de azúcar, calabazas, etc.) y en muchos casos, también se estimula la cría de animales menores (cerdos y pollos) para ser comercializados en mercados locales o para el consumo

familiar. El sistema tradicional de tumba y quema ha mostrado ser mucho más vulnerable a la irregularidad de lluvias que el sistema agroforestal Quesungual. En base a un estudio comparativo de cinco municipios donde todavía hay suficiente agricultura tradicional para comparar su productividad con el sistema agroforestal Quesungual, se registra en un año normal una producción promedio de 44,61 qq ha⁻¹ con menos costos financieros y tiempo laboral invertidos (cuadro 3.4). Con el sistema tradicional basado en la tumba y quema se registró una producción de 23,07 qq ha⁻¹ (PESA/SEL/FAO/PRONADERS/SAG 2006).

Cuadro 3.4. Requerimiento de mano de obra y costos para el establecimiento y mantenimiento del sistema agroforestal Quesungual

Actividad	Mano de obra y costos			
	Unidad	Costo/día US\$	Cantidad	Total US\$
Chapia y poda	Jornal	2,7	8	21,6
Distribución de biomasa y residuos	Jornal	2,7	2	5,4
Siembra de cultivos	Jornal	0,7	5	13,5
Total		6,1	15	40,5

Fuente: FAO/PASOLAC/INIA/SAG (2005)

Durante la llegada de la época seca en el año 2001, FAO/PASOLAC (2005) reporta que los mismos productores obtuvieron niveles de producción iguales a 38,21 qq ha⁻¹ bajo el sistema Quesungual y 17,10 qq ha⁻¹ mediante prácticas convencionales. Es claro notar, las diferencias significativas que presentan los dos sistemas en cifras productivas. En Guatemala, las cosechas de maíz se han visto mejoradas en un 11,5% a consecuencia del abandono de la quema, efectos del *Gliricidia sepium* Jacq. (hojas y raíces) y aumento de la cobertura vegetal que conservan la humedad en época de sequía. El rendimiento de las cosechas de granos básicos está por tanto relacionado al incremento de estas tres variables y supeditado al manejo cultural y agronómico que los productores hagan de sus cultivos (Soriano 2005).

3.6 Impacto ecológico

El régimen de precipitación y la existencia de laderas de pendientes muy pronunciadas evidencia que muchas zonas en Centroamérica sean propensas a altos niveles de erosión del suelo (Hellin 2004). Bajo estas condiciones, los procesos de degradación son acelerados y los rendimientos en la producción disminuyen. Como consecuencia, los agricultores optan por intervenir más áreas de bosque, generalmente adoptando prácticas inapropiadas que acentúan cada vez estos eventos (CATIE/CESTA 2006).

Mediante la implementación de prácticas de conservación (no quema, labranza cero, manejo de la regeneración natural) los productores han logrado el mejoramiento de la fertilidad del suelo, lo que ha permitido que algunos productores reduzcan la aplicación de fertilizantes químicos hasta en un 25% (PESA/SEL/PRONADERS/SAG 2006), consecuencia de la periódica recuperación de la fertilidad del suelo.

Comparando la fertilidad de los suelos en sistemas agroforestales tropicales frente a la misma variable en sistemas de agricultura o ganadería tradicional, los agricultores asumen que existe un incremento en la fertilidad del suelo que puede atribuirse a la importancia de los árboles en el incremento de la biomasa, la producción de hojarasca y el ciclaje de nutrientes. En el caso de Guatemala y El Salvador, los agricultores expresaron que existe además un efecto, porque donde se practican los sistemas agroforestales tropicales se abandona el sistema de corte y quema, lo cual mejora las condiciones del suelo (CATIE/CESTA 2006). Estas percepciones coinciden con lo reportado en los análisis realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT (FAO/PASOLAC/INIA/SAG 2005) en Lempira Sur (Honduras), donde los resultados de suelo en laboratorio mostraron que después de ocho años de utilizar el sistema Quesungual hubo un incremento en la materia orgánica igual a 1,25% (cuadro 3.5).

Por otro lado, la pérdida de nutrientes puede ser minimizada por medio del uso apropiado de cultivos de cobertura de raíces profundas que reciclan los nutrientes lixiviados de la capa superior del suelo, el manejo de la humedad y una mejor recolección, almacenamiento y aplicación de los residuos de los cultivos, del ganado y de la alimentación (hogares). Los nutrientes que son colectados y removidos pueden ser reemplazados por medio de la fijación

simbiótica del nitrógeno, la materia orgánica o el uso complementario de fertilizantes y suplementos alimenticios (CEPAL 2008).

Cuadro 3.5. Percepción de los productores acerca de las prácticas y mejoras en el suelo, agua, erosión, producción e ingresos en el sistema Quesungual en Guatemala y El Salvador

Pais	Fert. suelo	Uso agua	Escorrentia	Tolerancia sequia	Erosión suelo	Prod. cultivos	Ingresos productores
Guatemala	+	+	-	+	-	+	+
El Salvador	+	+	-	+	-	+	+

Incremento: +

Disminución: -

Fuente: Gómez (2008) y Soriano (2005)

Actualmente la erosión es un tema de mucha trascendencia debido a la relación directa que existe entre la pérdida del suelo y la productividad. Las tecnologías convencionales de conservación que se orientan a controlar la pérdida de los suelos apuntan a una improductividad futura de la tierra y a mayores costos indirectos ocasionados por los azolvamientos y deslizamientos, que son la principal amenaza de la agricultura en laderas, en lugar de considerar los problemas y las necesidades prioritarias identificados por los mismos agricultores (Hellin y Schrade 2003).

La formación de una cobertura del suelo con cultivos o residuos de cultivos proporciona alimentos para los organismos del suelo; protege el suelo del efecto destructivo de la lluvia, el viento y el sol; contribuye a la reducción de la pérdida de humedad; mejora la infiltración de agua; y regula su microclima (FAO/PASOLAC 2005). En un sistema con cultivos de cobertura y labranza cero hay una mayor producción de biomasa si se lo compara con la monocultura de la labranza convencional. La agricultura de conservación deja una capa de cobertura (mulch) de hojas y tallos de los cultivos anteriores sobre la superficie. De esta forma, la materia orgánica se puede incrementar en el suelo, lo cual repercute de gran manera sobre la actividad y la población de los

microorganismos al haber mayor actividad biológica y formación de humus (Ayarza y Welchez 2004).

Con el transcurso del tiempo en los sistemas de labranza reducida, la fauna del suelo mediante la actividad biológica de los microorganismos aflojan el suelo y mezclan sus componentes. Además, la mayor actividad biológica crea una estructura estable del suelo por medio de la acumulación de materia orgánica. La cobertura vegetal sobre la superficie del suelo crea un ambiente más húmedo que favorece la actividad de los organismos del suelo. El mayor número de lombrices y demás organismos, combinado con una mayor densidad de las raíces de las plantas, da lugar a poros más grandes que a su vez favorecen la infiltración del agua (Shaxson y Barber 2005). El almacenamiento de la humedad del suelo y su disponibilidad también mejoran (menos evaporación y mayor infiltración), así como el contenido de materia orgánica.

También se presenta una fuerte relación entre el contenido de carbono del suelo y el aumento del tamaño de los agregados. Castro Filho et al. (1998) reportan un incremento en el contenido de carbono del suelo manejado en labranza cero. Este presentó un incremento igual al 134% de los agregados de más de 2 mm y una disminución en los agregados (38%) de menos de 0,25 mm comparado con la labranza convencional.

Cuando se cuenta con las condiciones ideales, la mayor cantidad de residuos sobre el suelo que resulta de los mayores rendimientos puede generar una tendencia creciente de la productividad del suelo. La inclusión de leguminosas como abono verde o cultivos de cobertura en los sistemas de los pequeños agricultores han demostrado esos efectos proporcionando no solo una cobertura densa y grandes cantidades de materia orgánica al suelo, sino también importantes cantidades de nitrógeno fijado bacteriológicamente (FAO/PASOLAC 2005, PESA/SEL/FAO/PRONADERS/SAG 2006).

El Quesungual permite realizar un mejor uso de la tierra, que a su vez genera más nutrientes en el suelo y mejora su capacidad de retención de agua. Adicionalmente, resulta ser un sistema eficiente de conservación que fortalece la agrobiodiversidad y un mayor almacenamiento de carbono por medio de la diversificación (Ayarza y Welches 2004).

El efecto del incremento de la cobertura del suelo por medio de los cultivos y de los residuos se refleja en el aumento en la variedad y diversidad de animales, plantas y microorganismos (necesarios en las funciones básicas del agroecosistema) (FAO/PASOLAC 2005). Este sistema proporciona un mayor número de hábitats para las aves, mamíferos, reptiles, insectos y lombrices de tierra, entre otros (Shaxson y Barber 2005). Por otro lado, el sistema ofrece una mayor cantidad de alimentos y semillas, favoreciendo el incremento de las especies y de la población (FAO/PASOLAC 2005).

¿Cómo permite ésta práctica la adaptación al cambio climático?

Existen muchos estudios que demuestran la variabilidad del clima reflejado en climas más cálidos o en el aumento de temperatura, que a su vez, se asocian con una reducción en los rendimientos de los cultivos. En las regiones áridas y semiáridas, el diseño de sistemas agroforestales debe contribuir a reducir las temperaturas y participar en mejorar la productividad del sistema. Diferentes estudios ponen en manifiesto que la sombra ayuda a reducir la temperatura y a mejorar el crecimiento de los cultivos, particularmente durante la fase de establecimiento (Vandenbeldt y Williams 1992).

Adicionalmente, el sistema agroforestal Quesungual ha demostrado un alto grado de resistencia a los fenómenos meteorológicos extremos atribuido a la diversidad de sus componentes multiestratos. El sistema de la cobertura permanente protege el suelo del impacto de la gota de lluvia y de la compactación del suelo y reduce al mínimo la evaporación. Además, la superficie formada por los residuos contribuye al ciclaje de nutrientes, a mejorar la fertilidad del suelo y consecuentemente podría significar un mayor almacenamiento de carbono en el suelo (Ayarza y Welches 2004).

Sin embargo, los agricultores son conscientes de la disminución en los rendimientos debido al incremento de la sombra, pero no les preocupa ya que los beneficios económicos provenientes de la explotación comercial de los árboles compensan en gran medida la pérdida del rendimiento de los cultivos.

Cabe mencionar que situados en un contexto en el cual las condiciones sean extremadamente calientes (que posiblemente se tendrán que afrontar en el futuro), el efecto del sombreado de estos árboles perennes podría compensar las disminuciones en los rendimientos, causadas por el exceso de calor en áreas abiertas y adicionalmente contribuir a minimizar el estrés hídrico (CATIE/CESTA 2006).

3.7 Conclusiones

Durante los primeros años de establecimiento del sistema Quesungual, los rendimientos de los cultivos no superan a los sistemas tradicionales intensivos, sin embargo bajo este manejo agroforestal se garantiza la sostenibilidad de la producción y se estimula de mejor manera la productividad del suelo.

La implementación de prácticas que contribuyen a incrementar la producción de los cultivos pueden en cierta manera mejorar y mantener los recursos naturales. La experiencia en Centroamérica demuestra que bajo el sistema agroforestal Quesungual se presenta un aumento significativo en la cantidad de árboles y arbustos (densidad ha^{-1}) de diversas especies, permitiendo retener en mayor grado la humedad del suelo, incrementar la cantidad de microorganismos y lograr un mayor aporte de materia orgánica, lo cual disminuye la presión de los bosques (explotación de leña).

El calentamiento mundial modificará el clima, determinando cambios en cuanto a lo que los agricultores pueden cultivar, a los lugares y a la forma en que podrán hacerlo. En consecuencia, los agricultores necesitarán auxilio en materia de tecnología, política e información con el propósito de fortalecer y aumentar su capacidad para la selección, el mantenimiento y el intercambio de recursos genéticos adaptables a las nuevas condiciones ambientales, garantizando así la sostenibilidad de la producción.

3.8 Referencias bibliográficas

- Ayarza, M; Welchez, L. 2004. Drivers Affecting the Development and Sustainability of the Quesungual Slash and Mulch Agroforestry System (QSMAS) on Hillsides of Honduras. *In* Comprehensive Assessment Bright Spots Project Final Report, ed. Noble, A. p. 187–201.
- Bates, B; Kundzewicz, Z; Wu, S; Palutikof, P. (Eds.) 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva. 210 p. Consultado el 15 de septiembre de 2008. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>.
- Castro-Filho, C; Muzilli, O; Podanoschi, A. 1998. Estabilidade de agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *R. Bras. Ci. Solo* 22:527–538.
- CATIE/CESTA (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica). 2006. Integrated Water Resource Management by the Implementation of Improved Agroforestry Concepts in Arid and Semi-Arid Areas in Latin America (WAFLA): Definition of Appropriate Agroforestry and Water Management Systems According to Local Conditions for Arid and Semi-arid Regions of Latin America. Consultado el 20 de septiembre de 2008. Disponible en <http://www.wafla.com/83.0.html?&L=http%3A%2F%2Fwww.blankner.ocps.net%2Fmedia%2Fyeloc%2Ftaqohu%2F>.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina). 2008. Objetivos de Desarrollo del Milenio: una mirada desde América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. ed. Sojo, A. Consultado el 25 de septiembre de 2008. Disponible en <http://www.eclac.cl/cgi-in/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/1/21541/P21541.xml&xsl=/tpl/p9f.xsl>.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2005. Conservation Agriculture: Case Studies in Latin America and Africa. FAO Soils Bulletin 78. FAO, Rome. Consultado el 18 de septiembre de 2008. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/sb78s.pdf>.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2008. La FAO en acción 2007–2008. Alimentos, energía y clima: una nueva ecuación. 20 p. Consultado el 12 de septiembre de 2008. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0330s/i0330s00.pdf>.

- FAO/PASOLAC/INIA/SAG (Food and Agricultural Organization/Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central/Instituto Nacional de Investigación Agraria y Alimentaria/Servicio Agrícola Ganadero) 2005. Tecnologías y metodologías validadas para mejorar la seguridad alimentaria en las zonas secas de Honduras. Serie tecnologías: Manejo de suelos y agua. Comp. Bustamante, B. Tegucigalpa: PESA/PASOLAC. 107 p. Consultado el 23 de septiembre de 2008. Disponible en http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/doc-honfeb/agua_suelos.pdf.
- Fernández, L; Navarro, E. 2005. El sistema agroforestal Quesungual: una opción para el manejo de suelos en zonas secas de ladera. Tegucigalpa: SEL/FAO. Consultado el 15 de septiembre de 2008. Disponible en www.pesacentroamerica.org/biblioteca/doc-hon-feb/Quesungual.pdf.
- Gómez, W. 2008. Diagnóstico de los sistemas agroforestales exitosos en las zonas de trabajo del proyecto WAFLA en Latinoamérica. Caso de estudio en El Salvador. San Salvador, El Salvador, CESTA. 18 p.
- Hellin, J. 2004. De erosión de suelos a calidad de suelos. LEISA Revista de Agroecología. 4(19):6–8 p.
- Hellin, J; Schrade, K. 2003. The Case Against Direct Incentives and the Search for Alternative Approaches to Better Land Management in Central America. 99(1–3): 61–81.
- Houghton, J; Callander, B; Varney, S. 1990. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. 365 p.
- Houghton, J; Callander, B; Varney, S. 1992. Climate Change 1992: The Supplemental Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. 200 p.
- IPCC, 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. 104 p.
- Lindarte, E; Benito, C. 1993. Sostenibilidad y agricultura de laderas en América Central: cambio tecnológico y cambio institucional. IICA. Serie documentos de programas. No. 33. 118 p.
- PESA/SEL/PRONADERS/SAG (Programa Especial para la Seguridad Alimentaria/Sistema de Extensión Lempira/Programa Nacional de Desarrollo Rural Sostenible/Secretaría de Agricultura y Ganadería) 2006. El sistema agroforestal Quesungual: Una opción para el manejo de

- suelos en zonas secas de ladera. 50 p. Consultado el 15 de septiembre de 2008. Disponible en http://www.pesacentroamerica.org/pesa_ca/ref_san_disponibilidad_tagropec.htm
- Rodríguez, A. 2008. Diagnóstico de los sistemas agroforestales exitosos en las zonas de trabajo del proyecto WAFLA en Latinoamérica. Caso de estudio Guatemala. Managua, Nicaragua, ACICAFOC. 10 p.
- Shaxson, F; Barber, R. 2005. El significado de la porosidad del suelo. Boletines de suelos de la FAO. 129 p.
- Soriano, A. 2005. Evaluación del impacto del sistema agroforestal Kuxur rum en el área Ch'orti', Guatemala. Guatemala, proyecto PESA-FAO. 12 p. Consultado el 18 de septiembre de 2008. Disponible en <http://www.fao.org.gt/archivos/1178758394.pdf>.
- Vandenbeldt, RJ; Williams, JH. 1992. The Effect of Soil Temperature on the Growth of Millet in Relation to the Effect of Faidherbia Albida Trees. *Agricultural And Forest Meteorology* 60:93–100.

Capítulo 4

Barreras vivas para producción de granos básicos en zonas de laderas de América Central

Carlos J. Pérez

Resumen

En América Central los sectores hídricos y agricultura son vulnerables al cambio climático y la variabilidad climática. La inserción de técnicas de conservación de suelos y agua (CSA) en los sistemas de producción de laderas ha sido considerada en estrategias de adaptación de ambos sectores. En la región varias técnicas de CSA han sido adoptadas por pequeños y medianos productores de laderas. La documentación revisada indica que los pequeños y medianos productores adoptan más las técnicas que consisten en el manejo de la biomasa, como la no quema, el manejo de rastrojos o barbechos y las barreras vivas. Estas últimas contribuyen a la reducción de la erosión, recuperación del agua de escorrentía y mejoramiento de la fertilidad del suelo—su eficiencia varía según la especie seleccionada. El análisis del costo–beneficio de las barreras vivas es complejo por la cantidad de factores que se deben controlar y todavía falta mayor profundidad en este análisis. Sin embargo, encuestas realizadas a productores de laderas concluyen que se han mejorado los rendimientos de granos básicos desde que adoptaron las técnicas de CSA, incluyendo las barreras vivas, o en el peor de los casos cuando ocurrieron sequías, los rendimientos de granos básicos fueron aceptables. Las técnicas de CSA contribuyen a la seguridad alimentaria y a reducir los impactos de eventos climáticos extremos en la finca y fuera de ella, por lo tanto las estrategias de adaptación deben incluir los vínculos intersectoriales de la adopción de estas prácticas.

Palabras claves: barreras vivas, granos básicos, América Central, conservación de suelos, laderas

Abstract

Agriculture and water resources are two strategic sectors vulnerable to climate change and climate variability in Central America. The integration of soil and water conservation (SWC) techniques into small-scale hillside farming systems has been considered in recent strategies of adaptation. Several SWC techniques have been adopted by small-scale hillside farmers. The most frequently adopted techniques are those involving biomass management. Crop residue management, no-slash-and-burn and living hedgerows of several plant species are some examples. The costs of implementing several SWC have been estimated but the cost-benefit analysis considering soil erosion reduction, water capture and food crop yields needs more in-depth studies. However, interviews with small-scale farmers from several countries led to the conclusion that adoption of SWC has contributed to increases of food crop yields, or in the worst of cases provided acceptable yields during severe climatic events, particularly droughts. These effects are important for food security and reduced off-site impacts in the region. The costs of adopted SWC techniques have been estimated in the region, but the contribution of different studies to cost-benefit analysis needs further analysis. It is widely accepted that SWC contribute to erosion reduction, water capture and maintenance of soil productivity, but the cost-benefit analysis for off-site positive impacts needs to be integrated into the equation.

Key words: live barriers, basic grains, cash crops, Central America, soil conservation, hillsides



Foto: Juan Carlos Miranda

4.1 Introducción

El cambio climático y la variabilidad climática afectarán los recursos hídricos y la agricultura (AIACC 2006). La variabilidad climática y las proyecciones de cambio climático incrementan el riesgo de la producción agropecuaria, lo cual requiere de medidas tecnológicas y financieras (BID 2005).

En América Central 77% del territorio agropecuario se encuentra ubicado en zonas de laderas (con pendientes $\geq 8\%$; Current et al. 1995) donde están ubicados la mayoría de pequeños y medianos productores agropecuarios de la región (Lindarte y Benito 1993). Aunque la distribución de tierras de laderas varía por país, hay consenso entre varios autores que los productores de granos básicos, como el maíz, frijol y sorgo, están ubicados en zonas de laderas.

Por ejemplo, en Nicaragua, la tierra con pendientes $\geq 20\%$ representa el 44% de la tierra cultivable y aproximadamente el 100% del frijol y 79% del maíz producido en este país se produce en tierras de laderas (López 2008). En estos ecosistemas frágiles se ubican la mayoría de pequeños y medianos productores de laderas y las comunidades rurales más pobres (Jansen et al. 2007).

Los pequeños y medianos productores tienen una gran importancia socioeconómica porque contribuyen a la seguridad alimentaria, particularmente

en zonas alejadas de los centros urbanos (Jansen et al. 2007). Sin embargo, durante eventos climáticos extremos como las sequías y tormentas tropicales, los pequeños productores de laderas, principalmente productores de granos básicos, han sido los más afectados (MARENA 2008a, 2008b).

Un estudio realizado por MARENA (2008a, 2008b) en una cuenca hidrográfica de gran importancia socioeconómica permitió definir algunos impulsores de la vulnerabilidad de los sectores hídrico y agrícola al cambio climático: 1) la erosión/degradación de los suelos, particularmente en zonas de laderas; 2) la reducción o pérdidas de cosechas durante eventos extremos alternados entre sequías y tormentas tropicales; 3) acceso limitado a los mercados y a la información sobre el comercio de sus productos; 4) el alto costo de los insumos agrícolas, particularmente los agroquímicos. Se concluye que la vulnerabilidad de ambos sectores al cambio climático es mutua porque los recursos hídricos y la agricultura son interdependientes.

A partir del análisis de la vulnerabilidad antes citado, se derivaron lineamientos estratégicos para implementar medidas de adaptación al cambio climático: el fomento de prácticas de conservación de suelos y agua, implementación de tecnologías que aumenten la productividad del suelo, reconversión de los sistemas de producción y uso eficiente del agua, tanto para el riego, como para cosechar agua en las parcelas de los productores y en las zonas de recarga hídrica (MARENA 2008a, 2008b).

La selección de prácticas de conservación de suelos y agua apropiadas para pequeños y medianos productores de laderas que se dedican a la producción de granos básicos requiere de la atención de varios factores, entre ellos: la pendiente, la zona bioclimática o condiciones ecológicas de la finca, los objetivos del productor, el sistema de producción (por ejemplo, granos básicos solos o combinados con ganadería) y el costo de la tecnología (PASOLAC 2005a). Las técnicas de conservación de suelos y agua también pueden agruparse en prácticas físicas como las barreras de piedra o biológicas como el manejo de rastrojos o barbechos y las barreras vivas de diferentes plantas (PASOLAC 2005a).

En este documento se realizó una revisión de la información existente sobre los beneficios, los efectos y la adopción de las barreras vivas por pequeños productores de granos básicos en América Central. Además de proveer información sobre los costos y beneficios socioeconómicos de estas prácticas de

conservación de suelos y agua, el documento busca divulgar la contribución que las barreras vivas pueden hacer a la estrategia de adaptación al cambio climático de pequeños productores en zonas de laderas.

4.2 Especies de barreras vivas utilizadas en países de la región centroamericana

Las barreras vivas consisten en líneas de plantas, árboles, arbustos o pastos perennes que se plantan en dirección perpendicular a la pendiente de una ladera para evitar o reducir la erosión hídrica, retener e infiltrar agua en el suelo o mejorar la fertilidad del suelo. La selección de una u otra especie depende de varios factores, incluyendo el cultivo y la intensidad del manejo.

En ciertos casos, si el productor de granos básicos también se dedica a la crianza de animales domésticos (por ejemplo, ganado y aves), las barreras vivas pueden ser útiles para obtener producción de forrajes (cuadro 4.1), como el caso del pasto elefante o napier (*Pennisetum purpureum* Schumach), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), o para obtener alimentos extras para la familia o las aves de corral, como es el caso del gandul (*Cajanus cajan* (L.) Huth). En Honduras se documentó una experiencia de conversión de barreras vivas a plantaciones de Aloe vera aprovechando las oportunidades del mercado (PASOLAC 2007). Esto representó ingresos adicionales a los pequeños productores de laderas.

Las barreras vivas particularmente las de árboles como *L. leucocephala*, *G. sepium* y *A. indica* tienen también sus consideraciones particulares. Los productores de granos básicos deben podarlas al inicio de la estación agrícola o de las siembras para evitar que la sombra compita con la producción de alimentos. El manejo de barreras vivas de árboles implica la poda con suficiente tiempo antes de la siembra para lograr que la biomasa se degrade y se incorpore al suelo (PASOLAC 2005a).

Para optimizar la retención de agua con barreras vivas de pastos o zacate vetiver (*V. zizanioides*), las macollas deben formar una hilera densa de plantas. En ciertos casos, para optimizar la retención de humedad y suelo, se combina una barrera viva con una obra física, como la acequia de laderas (PASOLAC 2005a).

Cuadro 4.1. Especies de plantas utilizadas como barreras vivas en plantaciones de granos básicos (maíz y/o frijol) en América Central

Especie	Usos	País	Referencia
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	Reducir erosión Mejorar fertilidad del suelo Leña	El Salvador	PASOLAC 2005a
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.)	Reducir erosión Mejorar fertilidad del suelo Leña	América Central	PASOLAC 2005a; López 2008; Erlandsson y Lindqvist 2000
<i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth	Reducir erosión Alimentación humana y aves	El Salvador Nicaragua	PASOLAC 2005a
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Reducir erosión Leña	Nicaragua El Salvador	Erlandsson y Lindqvist 2000
<i>Saccharum officinarum</i> L.	Reducir erosión Humedad Forraje	Nicaragua El Salvador	PASOLAC 2005a; López 2008
<i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.	Reducir erosión Humedad Forraje	Nicaragua Honduras	PASOLAC 2005a; López 2008
<i>Vetiveria zizanioides</i> Stapf.	Reducir erosión Humedad Medicinal	Nicaragua El Salvador	PASOLAC 2005a; López 2008
<i>Cymbopogon citratus</i> D.C. Stapf	Reducir erosión Humedad Medicinal	Nicaragua	PASOLAC 2005a; López 2008
<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	Reducir erosión Comercio	Nicaragua	PASOLAC 2005a; López 2008
<i>Aloe vera</i> L.	Reducir erosión Comercio	Honduras	PASOLAC 2007

Una consideración adicional en el caso de los árboles de la familia de las Leguminosas (por ejemplo, *G. sepium*, *L. leucocephala*), es que pueden ser hospederos de plagas que también atacan el cultivo de frijol. Un ejemplo es la *Empoaska kraemeri* (Homoptera: Cicadellidae), que es una plaga compartida entre el frijol y la *L. leucocephala*. Por lo tanto, en sitios donde *E. kraemeri* es una plaga con potencial de causar pérdidas en los rendimientos de frijol, habrá que ser más cuidadoso en la selección de la especie de barrera viva.

4.3 Efectos de las barreras vivas sobre el control de la erosión, la humedad, fertilidad del suelo y los rendimientos

Las barreras vivas utilizadas en fincas de productores de granos básicos tienen el propósito de reducir la erosión del suelo por efecto de la precipitación, retener humedad en el suelo o en la parcela para optimizar el aprovechamiento del agua disponible y mejorar la fertilidad y los rendimientos. Por lo tanto, es necesario e importante evaluar si están cumpliendo los objetivos para los cuales fueron instaladas las barreras vivas.

Los métodos de evaluación de la efectividad de las barreras vivas son variados. Algunos se acercan más a parcelas experimentales con factores controlados, como es el caso de las parcelas de escorrentía, y otros consideran las condiciones de manejo del productor. Con relación al cultivo de granos básicos, estas evaluaciones pueden considerar una especie de barrera viva o varias especies, lo cual dificulta los estudios evaluativos. En el cuadro 4.2 se resumen algunos ejemplos de efectos de las barreras vivas documentados en la región.

Cuadro 4.2. Efectos documentados de las barreras vivas en la región centro-americana

Efectos	Medición de efectos y referencias
Retención de suelo	130 TM/ha/año con barreras vivas (Gámez 2006) 12,4–61,4 TM/ha/año en maíz/frijol (López 2008) 37%–63% de eficiencia en maíz y frijol con barreras vivas de <i>G. sepium</i> y <i>C. cajan</i> (Mendoza y Cassel 2002) 95%–98% de eficiencia con barreras vivas de <i>V. zizanioides</i> en maíz/frijol (Thurrow y Smith 1998) 49%–56% de eficiencia de barreras vivas de <i>G. sepium</i> en maíz
Reducción de escorrentía	55%–49% de eficiencia en maíz con diferentes pendientes; barreras vivas de <i>G. sepium</i> (EIJK-BOS y Moreno 1986) 60 m ³ /ha/año de acumulación de agua en el suelo con diferentes especies y manejo de biomasa (Welchez 1999)

continúa en la próxima página

Cuadro 4.2.–continuación

Efectos	Medición de efectos y referencias
Reducción de pérdida de nutrientes	Barreras vivas de <i>V. zizanioides</i> en maíz/frijol redujeron 80%–90% de pérdidas de N y P (Thurrow y Smith 1998) Barreras vivas de <i>G. sepium</i> y <i>C. cajan</i> redujeron pérdidas de N, P y K (Mendoza y Cassel 2002) Materia orgánica en el suelo 2% y 3% cuando se incorpora biomasa al suelo (López 2008)
Rendimientos de maíz/frijol	Rendimientos no variaron con barreras vivas de <i>C. cajan</i> e incremento de 10%–100% en rendimientos de granos básicos con varias técnicas de CSA (Pérez 2003)

TM: Tonelada métrica

4.4 Adopción de técnicas de conservación de suelos y agua por pequeños y medianos productores de laderas

La evaluación de la adopción de técnicas de CSA es uno de los componentes esenciales de un sistema de monitoreo y evaluación en programas de innovación y transferencia de tecnologías (PASOLAC 2005c). Los parámetros mínimos de un estudio de adopción incluyen: 1) la proporción de productores que han implementado una tecnología de CSA por tres años o más, 2) la proporción del área de la finca de cada productor que está con una o más técnicas de CSA y 3) la calidad de las técnicas adoptadas (PASOLAC 2005c).

En el caso de América Central se han hecho varios esfuerzos para documentar la adopción de técnicas de CSA en zonas de laderas, particularmente en el marco de la ejecución del Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (Pérez 2003). También se pueden citar esfuerzos del nivel gubernamental, por ejemplo el Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) realizado en Nicaragua en el 2001, el cual abarcó un inventario de más de 200.000 fincas al nivel nacional (INEC 2001). El CENAGRO incluyó una investigación de las técnicas y extensión de las mismas en las fincas encuestadas. Los resultados indican que la proporción de fincas con áreas inferiores a las 7 ha que implementan técnicas de CSA eran 23,1%, 31,4% y 44,1%, en los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí, respectivamente.

La Evaluación Participativa por Productores (EPP) es una de las metodologías implementadas por el PASOLAC para evaluar la adopción y los efectos de las técnicas de CSA (PASOLAC 2001). La EPP realizada en 2003 indica que la adopción de CSA en Nicaragua, Honduras y El Salvador es de 75,3%, 20,9% y 54%, respectivamente (cuadro 4.3). Sin embargo, estos productores implementan una o más técnicas de CSA en sus fincas, por lo tanto es indispensable investigar con más profundidad cuáles son las técnicas con mayor frecuencia de adopción. Las técnicas de CSA más frecuentes son las relacionadas con el manejo de la biomasa, como la no quema, manejo de rastrojos y barreras vivas de diferentes especies (cuadro 4.4). En ciertos casos las obras físicas suelen tener una representación relativamente alta, como el caso de Nicaragua, pero lo usual es que las técnicas de CSA con alta inversión de mano de obra, como las barreras de piedra y las acequias de laderas, sean menos frecuentes. Otros estudios realizados en Nicaragua han documentado la adopción de distintas técnicas de CSA en donde se refleja la frecuencia de productores que adoptan en relación al área de las fincas conservadas con las técnicas respectivas (cuadro 4.5).

Cuadro 4.3. Productores y áreas agrícolas con conservación de suelos y agua (CSA) en 56 comunidades de Honduras, Nicaragua y El Salvador

Técnicas de CSA adoptadas	Nicaragua	Honduras	El Salvador	Totales
No. de productores	4.412	989	4.218	9.619
No. Productores con CSA	3.574	608	2.379	6.561
Productores con CSA (%)	81,0	61,5	56,4	68,2
Productoras con CSA (%)	25,0	N.D.	17,0	17–25
Área agrícola total (ha)	8.680	2.138	6.400	17.218
Área agrícola con CSA (ha)	6.540	445	3.450	10.435
Área con CSA (%)	75,3	20,9	54,0	60,6
Área por productor (ha)	2,0	2,2	1,8	1,8

N.D.: No determinado

Fuente: Pérez (2003)

Cuadro 4.4. Adopción de técnicas de CSA en 56 comunidades de Nicaragua, Honduras y El Salvador

Técnicas de CSA	% de productores que la adoptan (≥3 años)		
	Nicaragua (N=60)	Honduras (N=18)	El Salvador (N=30)
No quema	100	50,0	100
Manejo/incorporación de rastrojos	100	22,2	100
Barreras vivas (varias especies)	71,6	77,7	73,3
Abonos verdes	13,3	16,6	20,0
Abonos orgánicos	N.D.	11,1	13,3
Barreras muertas	73,3	38,8	50,0
Acequias de laderas	43,3	16,6	46,7
Terrazas	21,6	5,5	33,3

N.D.: No determinado

Fuente: Pérez (2003)

Cuadro 4.5. Adopción de técnicas de CSA en tres comunidades de Nicaragua

Técnica de CSA	% de productores (% de área con CSA)		
	La Trinidad ¹ (N=89)	Santa Lucía ² (N=86)	San Ramón ³ (N=66)
No quema	87 (12)	79 (11)	36 (11)
Abonos verdes	0	100 (11)	64 (11)
Barreras vivas	61 (13)	65 (7)	50 (7)
Barreras muertas	87 (12)	40 (2)	25 (1)
Acequias de laderas	N.D.	42 (3)	32 (5)

N.D.: No determinado

¹Departamento de Estelí; ²Depto. de Boaco; ³Depto. de Matagalpa

Fuente: Elaborado a partir de Escobar y Zúñiga (2004)

4.5 Costo–beneficio de la adopción de técnicas de conservación de suelos y agua

El análisis económico de la adopción de técnicas de conservación de suelos y agua debe considerar varios factores. Por un lado, los costos de las técnicas de CSA que se aplican en una situación particular; por otro lado, también se debe valorar el costo de la erosión o la pérdida de productividad del suelo y finalmente el costo–beneficio de la CSA desde el punto de vista de su rentabilidad en el marco de la producción de uno u otro rubro (Cárcamo et al. 1994, Mendoza y Cassel 2002, Pérez 2003).

Los costos de establecimiento de diferentes técnicas de conservación de suelos y agua (cuadro 4.6), con el mantenimiento anual correspondiente, fueron determinados por PASOLAC (2005a). Estos costos son indicativos, ya que pueden variar según el sitio (por ejemplo, menor o mayor pendiente, disponibilidad de materiales, costo de la mano de obra, etc.). Se observa una diferencia significativa entre los costos de instalación de técnicas de CSA basadas en el manejo de biomasa (no quema, manejo de rastrojos, barreras vivas) y las técnicas basadas en obras físicas (acequias de laderas, barreras muertas de piedra). Sin embargo, el costo de la implementación de la lombricultura como

Cuadro 4.6. Costos de las técnicas de conservación de suelos y agua

Técnica de CSA	Instalación (US\$/ha)	Mantenimiento (US\$/ha/año)
Barreras vivas		
<i>Cajanus cajan</i>	19,40	2
<i>Gliricidia sepium</i>	38	16
<i>Vetiveria ziznioides</i>	40	4
Abono verde (<i>Mucuna pruriens</i>)	66	--
Lombricultura (en café)	120	68
No quema/manejo de rastrojo	33	--
Acequias de laderas	56	5
Barreras muertas de piedra	192	9

Fuente: PASOLAC (2005a)

abastecimiento de abono orgánico es superior que el uso de abono verde. Es posible que la producción de café sea rentable aún con la aplicación de lombrihumus (abono orgánico).

La metodología de valoración económica de la CSA es aún más compleja si se integra el valor de la erosión del suelo en la finca o fuera de ella. Cuando se quiere estimar el costo de la erosión en la finca, se puede considerar la pérdida de nutrientes individuales (por ejemplo, N, P y K) o la pérdida en productividad de la parcela. La revisión realizada por Kidd y Pimentel (1992) sobre los costos de la erosión en la finca en los Estados Unidos de Norteamérica permitió estimar que la pérdida total de nutrientes es del orden de US\$5/TM de suelo, mientras que la pérdida de nutrientes inmediatamente disponibles para la planta para el año de la plantación es del orden de US\$0,10/TM de suelo (Kidd y Pimentel 1992).

La evaluación de la erosión en fincas de pequeños productores después del huracán Mitch redujo la capacidad productiva de los suelos. Un estudio realizado en las fincas de 16 pequeños productores de granos básicos (0,7–1,4 ha) del departamento de Matagalpa, Nicaragua reveló que la pérdida de suelo después de tres días de lluvias intensas osciló en un rango de 40 a 300 toneladas por finca (Ruiz et al. 1999), mientras que los productores que tenían una cobertura vegetal densa no sufrieron daños visibles de erosión. Si se compara con el costo de la erosión estimada por Kidd y Pimentel (1992), los activos productivos de esos productores se redujeron en un rango de US\$200 a 1.500/finca.

En América Central ya se ha iniciado la valoración de la erosión fuera de la finca. Un estudio sobre los costos del manejo y desarenado de sedimentos en Managua, Nicaragua, fue realizado en el marco del Programa Socioambiental y Forestal (POSAF) del MARENA (Gámez 2006). Se determinó que la alcaldía de Managua invierte anualmente un promedio de US\$3,90/m³ de sedimentos. Con las prácticas de conservación de suelos y agua realizadas por el POSAF en la subcuenca II de la cuenca sur del lago de Managua, se ha calculado que se logra retener 19.716 m³ de suelo anualmente. Esta retención de suelo se traduce en costos evitados a la alcaldía de Managua en el orden de US\$76.900/año (Gámez 2006).

Se ha discutido anteriormente sobre la dificultad de demostrar que las barreras vivas de algunas plantas leguminosas tienen un efecto significativo sobre los rendimientos (Mendoza y Cassel 2002). De manera similar, la estimación del costo-beneficio de la conservación de suelos y agua al nivel de la finca tiene sus complicaciones particulares (Cárcamo et al. 1994). Estas dificultades resultan del hecho que las estimaciones intentan incorporar las técnicas de CSA implementadas por los productores de igual manera que la aplicación de insumos agrícolas—por ejemplo, fertilizantes (Mendoza 2000)—y no como una inversión que se debe amortizar durante más de un ciclo agrícola. Otro factor que dificulta la estimación a lo largo de varios años es la variación climática y su efecto sobre los rendimientos (Kidd y Pimentel 1992). Adicionalmente, el análisis costo-beneficio se dificulta aún más si considera que una misma barrera viva u otra técnica de CSA pueden ser instaladas en una parcela donde se producen distintos cultivos con distinto valor en el mercado, por ejemplo se puede plantar maíz y luego alguna hortaliza. Por lo tanto, el análisis costo-beneficio es más dinámico (Cárcamo et al. 1994).

Un estudio realizado por Mendoza (2000) durante el ciclo agrícola de 1998 concluyó que las barreras vivas de *G. sepium* lograron reducir significativamente el escurrimiento superficial y la pérdida de erosión del suelo. El rendimiento de maíz fue 45% superior a los rendimientos del testigo sin barreras vivas. El estudio concluyó que las barreras vivas de *G. sepium* contribuyeron a lograr beneficios netos muy superiores al testigo, aún bajo la influencia de precipitaciones intensas provocadas por el huracán Mitch.

4.5 Conclusiones

Las evaluaciones de la vulnerabilidad del sector hídrico y el sector agrícola al cambio climático y variabilidad climática han llevado a la formulación de estrategias de adaptación en ambos sectores que incluyen las técnicas de conservación de suelos y agua como componentes esenciales de la estrategia. El objetivo de introducir las técnicas de CSA es reducir la erosión, mejorar o mantener la capacidad productiva de los suelos, mejorar los rendimientos de los granos básicos y contribuir así a la seguridad alimentaria.

Los pequeños y medianos productores de laderas tienen un menú de opciones para seleccionar diferentes técnicas de conservación de suelos y agua con

diferencias significativas en la inversión necesaria para establecerlas y darles mantenimiento. Entre las opciones están las barreras vivas de distintas especies, las cuales han contribuido a fortalecer los sistemas de pequeños productores de laderas. Entre los efectos de estas barreras está la contribución a la retención de suelo, agua y mejoras en la fertilidad. Aunque todavía hay ciertas dificultades para determinar los efectos de la CSA sobre los rendimientos de los granos básicos al nivel experimental, existe evidencia de terreno que los productores que han adoptado distintas técnicas de CSA han mejorado su producción o al menos la han mantenido durante eventos de sequía extrema. Por lo tanto, la selección adecuada de técnicas de CSA aumenta la resistencia de los pequeños productores de laderas al cambio climático y variabilidad climática. Sin embargo, algunos eventos de precipitación extrema como las ocurridas durante el huracán Mitch pueden sobrepasar la capacidad de resistencia de las fincas conservadas con éstas técnicas.

Las barreras vivas que han sido adoptadas en distintos países de la región contribuyen a la adaptación de pequeños productores al cambio climático y variabilidad climática de varias maneras. Además de contribuir a reducir la erosión y la pérdida de nutrientes y a retener la humedad, pueden proveer recursos adicionales que permiten complementar las necesidades de la familia de los pequeños productores. Por ejemplo, se puede lograr la producción adicional de alimentos, forraje para el ganado, leña para el consumo en el hogar y subproductos para la alimentación de aves.

A pesar de la contribución de las técnicas de CSA a la adaptación al cambio climático y variabilidad climática, todavía hace falta entender mejor los efectos de la adopción de estas técnicas sobre el costo-beneficio en el contexto socioeconómico de los pequeños y medianos productores de laderas.

4.6 Referencias bibliográficas

- AIACC (Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change) 2006. Impacts and Adaptation to Climate Change and Extreme Events in Central America. Regional Committee for Hydraulic Resources, San Jose, Costa Rica.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) 2005. Apoyo al desarrollo del mercado de seguros agropecuarios de Centroamérica. Banco Interamericano de Desarrollo. Documento RG-M1029. 40 p.
- Cárcamo, JA; Alwang, J; Norton, GW. 1994. On-Site Economic Evaluation of Soil Conservation Practices in Honduras. *Agricultural Economics* 11(2/3):257–269.
- Current, D; Lutz, E; Scherr, SJ. 1995. Adopción agrícola y beneficios económicos de la agroforestería: experiencias en América Central y el Caribe. CATIE–World Bank–IFPRI, Washington, D.C., EEUU. 25 p.
- EIJK-BOS, CV; Moreno, LA. 1986. Barreras vivas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (matarratón) y su efecto sobre la pérdida de suelo en terrenos de colinas bajas, Urabá (Colombia). Convenio Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal, CONIF, Holanda/CORPOURABA, Informe No. 6. 16 p.
- Erlandsson, M; Lindqvist, P. 2000. Environmental Impact Assessment on a Fictive Soil Conservation Project: a Minor Field Study in Nicaragua. Document No. 122, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. 37 p.
- Escobar M, AC; Zuñiga, TM. 2004. Relación entre los enfoques de extensión y la adopción de prácticas de conservación de suelos en ONG que trabajan en laderas en Estelí, Boaco y Matagalpa. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. Tesis. 61 p.
- Gámez U, LA. 2006. Monitoreando las inversiones se cuantifican los servicios ambientales. *Revista Laderas Centroamericana* 23:23–29.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2001. III Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO). Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censo, Managua.
- Jansen, H; Pender, J; Damon, A; Schipper, R. 2007. Políticas de desarrollo rural y uso sostenible de la tierra en las zonas de ladera de Honduras: un enfoque cuantitativo de los medios de vida. Serie de Publicaciones RUTA No. 25, RUTA-IFPRI, Costa Rica. 100 p.

- Kidd, CV; Pimentel, D. 1992. *Integrated Resource Management: Agroforestry for Development*. Academic Press, Inc., San Diego, California, USA. 223 p.
- Lindarte, E; Benito, C. 1993. *Sostenibilidad y agricultura de laderas en América Central: cambio tecnológico y cambio institucional*. IICA Documento No. 33. Costa Rica. 118 p.
- López O, KS. 2008. *Evaluación de la calidad del establecimiento y efecto de las prácticas de conservación de suelo y agua sobre la calidad del suelo en laderas de Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Tesis. 94 p.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales) 2008a. *Evaluación de la vulnerabilidad actual de los sistemas recursos hídricos y agricultura ante el cambio climático en la cuenca No. 64. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba, PAN10-00014290*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Nicaragua. 44 p.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales) 2008b. *Informe técnico final Nicaragua. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba, PAN10-00014290*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Nicaragua. 43 p.
- Mendoza C, RB; Cassel, DK. 2002. *Hedgerows and Their Effects on Crop Productivity and Soil Loss Induced by Water and Tillage Erosion on Small Run-Off plots in the El Pital Watershed, Nicaragua*. USAID-CRISP, Technical Bulletin No. SM CRSP2002-01, Texas A&M University, College Station, Texas. 37 p.
- Mendoza C, RB. 2000. *Efecto de barreras vivas sobre la erosión hídrica: rendimientos de maíz y frijol bajo los fenómenos de El Niño y el huracán Mitch*. *Revista Laderas Centroamericana* 3(10):5–8.
- PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central) 2007. *De las barreras vivas a la comercialización: sábila, la planta milagrosa de las mujeres de la sierra, La Paz, Honduras*. Tegucigalpa. 39 p.
- PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central) 2005a. *Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Documento No. 241, Serie Técnica No. 17/99, 3ª ed. Nicaragua, El Salvador, Honduras*. 222 p.

- PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central) 2005c. La transferencia de tecnologías de manejo sostenible de suelos y agua: la estrategia del PASOLAC. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Documento No. 492, Serie Técnica No. 8/2005, Tomo I. Honduras. 70 p.
- PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central) 2001. Evaluación Participativa por Productores (EPP): una guía metodológica para la evaluación del efecto en impacto de desarrollo tecnológico. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. Documento No. 331, Serie Técnica 17/2001. Nicaragua. 58 p.
- Pérez, CJ. 2003. Tecnologías de manejo sostenible de suelos y agua mejoran los ingresos y el empleo rural. *Revista Laderas Centroamericana*, 18:35–38.
- Ruiz, F; Lira, R; Pérez, CJ; Maitre, A. 1999. Valoración de la erosión de los suelos después del Mitch: el caso de San Ramón, Nicaragua. *Revista Laderas Centroamericana* 5:19–23.
- Thurrow, TL; Smith Jr., JE. 1998. Evaluación de métodos de conservación de suelos y agua aplicados a las tierras de ladera cultivadas en el sur de Honduras. Agencia para el Desarrollo Internacional. Programa de Investigación Colaborativo de Manejo de Suelo de la Universidad de Texas A y M. *Boletín Técnico* No. 98-2. 22 p.
- Welchez, LA. 1999. Mejoramiento en relación al uso de tecnologías de producción en laderas del sur de Lempira, Honduras, C.A. *Revista Laderas Centroamericana* 5:11–16.

Capítulo 5

Manejo sostenible de sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao*): una herramienta de adaptación al cambio climático

Hernán J. Andrade C., Milena A. Segura M.

Resumen

El cambio climático debido a las emisiones de gases de efecto invernadero está afectando la biodiversidad y la producción agrícola, forestal y ganadera en el planeta. Este documento presenta las ventajas de los sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao*) como estrategia de adaptación al cambio climático. Las comunidades marginales sufrirán más a causa del cambio climático. Los sistemas agroforestales con cacao presentan alta resiliencia a cambios por el calentamiento global, aunque también son afectados por alteraciones en el clima. La adaptación en agricultura no es nueva, ya que los productores de los países subdesarrollados, que tienen que depender en los insumos disponibles de sus fincas y comunidades, necesitan herramientas para afrontar el cambio. Los sistemas agrícolas más rústicos o tradicionales tienen un mayor potencial de adaptación. Los sistemas agroforestales con cacao presentan ventajas comparativas que los hacen ideales para estrategias de adaptación al cambio climático: conservan la biodiversidad, tienen un alto ciclaje de nutrientes, ayudan a controlar la erosión de suelos, disminuyen la incidencia de plagas y enfermedades, mitigan o atenúan condiciones microclimáticas, son herramientas de mitigación y son una estrategia de medios de vida para los productores cacaoteros pobres. Los sistemas agroforestales pueden ser incluidos en proyectos de mitigación que favorezca la adaptación al cambio climático. A pesar de estas ventajas, hay aspectos de políticas que son recomendados y deberían ser desarrollados para mejorar la efectividad de estos sistemas en proyectos de adaptación.

Palabras claves: alteraciones microclimáticas, biodiversidad, erosión, mitigación, secuestro de carbono, vulnerabilidad

Abstract

Climate change due to greenhouse gas emissions is affecting biodiversity and agricultural, forestry and livestock production around the planet. This paper shows the advantages of cocoa agroforestry systems as a strategy for adaptation to climate change. Marginal communities may suffer more because of variations in climate. Cocoa (*Theobroma cacao*) agroforestry systems have a high resilience to changes from global warming, although they are also affected. Adaptation in agriculture is not a new issue, but farmers in developing countries, who must depend on resources available from their farms and communities, need tools to face the change. The more rustic or traditional agricultural systems have a higher potential of adaptation to climate change. Cocoa agroforestry systems have comparative advantages that make them ideal for adaptation strategies: they conserve biodiversity, have high nutrient cycling, help control soil erosion, reduce incidence of pests and diseases, mitigate or lessen microclimatic conditions, are mitigation tools and are a livelihood strategy for poor cocoa farmers. Cocoa agroforestry systems can be included in mitigation projects that encourage adaptation to climate change. Despite these advantages, there are some recommended political issues that should be developed to improve the efficiency of these systems in adaptation projects.

Key words: biodiversity, carbon sequestration, erosion, microclimatic alterations, mitigation, vulnerability



Grégoire-Valentin

5.1 Introducción

El IPCC estimó que la temperatura promedio de la superficie del planeta está 0,42–0,54°C por encima del promedio anual de 1961–1990 (IPCC 2007), causado principalmente por la emisión antropogénica de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono- CO_2 , ozono- O_3 , metano- CH_4 , y óxidos nitrosos- N_2O).

Las actividades agrícolas son productoras de CH₄ y N₂O (Johnson et al. 2007); sin embargo, los ecosistemas forestales y agroforestales pueden absorber grandes cantidades de carbono en su biomasa y en suelos (Albrecht and Kandji 2003, Beer et al. 2003, Andrade et al. 2008).

El cambio climático implica alteraciones globales, siendo una de las principales el riesgo de pérdida de biodiversidad en muchas áreas tropicales de América Latina (IPCC 2007). Además, las actividades agrícolas y forestales se verían comprometidas, ya que la productividad de algunos cultivos importantes y ganadería se reduciría, con impactos negativos fuertes en el suministro de alimentos (IPCC 2007). Sin embargo, se espera que la producción mundial de madera comercial se incremente levemente con el cambio climático en el corto y mediano plazo (IPCC 2007). El objetivo del presente documento es describir las ventajas de los sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao*) como estrategia de adaptación al cambio climático.

5.2 Impacto del cambio climático en la agricultura y los sistemas agroforestales con cacao

El cambio climático tiene la capacidad de alterar radicalmente los agroecosistemas y causar pérdidas en algunos cultivos, las cuales ya son evidentes (Borron 2006). Las comunidades más marginales, tal como las encontradas en muchas zonas cacaoteras del mundo, principalmente en América Central (CATIE 2007), podrían sufrir más con las condiciones ambientales alteradas (Tompkins y Adger 2004); Seo y Mendelsohn (2007) afirman que las ganancias de las fincas en América Latina se podrían reducir entre 15% y 62% para el 2100.

Muchos sistemas agrícolas, tal como los sistemas agroforestales con cacao, proveen servicios ambientales vulnerables al cambio climático global (Borron 2006). Se espera que los sistemas agroforestales tengan una mayor resiliencia (capacidad para volver a su estado original) y se adapten mejor al cambio climático. Sin embargo, el cacao es altamente sensible a cambios en horas de sol, precipitación, condiciones de suelo, temperatura, evapotranspiración (Anim-kwapong y Frimpong 2005) y es susceptible a la sequía (Bae et al. 2008), y a alteraciones de la radiación solar (Anim-kwapong y Frimpong 2005). El incremento de la temperatura en el trópico podría ocasionar que el cacao no se

adapte a las áreas donde crece actualmente (Burton y Lim 2005), ya que solo es rentable a un máximo de 30°C a 32°C y mínimo de 18°C a 21°C.

5.3 Adaptación al cambio climático

La adaptación al cambio climático es el ajuste en los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados o sus efectos, los cuales moderan un daño o explotan oportunidades benéficas (IPCC 2001). La adaptación en la agricultura no es nueva, ya que los productores en los países en vías de desarrollo necesitan herramientas que los ayude a adaptarse a estas nuevas condiciones (Borron 2006). Los productores en países desarrollados podrían responder ante el cambio climático con incrementos en el uso de insumos e inversiones de capital; mientras que los de países en desarrollo tienen muchas menos opciones y deben confiar en los recursos disponibles en sus fincas o comunidades (Borron 2006). Lin et al. (2008) sugieren que las formas más tradicionales de agricultura, tal como los sistemas agroforestales con cacao, pueden ofrecer un mayor potencial de adaptación a las condiciones cambiantes que los sistemas intensivos.

5.3.1 Bondades de los sistemas agroforestales con cacao para la adaptación al cambio climático

Los sistemas agroforestales son resilientes a los cambios climáticos globales debido a su alto nivel de diversidad de especies (Steffan-Dewenter et al. 2007) y pueden contribuir a la economía local (Joshi et al. 2006) y a la adaptación al cambio climático (Rao et al. 2007).

Conservación de biodiversidad. El IPCC (2007) afirma que entre el 20% y 30% de las especies animales y vegetales evaluadas han incrementado su riesgo de extinción si la temperatura global se incrementa en 1,5°C a 2,5°C. Whitfield et al. (2007) reportan la reducción de las poblaciones de anfibios terrestres en un área de bosque lluvioso tropical de Costa Rica desde 1970 debido posiblemente a una reducción de la hojarasca por cambios en el clima, la cual es clave para el mantenimiento de su microhábitat.

Los cultivos bajo sombra, tal como cacao, proveen hábitat para plantas y animales dependientes del bosque (Greenberg 1999), trayendo un impacto local a especies intolerantes a pasturas u otros cultivos y global cuando se

cultivan en regiones con alto endemismo que sufren de alta deforestación. Los sistemas agroforestales con cacao tienen los siguientes beneficios en cuanto a conservación de biodiversidad: 1) mayor diversidad biológica y de organismos habitantes de bosques que cultivos o pasturas sin sombra, 2) la diversidad se incrementa con la diversidad florística y estructural de sombra, 3) la diversidad en sistemas agroforestales será mayor si éstos se encuentran cerca de parches, corredores o fragmentos grandes de bosque (Greenberg 1999).

El cacao rústico conserva la flora y fauna modificada de bosques debido a la combinación de especies de bosque y de áreas abiertas (Greenberg 1999); por ejemplo, los sistemas agroforestales con cacao de Talamanca (Costa Rica) son mucho más diversos que los monocultivos: 85 especies de árboles y palmas en bosques naturales, 35 en cacaotales con sombra, 14 en bananales y ninguna especie en plantaciones de banano o guineo (Guiracocha 2000). La diversidad animal sigue la misma tendencia: 51, 25 y nueve especies en bosques naturales, sistemas agroforestales con cacao y plantaciones de banano con sombra, respectivamente.

Aunque los sistemas agroforestales no albergan la misma biodiversidad que bosques primarios, si contribuyen a conservar una fracción de la biodiversidad en peligro. Steffan-Dewenter et al. (2007) reportan que la transformación de bosques casi primarios a agroforestería tuvo poco efecto en la riqueza total de especies (60% de especies que usan bosques). En contraste, la intensificación de sistemas agroforestales con cacao redujo de 80% a 40% la cobertura de árboles de sombra y causó cambios leves en biodiversidad. La polinización es uno de los beneficios de una biodiversidad incrementada en sistemas agroforestales con cacao, principalmente cuando crecen adyacentes a bosques naturales (Greenberg 1999).

Ciclaje de nutrientes. Generalmente, los sistemas agroforestales con cultivos perennes son más sostenibles que aquellos con anuales, ya que su ciclaje de nutrientes es cerrado y el uso de fertilizantes inorgánicos en los segundos reduce la fertilidad del suelo (Hartemink 2005). Los sistemas agroforestales con cacao pueden producir hasta 14 t MS/ha⁻¹año de hojarasca y residuos de podas, lo cual contiene 340 kg N/ha/año y podrían fijar hasta 60 kg/ha/año de N atmosférico por el uso de leguminosas a una densidad de 100 a 300 árboles/ha (Beer et al. 1998). Los árboles leguminosos que crecen en sistemas agroforestales con cacao pueden contribuir con 5 a 10 t/ha/año de material orgánico,

el cual puede retornar a la hojarasca las mismas altas dosis de fertilizantes aplicadas a café en Costa Rica: 270, 60 y 150 kg/ha/año de N, P y K, respectivamente (Beer 1988).

En sistemas agroforestales con cacao, la mayoría del nitrógeno es encontrado en las capas superficiales del suelo, y menos del 10% de éste se encuentra en los árboles de cacao y los de sombra (Hartemink 2005). El N de la producción de hojarasca es 20% a 45% del total y en el suelo (100–500 kg/ha) de 2% a 3%. La acumulación de K en cacaotales es baja en la mayoría de los casos y entre el 10% y 30% del total de P se encuentra en la hojarasca y de 10% a 40% en el suelo.

El balance en ecosistemas cacaoteros es negativo cuando no se fertiliza inorgánicamente, principalmente de potasio. El lavado de nutrientes por la lluvia y la hojarasca es importante en el ciclaje de nutrientes y es afectado por los árboles de sombra. Por esta vía se transfieren 8 kg/ha/año de N y P y 38–100 kg/ha/año de K (Hartemink 2005). En cacaotales sin y con sombra se encontraron lavados de nutrientes del dosel de 141 y 47 kg K/ha, 28,4 y 21 kg Ca/ha, 21 y 12,2 kg Mg/ha, y 13 y 8 kg P/ha, respectivamente (de Oliveira y Valle 1990).

Control de erosión de suelos. Las plantaciones de cultivos industriales perennes tal como cacao, principalmente a larga escala, secuestran carbono, protegen el suelo en terrenos pendientes y amortiguan económicamente la degradación de bosques y suelos, mitigando los impactos (FAO 2004). La erosión es generalmente menor en plantaciones de cultivos perennes que en anuales (Hartemink 2005), debido principalmente a la gruesa capa de hojarasca que cubre el suelo, tal como en Talamanca, Costa Rica, en donde se encontró un promedio de 12,7 tMS/ha de hojarasca en sistemas agroforestales con cacao en comparación a 4,0; 7,8; 8,2; y 10,1 tMS/ha en platanales, bosques de galería, bananales y regeneración natural, respectivamente (Andrade et al. 2008). La hojarasca amortigua el impacto de las gotas de lluvia, reduce la velocidad del agua, mejoran la estructura del suelo (Beer et al. 2003) y almacena una gran proporción del agua, lo cual es relevante en zonas de ladera y durante los pronosticados eventos de lluvias torrenciales.

Los doseles de los sistemas agroforestales con cacao hacen que mucha de la precipitación no llegue directamente al suelo (causando erosión), sino que se puede reevaporar de las hojas o fluir alrededor del tallo de los árboles. Dietz

et al. (2006) encontró en sistemas agroforestales con cacao que de la precipitación, el 81% de lluvia fluyó por los tallos y 18%–20% fue interceptada por el dosel y luego re- evaporada.

Incidencia de plagas y enfermedades. El cambio climático podría alterar el desarrollo de las plagas y patógenos del cacao, modificar la resistencia del hospedero y cambiar fisiológicamente la interacción hospedero/plaga o patógeno (Anim-kwapong y Frimpong 2005). Con los altos niveles de biodiversidad no planeada en fincas cacaoteras, es muy posible encontrar enemigos naturales de plagas y enfermedades (Greenberg 1999, Parrish et al. 1999).

Bos et al. (2007) encontraron que aunque la cobertura de sombra en cacao no afectó el aborto de frutos de cacao, las infecciones patogénicas y ataque de insecto se incrementaron con la homogenización de los sistemas. El manejo de sombra puede ser mejorado para incrementar el rendimiento de cacao usando sistemas agroforestales con sombra natural altamente diversificada.

Atenuaciones microclimáticas. Las especies arbóreas amortiguan los cambios climáticos extremos, causando efectos en el flujo de radiación, temperatura del aire, velocidad del viento, saturación del cultivo, tasa y duración de la fotosíntesis, crecimiento vegetal, evapotranspiración y uso de agua del suelo (Monteith et al. 1991, Rao et al. 2007). Beer et al. (1998) encontraron un amortiguamiento de 5°C de los árboles en temperatura extremas, mientras que Steffan-Dewenter et al. (2007) reporta un incremento en la temperatura de la superficie del suelo y reducción del 12% en la humedad relativa a 2 m de altura por la remoción de árboles de sombra.

5.3.2 Mitigación del cambio climático a través de sistemas agroforestales con cacao

La mitigación es una intervención antropogénica para reducir fuentes de gases de efecto invernadero o aumentar los sumideros (IPCC 2001). Las prácticas agroforestales secuestran 209 t CO₂/ha adicional, tres veces de lo encontrado en pastos y cultivos, en 20 años (Sánchez 2000). La combinación de cultivos y árboles son un medio eficiente para secuestrar carbono atmosférico y mitigar sus efectos (Albrecht and Kandji 2003, Oelbermann et al. 2004, Andrade et al. 2008). En Talamanca, Costa Rica, los cacaotales arbolados pueden fijar 2,2 a 2,9 t CO₂/ha/año en la biomasa con *Cordia alliodora* de regeneración natural o entre 3,7 y 11,0 t CO₂/ha/año en plantación (cuadro 5.1). Estas tasas de fijación

son mayores a otros sistemas agroforestales y cultivos anuales y comparables a sistemas forestales (cuadro 5.1), lo cual demuestra sus bondades en términos de mitigación.

Cuadro 5.1. Resumen de tasas de fijación de CO₂ en sistemas de uso de la tierra en el trópico húmedo y subhúmedo de Costa Rica

Uso del suelo	Fijación (tCO ₂ /ha/año)	Fuente
Sistemas agroforestales con cacao		
Regeneración natural	2,2–2,9	Segura 2005
Plantación	4,0–11,0	
Plantación	3,7	Fassbender et al. 1991
Plantación con <i>Erythrina</i> sp.	8,0	
Regeneración natural		
1–12 años	23,1	Segura 2005
5–18 años	5,4–9,5	Fonseca et al. 2008
Bosques primarios intervenidos	1,5–5,1	Segura et al. 2000
Sistemas agroforestales con café		
Café con <i>Erythrina poeppigiana</i>	1,1	Ávila et al. 2001
Café con <i>Eucalyptus deglupta</i>	1,5–4,0	
Sistemas silvopastoriles		
Con <i>Eucalyptus deglupta</i>	6,6–8,4	Andrade 1999
Con <i>Acacia mangium</i>	7,0–7,7	
Plantaciones forestales nativas		
<i>Vochysia guatemalensis</i>	8,3–40,6	Fonseca et al. 2008
<i>Hieronyma alchorneoides</i>	5,9–22,9	

Es factible el pago de servicios ambientales a productores que cambien sistemas de uso de la tierra de bajo carbono por aquellos amigables con el ambiente en cuanto al secuestro de carbono. Andrade et al. (2008) encontraron que se debería pagar un mínimo de US\$3,5, \$12,1 y \$76,3 /t CO₂ fijado a quienes cambien de cultivos anuales (arroz y maíz), banano con árboles o platanales a sistemas agroforestales con cacao, respectivamente, como incentivo para compensar la disminución de ingresos por el cambio de actividad. La creación de instrumentos de política para la mitigación del cambio climático puede generar incentivos para la adaptación. Las tasas netas de acumulación

de carbono pueden ser incrementadas al mejorar los sistemas de aprovechamiento y extracción de madera, ya que Somarriba et al. (2008a) cuantificaron en un 77% la pérdida de carbono por el aprovechamiento de árboles de laurel (*C. alliodora*).

Es posible formular y ejecutar proyectos de pago por servicios ambientales por mitigación a nivel de paisaje, tal como en Talamanca, Costa Rica, donde Somarriba et al. (2008b) encontraron una potencial adicionalidad de 70 mil t CO₂/año durante 20 años al implementar sistemas que secuestran carbono en 4.792 ha en fincas indígenas Bribri y Cabécar. En este caso, los sistemas agroforestales con cacao contribuirían con el 21% de la adicionalidad (14 mil t CO₂/año).

5.4 La producción de cacao como estrategia para los medios de vida de las comunidades rurales

El cacao es tradicionalmente cultivado orgánica y agroforestalmente y es parte fundamental de las estrategias de vida de los productores rurales de muchas regiones pobres de Mesoamérica (CATIE 2007). En Talamanca, el cacao es producido como un medio para generar empleo a las familias indígenas; sin embargo, genera margen bruto de US\$59/ha/año, indicando pérdidas financieras (Andrade et al. 2008). Whelan et al. (2008) encontró que las familias indígenas de Talamanca ubicadas en áreas remotas dependen de la agricultura de subsistencia y de la venta de mano de obra en las mismas áreas, mientras que en zonas con mejor acceso se practica una agricultura más intensiva.

Dahlquist et al. (2007) encontraron un abandono de sistemas agroforestales con cacao y/o conversión a sistemas menos diversos debido a factores como enfermedades de los cultivos y crecimiento y concentración poblacional, cambio de una economía de subsistencia a una comercial, precios relativos de cacao y otros cultivos comerciales y la disponibilidad de mercados y apoyo gubernamental para la agricultura. Entonces es necesario motivar a los tomadores de decisiones para orientar sus políticas al logro de incentivos para que los productores mantengan sus sistemas agroforestales con cacao.

Los productores cacaoteros tienen un mercado potencial para la venta de sus productos en mercados especializados, tal como los mercados verdes o

ambientales, ya que su cacao se produce en sistemas amigables con el ambiente (Greenberg 1999). Adicionalmente, los esquemas de certificación pueden proporcionar un sobreprecio que reduzca las tendencias de intensificación actuales (Steffan-Dewenter et al. 2007).

5.5 Aspectos de política

Anim-kwapong y Frimpong (2005) sugieren que la adaptación al cambio climático requiere de las siguientes políticas:

- Rehabilitar y restaurar a producción sostenible las fincas degradadas y abandonadas de cacao
- Favorecer a los productores a adoptar prácticas eficientes en fincas e incrementar la facilidad en la adquisición de créditos, la estabilización de los ingresos de los productores a través de políticas de precios y sistemas efectivos de tenencia de la tierra
- Manejar la sequía a través de la información acerca de las condiciones y patrones del clima cambiante, prácticas y opciones preparatorias, y programas de aseguramiento de fincas
- Promover el establecimiento de sistemas de irrigación en las fincas a través de la provisión de infraestructura, educación y capacitación
- Favorecer la plantación de árboles y el mantenimiento de la sombra en cacao

5.6 Conclusiones

El cambio climático traerá alteraciones graves a la biodiversidad y los regímenes hídricos del planeta. Los sistemas agroforestales con cacao son un sistema de uso del suelo ideal para proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático debido a su resiliencia, beneficios ambientales y productivos y al aporte a los medios de vida de las comunidades rurales pobres.

5.7 Referencias bibliográficas

Albrecht, A; Kandji, ST. 2003. Carbon Sequestration in Tropical Agroforestry Systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99:15–27.

- Andrade, HJ. 1999. Dinámica productiva de sistemas silvopastoriles con *Acacia mangium* y *Eucalyptus deglupta* en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 70 p.
- Andrade, H; Segura, M; Somarriba, E; Villalobos, M. 2008. Valoración biofísica y financiera de la fijación de carbono por uso del suelo en fincas cacaoteras indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Revista Agroforestería en las Américas* 46:45–50.
- Andrade, HJ; Brook, R; Ibrahim, M. 2008. Growth, Production and Carbon Sequestration of Silvopastoral Systems with Native Timber Species in the Dry Lowlands of Costa Rica. *Plant and Soil* 308(1-2):11–22.
- Anim-kwapong, GJ; Frimpong, EB. 2005. Vulnerability of Agriculture to Climate Change—Impact of Climate Change on Cocoa Production. Vulnerability and Adaptation Assessment Under the Netherlands Climate Change Studies Assistance Program, Phase 2 (nccsap2). Cocoa Research Institute of Ghana. New Tafo Akim. 34 p.
- Ávila, G; Jiménez, F; Beer, J; Gómez, M; Ibrahim, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 8(30):32–35.
- Bae, H; Kim, S; Kim, MS; Sicher, RC; Lary, D; Strem, MD; Natarajan, S; Bailey, BA. 2008. The Drought Response of *Theobroma cacao* (Cacao) and the Regulation of Genes Involved in Polyamine Biosynthesis by Drought and Other Stresses. *Plant Physiology and Biochemistry* 46(2): 174–188.
- Beer, J. 1988. Litter Production and Nutrient Cycling in Coffee (*Coffea arabica*) or Cacao (*Theobroma cacao*) Plantations with Shade Trees. *Agroforestry Systems* 7(2):103–114.
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, JM; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10:80–87.
- Beer, JW; Muschler, RG; Somarriba, E; Kass, D. 1998. Shade Management in Coffee and Cacao Plantations—a Review. *Agroforestry Systems* 38: 139–164.
- Borron, S. 2006. Building Resilience for an Unpredictable Future: How Organic Agriculture Can Help Farmers Adapt to Climate Change. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. Rome. 25 p.

- Bos, MM; Steffan-Dewenter, I; Tschardtke, T. 2007. Shade Tree Management Affects Fruit Abortion, Insect Pests and Pathogens of Cacao. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120:201–205.
- Burton, I; Lim, B. 2005. Achieving Adequate Adaptation in Agriculture. *Climatic Change*, 70(1–2):191–200.
- CATIE. 2007. Competitividad y ambiente en los territorios cacaoteros de Centroamérica. Proyecto Cacao Centroamérica (PCC). CATIE, Turrialba, Costa Rica. 164 p.
- Dahlquist, RM; Whelan, MP; Winowiecki, L; Polidoro, B; Candela, S; Harvey, CA; Wulfhorst, JD; McDaniel, PA; Bosque-Pérez, NA. 2007. Incorporating Livelihoods in Biodiversity Conservation: A Case Study of Cacao Agroforestry Systems in Talamanca, Costa Rica. *Biodivers Conserv* 16:2311–2333.
- De Oliveira, J; Valle, RR. 1990. Nutrient Cycling in the Cacao Ecosystem: Rain and Throughfall as Nutrient Sources for the Soil and the Cacao Tree. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 32(1–2):143–154.
- Dietz, J; Hölscher, D; Leuschner, C; Hendrayanto. 2006. Rainfall Partitioning in Relation to Forest Structure in Differently Managed Montane Forest Stands in Central Sulawesi, Indonesia. *Forest Ecology and Management* 237(1-3):170–178.
- FAO. 2004. Impact of Climate Change on Agriculture in Asia and the Pacific. Twenty-Seventh FAO Regional Conference for Asia and the Pacific. Beijing, China, 17–21.
- Fassbender, HW; Beer, J; Henveldop, J; Imbach, A; Enriquez, G; Bonnemann, A. 1991. Ten-Year Balance of Organic Matter and Nutrients in Agroforestry Systems at CATIE. *Costa Rica Forest Ecology and Management* 45:173–183.
- Fonseca, W; Alice, FE; Montero, J; Toruño, H; Leblanc, H. 2008. Acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y plantaciones forestales de *Vochysia guatemalensis* e *Hieronyma alchorneoides* en el Caribe de Costa Rica. *Revista Agroforestería en las Américas* 46:57–64.
- Greenberg R, 1999. Biodiversity in the Cocoa Agroecosystem: Shade Management and Landscape Consideration. Smithsonian Migratory Bird Center—National Zoological Park, Washington, D.C. Consultado el 27 de octubre de 2007. Disponible en <http://natzoo.si.edu/smbc/Research/Cacao/russ.htm>.

- Guiracocha, G. 2000. Conservación de la biodiversidad en los sistemas agroforestales cacaoteros y bananeros de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 128 p.
- Hartemink, AE. 2005. Nutrient Stocks, Nutrient Cycling, and Soil Changes in Cocoa Ecosystems: A Review. *Advances in Agronomy* 86:227–253.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007—The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC* (ISBN 978 0521 88009-1 Hardback; 978 0521 70596-7 Paperback).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. *Climate Change 2001 Synthesis Report: A Summary for Policymakers*. Wembley, UK, Intergovernmental Panel on Climate Change. Consultado el 27 de octubre de 2008. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-spm/synthesis-spm-en.pdf>.
- Johnson, JM; Franzluebbers, AJ; Weyers, SL; Reicosky, DC. 2007. Agricultural Opportunities to Mitigate Greenhouse Gas Emissions. *Environmental Pollution* 150:107–124.
- Joshi, L; Nugraha, E; Budidarsono, S; van Noordwijk, M. 2006. Livelihood and Resilience in West Aceh. *Livelihood and Human Welfare*. Noviembre 2006. World Agroforestry Centre. 4 p.
- Lin, BB; Perfecto, I; Vandermeer, J. 2008. Synergies Between Agricultural Intensification and Climate Change Could Create Surprising Vulnerabilities for Crops. *BioScience* 58(9):847–854.
- Monteith, JL; Ong, CK; Corlett, JE. 1991. Microclimatic Interactions in Agroforestry Systems. *For. Ecol. Manage.* 45:31–44.
- Oelbermann, M; Voroney, RP; Gordon, AM. 2004. Carbon Sequestration in Tropical and Temperate Agroforestry Systems: A Review with Examples from Costa Rica and Southern Canada. *Agric Ecosyst Environ* 104:359–377.
- Parrish, J; Reitsma, R; Greenberg, R; Skerl, K; McLarney, K; Mack, R; Lynch, J. 1999. El cacao como cultivo y herramienta de conservación en América Latina: frente a las necesidades del agricultor y de la biodiversidad forestal. Documento de trabajo América Verde No. 3b. The Nature Conservancy. Arlington, VA.
- Rao, KPC; Verchot, LV; Laarman, J. 2007. Adaptation to Climate Change Through Sustainable Management and Development of Agroforestry Systems. *World Agroforestry Center. SAT* 4(1):1–30.

- Sánchez, PA. 2000. Linking Climate Change Research with Food Security and Poverty Reduction in the Tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 82(1–3):371–383.
- Segura, M. 2005. Estimación del carbono almacenado y fijado en sistemas agroforestales indígenas con cacao en la zona de Talamanca, Costa Rica. Informe final de consultoría, Proyecto Captura de Carbono y Desarrollo de Mercados Ambientales en Sistemas Agroforestales Indígenas con Cacao en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 46 p + anexos.
- Segura, M; Kanninen, M; Alfaro, M; Campos, JJ. 2000. Almacenamiento y fijación de carbono en bosques de bajura de la zona atlántica de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana* 30:23–28.
- Seo, N; Mendelsohn, R. 2007. A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on Latin American Farms. World Bank Policy Research Working Paper 4163. 46 p.
- Somarriba, E; Andrade, HJ; Segura, MA; Villalobos, M. 2008b. ¿Cómo fijar carbono atmosférico certificarlo y venderlo para complementar los ingresos de productores indígenas en Costa Rica? *Revista Agroforestería en las Américas* 46:81–88.
- Somarriba, E; Suárez, A; Calero, W; Botina, A; Chalaca, D. 2008a. Aprovechamiento, rendimiento maderable y carbono perdido en los residuos de *Cordia alliodora* de regeneración natural en cacaotales (*Theobroma cacao*) y banales (Musa AAA cv. Gros Michel) de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 46:34–39.
- Steffan-Dewenter, I; Kessler, M; Barkmann, J; Bos, MM; Buchori, D; Erasmí, S; Faust, H; Gerold, G; Glenk, K; Gradstein, SR; Guhardja, E; Hartevelde, M; Hertel, D; Höhn, P; Kappas, M; Köhler, S; Leuschner, C; Maertens, M; Marggraf, R; Migge-Kleian, S; Mogeá, J; Pitopang, R; Schaefer, M; Schwarze, M; Sporn, SG; Steingrebe, A; Tjitrosoedirdjo, SS; Tjitrosoemito, S; Twele, A; Weber, R; Woltmann, L; Zeller, M; Tschardtke, T. 2007. Tradeoffs Between Income, Biodiversity and Ecosystem Functioning During Tropical Rainforest Conversion and Agroforestry Intensification. *Proc Natl Acad Sci USA*. 104(12): 4973–4978.
- Tompkins, EL; Adger, WN. 2004. Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Change? *Ecology and Society*, 9(2):10.
- Whelan, M; Stoian, D; Wulfhorst, JD; Somarriba, E; Soto, G; Prins, K. 2008. Medios de vida y dinámica del uso del suelo en los territorios indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica. *Revista Agroforestería en las Américas* 46:51–56.

Whitfield, SM; Bell, KE; Philippi, T; Sasa, M; Bolaños, F; Chaves, G; Savage, JM; Donnelly, MA. 2007. Amphibian and Reptile Declines Over 35 Years at La Selva, Costa Rica. PNAS 104(20):8352–8356.

Capítulo 6

Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central

Cristóbal Villanueva, Muhammad Ibrahim,
Francisco Casasola, Ney Ríos, Claudia Sepúlveda

Resumen

La ganadería tradicional en muchos casos está relacionada con bajos índices de productividad, rentabilidad e impactos negativos para el ambiente. Los sistemas silvopastoriles constituyen una estrategia para mejorar los indicadores económicos, sociales y ambientales en las fincas ganaderas. También, tienen un potencial de adaptación al cambio climático tanto en sequías prolongadas como en períodos de mucha lluvia, variables que aumentan el grado de vulnerabilidad económica y ambiental de las empresas agropecuarias. En algunas regiones de Centroamérica, los productores ganaderos, por conocimiento local y/o adquirido reconocen la importancia económica, social y ambiental de los sistemas silvopastoriles. Además, los relacionan con funciones para la adaptación al cambio climático, como fuente de recursos alimenticios en períodos de sequías prolongadas y por la sombra para mitigar el efecto de altas temperaturas.

Palabras claves: ganadería, servicios ambientales, conservación, productividad

Abstract

Traditional livestock raising in many cases is related to low indices of productivity, profitability and negative impacts for the environment. Silvopastoral systems constitute a strategy to improve the economic, social and environmental indicators on cattle farms. Also, they have a potential to adjust the climatic changes such as prolonged droughts as well as periods of abundant rain, which are variations that increase economic and environmental vulnerability of agricultural enterprises. In some regions of Central America, cattle producers through local and/or acquired knowledge recognize the economic, social and environmental importance of the silvopastoral systems. In addition, they relate them to adaptation to climate change as a source of food resources in periods of long drought and for shade to mitigate the effect of high temperatures.

Key words: livestock, environmental services, conservation, productivity



Foto: Grupo GAMMA, CATIE

Bancos forrajero de leñosas, un valioso recurso en finca para la alimentación del ganado.

6.1 Introducción

En Centroamérica las áreas dedicadas a la ganadería entre los años 1961 a 2001 pasaron de 9,1 millones ha a 13,6 millones (Kaimowitz 2001). Se estima que alrededor de un 50% se encuentran en un estado avanzado de degradación (Szott et al. 2000, Wassenaar et al. 2007). Esto conlleva a que se presenten pérdidas significativas en la productividad de las fincas y degradación de los recursos naturales. Betancourt et al. (2007) encontró en el norte de Guatemala reducciones de ingresos por leche que varían entre US\$42,0 y \$157,7 ha⁻¹ año⁻¹ en pasturas con degradación leve y muy severa, respectivamente. Mientras que si el escenario es explotado para carne, las reducciones en los ingresos oscilan entre US\$45,9 y \$144,4 ha⁻¹ año⁻¹ para cada condición de pastura, respectivamente.

Los problemas se agravan con los cambios inesperados del clima (temperatura, lluvias y tormentas) como parte del cambio climático, con efectos diferentes según la zona de vida. En zonas de trópico húmedo, los suelos se saturan de

agua, lo cual está ocasionando problemas en la disponibilidad de forrajes, compactación y erosión de suelos. En algunos sitios, el efecto es más complicado y ocurren fenómenos como deslizamientos e inundaciones. En zonas de trópico seco, donde se marcan dos épocas (seca y lluviosa), la situación es crítica. Por ejemplo, en la época de lluvias, éstas son de distribución irregular y en casos de tormentas los problemas se asemejan a lo que ocurre en el trópico húmedo. En la época seca, este período tiende a ser más largo y con mayor temperatura, lo cual afecta la cantidad y calidad de alimento disponible, mortalidad de animales y pérdida de capital de la finca, como la muerte de ganado y disminución de la calidad de la tierra. En ambas zonas agroecológicas, el cambio climático está amenazando la seguridad alimentaria de las familias (rurales y urbanas), la salud de los ecosistemas y la rentabilidad de las empresas agropecuarias.

Sin embargo, existen alternativas como los sistemas silvopastoriles, los cuales son sistemas complejos y, según el diseño y manejo, tienen potencial para la adaptación al cambio climático debido a que estos sistemas ofrecen múltiples beneficios en la productividad de la finca y en la generación de servicios ambientales.

Este capítulo analiza los sistemas silvopastoriles bancos forrajeros y árboles dispersos en potrero como estrategias para la adaptación al cambio climático y la percepción que tienen los productores ganaderos del cambio climático. Además, se espera que el presente documento motive a técnicos, extensionistas y tomadores de decisiones a desarrollar herramientas que contribuyan con la masificación de modelos de producción ganaderos sostenibles por medio de sistemas silvopastoriles y con ello garantizar la disponibilidad en cantidad y calidad de los recursos naturales para las generaciones futuras.

6.2 Bancos forrajeros y su importancia en la suplementación animal

Los sistemas de producción animal tradicionales están basados en el uso de pasturas en monocultivo. Éstas en la época seca presentan una baja tolerancia a la sequía que se traduce en una baja calidad y su producción de materia seca (MS) se reduce o detiene completamente, lo cual afecta la productividad animal. Por ejemplo, el pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*) en la época seca presenta indicadores de calidad de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de hasta 3% y 30%, respectivamente (Holmann 2001).

En la época seca, la disponibilidad de pastos varía según la especie mejorada, nativa o naturalizada. En el caso de las primeras, la especie del género *Brachiaria* spp presenta valores de 900 kg MS ha⁻¹, y en el segundo grupo la especie *H. rufa* ofrece 640 kg MS ha⁻¹. En ambos casos representa el 20% de la disponibilidad de pasto lograda en la época de lluvias (Holmann 2001). Es importante mencionar que en algunas regiones de Centroamérica los pastos nativos o naturalizados detienen totalmente su producción (se secan), entrando a un estado de letargo o descanso fisiológico a causa de la ausencia de agua y flujo de nutrimentos. Este es un período crítico para el productor, que de no contar con estrategias de alimentación complementarias a las pasturas, es posible que se encuentre afectado por la muerte de animales. Este fenómeno se ha incrementado en los últimos años y se le conoce como efecto del alargamiento de los períodos secos en algunos sitios.

En época de lluvias, en zonas de trópico húmedo como trópico seco, la situación es crítica por la ocurrencia de lluvias continuas en períodos largos de tiempo que saturan los suelos, fenómeno que tiende a repetirse con mayor intensidad como parte del cambio climático en los últimos años. En estas épocas, la compactación del suelo por el ganado es significativa; además, la producción de leche del ganado se reduce más del 20%⁴, porque los animales no logran cubrir los requerimientos nutricionales por bajo consumo de materia seca a causa del alto contenido de agua o contaminación de pasto por medio de lodo (mezcla de suelo y agua).

Por otro lado, existe una gran diversidad de especies leñosas (árboles y arbustos) para manejarse como bancos forrajeros, adaptadas a zonas con baja y alta disponibilidad de agua, con relativamente alto valor nutricional y potencial de utilización en la suplementación animal (Flores 1994, Holguín e Ibrahim 2005) (cuadro 6.1).

En el período seco, las leñosas forrajeras (cuadro 6.1) tienen la capacidad de producir forraje en calidad y cantidad para cubrir los requerimientos nutricionales del ganado para mantenerse y producir leche y/o carne de manera satisfactoria o al menos evitar que se mueran; todo dependerá de la cantidad y calidad de la dieta basal a base de pasturas. Los bancos forrajeros constituyen

4 Rojas Morales, V. 2008. Capacitación participativa de productores en la zona sur de Costa Rica (Entrevista). Coto Brus, CR. Productor ganadero. Comunicación personal.

una alternativa para reducir la presión de pastoreo que desencadena la degradación de las pasturas, tanto en época seca como cuando ocurren períodos de mucha lluvia (Turcios 2008).

Cuadro 6.1. Especies leñosas de uso común como bancos forrajeros para la alimentación animal

Especie	Zona de vida ¹	PC (%) ²	DIVMS (%) ³	Rendimiento de forraje (t MS ha ⁻¹ año ⁻¹)
<i>Cratylia argentea</i>	bh-T, bsh-T	19–22	48	8–12 ⁴
<i>Leucaena leucocephala</i>	bsh-T, bs-T	19–26	56	3,3–18,9 ⁵
<i>Guazuma ulmifolia</i>	bsh-T, bs-T	13–17	48	10–12 ⁶
<i>Gliricidia sepium</i>	bh-T, bsh-T, bs-T	15–22	60	5,5–20 ⁷
<i>Erythrina poeppigiana</i>	bh-T	27	50	11–20 ⁸
<i>Erythrina berteroana</i>	bht-T, bsh-T, bs-T	23	56	20,9 ⁹
<i>Albizia lebbek</i>	bsh-T, bs-T	20–29 ¹²	58 ¹¹	1,7–3,7 ¹⁰

¹bh-T: bosque húmedo tropical, bsh-T: bosque subhúmedo tropical, bs-T: bosque seco tropical, ²PC: proteína cruda; ³DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; ⁴Argel et al. 2001; ⁵Simón et al. 2005, Martínez et al. 1990; ⁶Gosz et al. 1978, Pezo 1982; ⁷Urbano et al. 2004, Zárate 1987; ⁸Benavides et al. 1995; ⁹Romero et al. 1993; ¹⁰Lowry et al. 1994; ¹¹Cárdenas et al. 2003; ¹²Hernández et al. 2001

Fuente: Adaptado de Holguín e Ibrahim (2005)

Los bancos forrajeros pueden ser utilizados bajo corte y acarreo, ramoneo y ramoneo más pastoreo (Cruz y Nieuwenhuyse 2008). El consumo de materia seca en las diferentes modalidades puede llegar hasta el 0,5% del peso vivo de los animales (Mahecha et al. 2005). En bancos para ramoneo se recomiendan períodos de tres a cuatro horas por día para que los animales puedan consumir la cantidad suficiente de proteína por día para cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción de los animales.

Con respecto a la producción de leche (cuadro 6.2), vacas de doble propósito suplementadas con forraje de leñosas pueden producir hasta 6,0 kg vaca⁻¹ día⁻¹ en la época seca (Ibrahim et al. 2001, Lobo y Acuña 2001) y hasta 7,4 kg vaca⁻¹ día⁻¹ en la época lluviosa (Camero et al. 2001).

Cuadro 6.2. Producción de leche en vacas en sistemas doble propósito alimentadas con forraje de leñosas y otros suplementos

Ecosistema	Suplementación	Prod. de leche (kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)	Época	Referencia
Bosque subhúmedo tropical ¹	Pollinaza + melaza	5,9	Seca	Ibrahim et al. 2001
	Caña de azúcar + pollinaza + salvado de trigo	6,0		
	Caña de azúcar + <i>C. argentea</i> + salvado de trigo	6,1		
Bosque subhúmedo tropical	Caña de azúcar + pollinaza + semolina	5,3	Seca	Lobo y Acuña 2001
	Caña de azúcar + <i>C. argentea</i> fresca + semolina	5,5		
	Caña de azúcar + <i>C. argentea</i> ensilada + semolina	5,1		
Bosque húmedo tropical ²	<i>Eritrina poeppigiana</i>	7,3	Lluviosa	Camero et al. 2001
	<i>Gliricidia sepium</i>	7,4		

¹Dieta base fue *Hyparrhenia rufa*

²Dieta base fue heno de *H. rufa*

En términos de carne, la tendencia es similar a la leche y la ganancia de peso vivo en el ganado puede superar los 0,5 kg animal⁻¹ día⁻¹ (Ibrahim et al. 2000, Pérez et al. 2002, Burle et al. 2003, Jiménez 2007) (cuadro 6.3). La respuesta del animal (leche y/o carne) dependerá de la calidad y disponibilidad de la dieta basal (sea pasto de piso o de corte/acarreo) y de otros suplementos proteínicos y/o energéticos. Por otro lado, los análisis financieros de los bancos forrajeros, en términos de tasa interna de retorno, son positivos y varían entre 17% y 35% (Jansen et al. 1997, Jiménez 2007, Sánchez 2007, Turcios 2008).

Lo anterior refleja el potencial de los bancos forrajeros de leñosas para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas mediante la implementación de los sistemas ganaderos, en especial durante las sequías prolongadas y para

mantener una rentabilidad del sistema. Con estas características sobresalen las especies leñosas *Leucaena leucocephala*, *Cratylia argentea* y *Albizia lebbbeck* (cuadro 6.3).

Cuadro 6.3. Ganancia de peso vivo en toretes de engorde suplementados con forraje de leñosas

Ecosistema	Pastura (dieta base)	Suplementación	Ganancia de peso vivo (kg animal ⁻¹ día ⁻¹)	Época	Referencia
Bosque subhúmedo tropical	<i>Cynodon nlemfluensis</i>	Dieta base	0,37	Lluviosa	Pérez et al. 2002
		<i>Gliricidia sepium</i>	0,47		
Bosque seco tropical	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	0,60	Seca	Burle et al. 2003
Bosque subhúmedo tropical	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	0,49	Seca	Jiménez 2007
Bosque húmedo tropical	<i>Pasturas mixtas</i> ¹	<i>Erythrina berteroana</i>	0,48	Lluviosa	Ibrahim et al. 2000

¹*Paspalum fasciculatum*, *Axonopus compressus* y *Cynodon nlemfluensis*

6.3 Valor ecológico y económico de los árboles dispersos en potrero en la adaptación al cambio climático

Los árboles o arbustos dispersos en potrero pueden jugar un papel muy importante como estrategia de adaptación al cambio climático en fincas ganderas. En las diferentes zonas agroecológicas los productores mantienen entre 68 y 107 especies de leñosas (Villanueva et al. 2004, Ruiz et al. 2005, Villanueva et al. 2007).

Las pasturas con una cobertura arbórea entre 20% y 30% ofrecen beneficios a nivel económico y ecológico en comparación con aquellas pasturas degradadas

con pocos o sin árboles. Desde el punto vista económico, el efecto de la sombra incrementa la producción de leche dentro de un rango de 10% a 22% en comparación a potreros sin árboles. Esto se atribuye a una menor temperatura ambiental bajo sombra de los árboles, que reduce el estrés calórico del ganado, lo cual está asociado con una baja tasa respiratoria; esto permite gastar menos energía y consumir más alimento (Souza 2002, Betancourt et al. 2003) (cuadro 6.4 y cuadro 6.5).

Cuadro 6.4. Influencia de la sombra de árboles dispersos en potrero sobre la producción animal en época seca

Ecosistema	Sistema de producción	Cobertura arbórea (%)	Producción de leche (kg/vaca/día)	Referencia
Bosque subhúmedo tropical	Doble propósito	Baja (0-7%)	3,1	Betancourt et al. 2003
		Alta (22-30 %)	4,1	
Bosque húmedo tropical	Leche	Media (10-15%)	12,7	Souza 2002
		Sin sombra (0%)	11,1	

Cuadro 6.5. Tasa respiratoria de vacas lecheras y temperatura ambiental bajo sombra de árboles y a pleno sol en potreros

Indicador	Potreros con sombra	Potreros sin sombra
Tasa respiratoria (respiraciones minuto-1)	65	80
Temperatura ambiental (°C)	26,3	27,2

Fuente: Souza (2002)

En los próximos años, los pronósticos mundiales indican aumentos en la temperatura global del planeta. Por lo tanto, el rol de las leñosas en los potreros de los sistemas ganaderos será relevante para el confort térmico del ganado y la oferta de recursos alimenticios en la época seca.

Además de la sombra, algunas especies de árboles dispersos en potrero producen frutos que son consumidos por los animales en la época seca, cuando se

reduce la disponibilidad y calidad del pasto. En general la calidad de los frutos de los árboles es superior que la de los pastos en el período seco (Casasola et al. 2001, Esquivel 2007) (cuadro 6.6). La respuesta de los animales en carne y/o leche dependerá de la cantidad, composición de especies y distribución espacial de los árboles en los potreros. Esquivel (2007) en una simulación de escenarios con diferentes niveles de cobertura arbórea y composición de especies encontró que las mejores respuestas de producción de carne se logran en el escenario con una cobertura arbórea entre 20% y 30% y con predominio de las especies *Samanea saman* (alta producción de frutos) y *Tabebuia rosea* (maderable); ambas presentan un tipo de copa de mediana transmisión de luz solar.

Cuadro 6.6. Producción y calidad de frutos de especies leñosas comunes y de los pastos en potreros donde crecen las leñosas

Especies	Producción de frutos por árbol (kg)	PC (%) ³	DIVMS (%) ⁴
Leñosas			
Guanacaste (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>)	86,0	13,1	67,8
Carbón (<i>Acacia pennatula</i>) ¹	52,0	13,0	46,0
Cenízaro (<i>Samanea saman</i>)	36,1	15,6	71,1
Guacimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	26,4	7,5	63,3
Coyol (<i>Acrocomia aculeata</i>)	8,6	5,5	66,4
Gramíneas			
Brizanta (<i>Brachiaria brizantha</i>)	--	4,9	46,2
Jaragua (<i>Hyparrhenia rufa</i>) ²	--	4,5	40,0

¹Casasola et al. 2001; ²Franco 1997; ³PC: proteína cruda; ⁴DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca

Fuente: Esquivel (2007)

En términos ecológicos, en potreros arbolados y con buena cobertura de la pastura se reduce la escorrentía superficial (Ríos et al. 2007), se incrementa la biodiversidad (Sáenz et al. 2007) y se logra un mayor secuestro de carbono (Ibrahim et al. 2007) que en pasturas degradadas o sin árboles. Asimismo, los árboles contribuyen en el mejoramiento de la fertilidad del suelo por medio del reciclaje de nutrientes (Sandoval 2006).

6.4 Impacto de los sistemas silvopastoriles en el recurso hídrico

Una de las consecuencias más importantes del establecimiento de sistemas silvopastoriles es el impacto de los árboles y arbustos sobre el balance hídrico del sistema, ya que cuando leñosas y las pasturas comparten el mismo espacio, la menor temperatura presente en el estrato herbáceo bajo la copa de los árboles provoca una disminución en la tasa de transpiración a través de los estomas y menor evaporación (Wilson y Ludlow 1991). Esto puede retrasar o evitar estrés hídrico, característico del período seco. Las leñosas perennes afectan la dinámica del agua: 1) actuando como barreras que reducen la escorrentía; 2) reduciendo el impacto de las gotas (cobertura) y 3) mejorando el suelo al incrementar la infiltración y la retención de agua (Young 1997). Estos impactos dependen del tamaño del árbol, principalmente su altura y la cobertura de copa.

Por otro lado, debido a que la radiación solar sobre las pasturas es menor hasta en un 35% bajo la cobertura de los árboles (Belsky 1992, Bolívar et al. 1999), las tasas de evapotranspiración son menores en sistemas de pasturas sombreadas que en pasturas puras, especialmente donde estas están expuestas a fuertes vientos. Esto conlleva a que se conserve mayor humedad del suelo bajo la copa de los árboles, comparado a suelos bajo pasturas a campo abierto. Se han encontrado reducciones de temperatura bajo la copa de los árboles de 2°C a 9°C (Wilson y Ludlow 1991, Reynolds 1995) en comparación con áreas abiertas.

Asimismo, un estudio llevado a cabo en el trópico seco de Costa Rica evidencia que la presencia de árboles en potreros (*Pithecellobium saman*, *Diphysa robinoides* y *Dalbergia retusa*) no afecta el uso de agua de las pasturas (*Brachiaria brizantha*, y *Hyparrhenia rufa*). Estos resultados indican una posible coexistencia de estos árboles y especies de pasto en los sistemas silvopastoriles que aumentan su eficiencia del uso del agua (Andrade 2007).

Complementario a lo anterior, investigaciones llevadas a cabo en Costa Rica y Nicaragua con la finalidad de conocer el comportamiento hidrológico en sistemas ganaderos tradicionales y silvopastoriles muestran que pasturas nativas sobrepastoreadas presentan una escorrentía superficial cinco a cuatro veces mayor al Tacotal (Charral), tres a dos veces mayor a la pastura mejorada con

árboles y de 11 a siete veces mayor al banco forrajero (cuadro 6.7). Esto sugiere que las pasturas arboladas y con una buena cobertura herbácea a través del año son eficientes en la captación de agua de lluvia, debido a que incrementan la infiltración (lo cual beneficia la recarga y sustento del agua subterránea) y presentan menor escorrentía superficial, disminuyendo la erosión laminar (Ríos et al. 2007).

Cuadro 6.7. Escorrentía superficial e infiltración de sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica

Sistema	Escorrentía superficial (%)		Infiltración promedio (cm h ⁻¹) ¹	
	Nicaragua	Costa Rica	Nicaragua	Costa Rica
Pastura nativa sobrepastoreada ²	27	48	0,03	0,07
Pastura mejorada con árboles ³	15	14	0,81	0,23
Banco forrajero ⁴	4	5	0,46	0,75
Bosque secundario intervenido	7	10	0,96	3,54

¹Infiltración promedio a una hora de iniciada la prueba; ²Sistema sin árboles y pastoreo continuo; ³Con una densidad de árboles ≥ 30 árboles ha⁻¹ y una riqueza que va de 4 a 30 especies de árboles; ⁴Nicaragua: pasto King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. tiphoides*) y Costa Rica: la leñosa *Cratylia argentea*
Fuente: Ríos et al. (2007)

Referente a la calidad del agua, se ha encontrado que en las fincas ganaderas este recurso es afectado por los diferentes usos de suelo, presentando mejores índices de calidad aquellos cuerpos de agua que cuentan con mayor cobertura vegetal, como los bosques riparios y áreas de menos intervención humana como nacientes, (Auquilla 2005) (figura 6.1).

Ante este contexto, en cuencas ganaderas es necesario implementar sistemas silvopastoriles en lugar de sistemas ganaderos tradicionales (como pasturas en monocultivo), ya que cuando se asocia pasto, vegetación arbustiva y arbórea, se pueden atrapar sedimentos y nutrientes, teniendo efectos positivos en la salud de los sistemas acuáticos (Cárdenas et al. 2007).

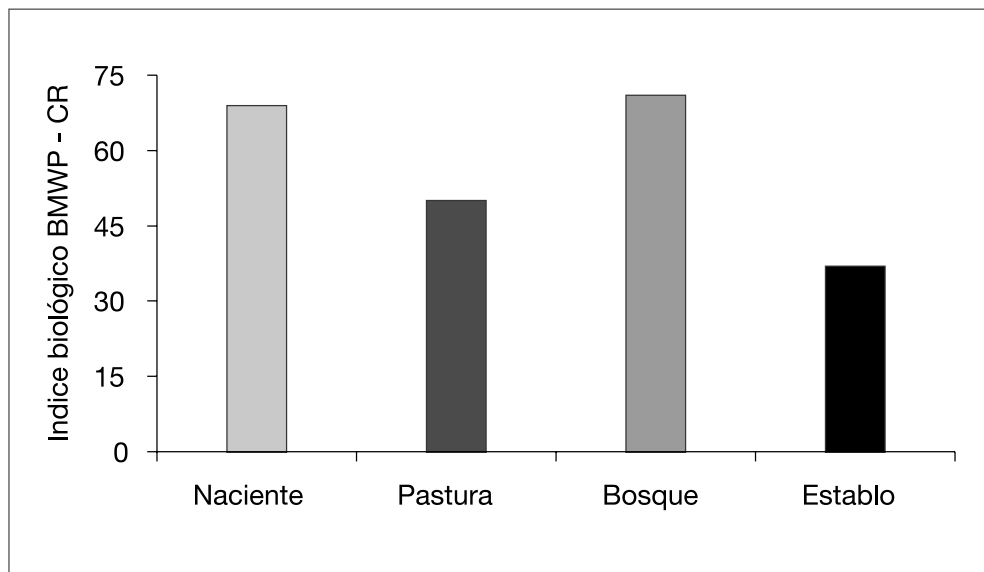


Figura 6.1. Calidad del agua según índice BMWP-CR en sistemas evaluados en la subcuenca del Río Jabonal, Esparza, Costa Rica
 BMWP-CR: Biological Monitoring Working Party-Modificado para Costa Rica
 Fuente: Adaptado de Auquilla (2005)

Los beneficios hidrológicos que los sistemas silvopastoriles brindan podrían ser traducidos en pagos a productores que manejen sistemas ganaderos amigables con el ambiente. Por lo tanto, un manejo adecuado de fincas ganaderas en el trópico implica la introducción del componente leñoso en pasturas y el manejo de fragmentos de bosques en aquellas zonas críticas (áreas de recarga hídrica, nacientes o vulnerables a deslizamientos), con la finalidad de sostener la base productiva y económica de la finca y simultáneamente conservar su integridad.

6.5 Percepción y adaptación al cambio climático de ganaderos en Costa Rica y Nicaragua

En América Central, los productores tienen conocimientos locales acerca del cambio climático, sus impactos y consecuencias; así mismo, identifican como este afecta su vida y los sistemas de producción agropecuaria en sus fincas (Sepúlveda et al. 2008). En este sentido, Sepúlveda (2008) encontró que un

alto porcentaje de los productores ganaderos de Costa Rica (34%) y Nicaragua (24%) han observado un cambio en la temperatura (intensidad del frío y del calor); también, la mayoría de productores—más del 52% en ambos países—han notado alteraciones en la duración de la época seca y lluviosa (cuadro 6.8). Estas observaciones repetidas y la comprobación mediante los hechos se transforma en conocimiento local, el cual es concordante con resultados encontrados en investigaciones sobre cambio climático a nivel general.

Cuadro 6.8. Percepción de la variación climática en los últimos 10 años por productores ganaderos en Matiguás, Nicaragua y Esparza, Costa Rica

Como ha variado el clima en los últimos 10 años	Costa Rica (n=50) (% respuestas)	Nicaragua (n=60) (% respuestas)
Cambio en la temperatura (frío y calor)	34	24
Cambios en la duración de la época seca y de lluvia	52	56
Más contaminación del aire por los gases efecto invernadero	--	8
Disminución de la producción (en verano la producción de pasto se afecta)	12	8

Fuente: Sepúlveda (2008)

Los efectos del cambio climático están relacionados con la deforestación de áreas boscosas y la contaminación de fuentes de agua, lo cual tiene efectos indirectos que podrían contribuir al incremento de plagas en los cultivos, aumento de parásitos y/o enfermedades en la producción pecuaria, cambios en la dinámica de las comunidades biológicas y reducción de nutrientes en el suelo. (Porter et al. 1991, Watson et al. 1997). Lo anterior podría reducir la productividad y la rentabilidad de las fincas ganaderas por efectos directos o indirectos al ganado. Por ejemplo, productores ganaderos de Costa Rica y Nicaragua han observado un incremento en el daño de las pasturas causado por diversas plagas (cuadro 6.9) y concuerdan que la principal plaga que ataca sus pasturas es la langosta (*Schistocerca* spp), la cual provoca una alta defoliación del pasto (Sepúlveda 2008).

Cuadro 6.9. Principales plagas reportadas por los productores por efecto del cambio climático en Matiguás, Nicaragua y Esparza, Costa Rica

Principales plagas de pasturas y cultivos	Esparza (n=50) (% respuestas)	Matiguás (n=60) (% respuestas)
Baba de culebra (<i>Aeneolamia postica</i> ; <i>Prosapia</i> spp; <i>Zulia</i> spp.)	4	--
Langostas (<i>Schistocerca</i> spp.)	38	33
Garrapatas (<i>Boophilus</i> spp.; <i>Amblyomma</i> spp.)	6	--
Falso medidor (<i>Mocis</i> spp.)	--	8
Gallina ciega (<i>Phyllophaga</i> spp.)	--	2
Chupadores (<i>Aenolamia</i> spp.)	2	7

Fuente: Sepúlveda (2008)

En general, los productores saben que si la época seca o lluviosa se prolonga en sus fincas, se presentan impactos negativos relacionados con la productividad y rentabilidad. Los impactos los relacionan especialmente con la escasez de alimento, por lo cual el ganado pierde peso y en casos extremos se incrementa la mortalidad. Asimismo, señalan que la sequía provoca un mayor sobrepastoreo sobre las pasturas, lo que trae consigo daños por erosión al suelo y contaminación de las fuentes de agua. Los productores asocian el cambio climático con la no implementación de buenas prácticas agrícolas en fincas⁵.

Los productores han identificado e implementado algunas buenas prácticas que contribuyen con el aumento de la producción, conservación de recursos naturales y la adaptación al cambio climático. En este sentido, productores de Costa Rica (55%) y Nicaragua (46%) han cambiado sus pasturas naturales por pasturas mejoradas (especialmente del género *Brachiaria*; Sepúlveda 2008), ya que estas últimas son más tolerantes a la sequía y de mayor productividad de materia seca (Holmann et al. 2004). También, están implementando bancos forrajeros de gramíneas y leñosas bajo corte y acarreo para la suplementación alimenticia en la época seca, con el propósito de obtener una mejor estabilidad en la curva de producción de leche y/o carne a lo largo del año. Aunque, esta tecnología ha tenido

⁵ Conjunto de prácticas o tecnologías que en armonía con los recursos de la finca contribuyen a mejorar los indicadores económicos, sociales y ambientales del agroecosistema finca.

mayor adopción y uso en Nicaragua que en Costa Rica, lo cual está relacionado con disponibilidad y costo de mano de obra y el acceso a otros suplementos como la pollinaza (Casasola et al. 2007, López et al. 2007) (cuadro 6.10).

Cuadro 6.10. Algunas estrategias de adaptación al cambio climático en fincas ganaderas de Matiguás, Nicaragua y Esparza, Costa Rica

Estrategia de adaptación	Costa Rica (n=50) (% respuestas)	Nicaragua (n=60) (% respuestas)
Cambio pasturas naturales por mejoradas	55	46
Suplementación con bancos forrajeros	14	75
Protección bosque	8	12
Establecimiento de bosque ribereño	6	8
Produce abono orgánico, lombricompost	4	5

Fuente: Sepúlveda (2008)

Adicionalmente, en ambos lugares, los productores están aumentando la cobertura arbórea en fincas: obteniendo más árboles en potreros por medio de la regeneración natural, estableciendo postes vivos en cercas muertas y protegiendo los parches de bosques. Esto lo vinculan con la protección de los cuerpos de agua, los cuales son considerados como una fuente importante de reserva hídrica para el consumo humano y uso agropecuario, especialmente en la época seca que es cuando se escasea en algunos sitios.

6.6 Barreras para la adopción de sistemas silvopastoriles

A pesar de los muchos beneficios que brindan los sistemas silvopastoriles, existen factores que constituyen una barrera para la adopción y difusión de dichos sistemas en Centroamérica y en otras regiones del mundo. Dentro de los principales se señalan la alta inversión de capital, mano de obra, el relativo largo período de establecimiento del sistema, incertidumbre en los mercados, falta de servicios de asistencia técnica, bajos índices de escolaridad e incentivos para inversión en ganadería amigable con el ambiente (Dagang y Nair 2003, López et al. 2007).

Sin embargo, existen experiencias sobre herramientas que han motivado la adopción de sistemas silvopastoriles tales como pago por servicios ambientales (Casasola et al. 2007), créditos verdes (FDL 2008) y la capacitación participativa de productores por medio de la metodología de escuelas de campo (Pezo et al. 2007). Cada una de las herramientas tiene un nicho específico de acción; el pago por servicios ambientales se puede implementar en zonas críticas para la conservación de recursos naturales (por ejemplo, bosques para conservación de agua) y de esa manera lograr su sostenibilidad en el tiempo. Para lograr una mayor replicación de los sistemas silvopastoriles, se debe pensar en estrategias de desarrollo integral buscando la complementariedad de las estrategias en referencia, ya que una por si sola no cumplirá dicho cometido.

6.7 Conclusiones

Los sistemas silvopastoriles como bancos forrajeros y árboles en potreros constituyen herramientas para la adaptación al cambio climático de los sistemas ganaderos. Ellos ofrecen recursos alimenticios (follajes y/o frutos) para la alimentación animal en la época seca cuando los pastos reducen su disponibilidad y calidad de la materia seca comestible. Además, en zonas con altas temperaturas, la sombra de los árboles mitiga el estrés calórico del ganado, lo que contribuye con un incremento en la producción de leche y/o carne.

Debido a que la cobertura de suelo (mantillo y cobertura viva) y arbórea tienen una correlación con la infiltración y escorrentía superficial. Por su diseño, los sistemas silvopastoriles son una alternativa de manejo sostenible en cuencas ganaderas debido a que brindan beneficios hidrológicos al contribuir en la infiltración y disminuir la escorrentía superficial, contribuyendo a la recarga y sustento de acuíferos.

Finalmente, puede afirmarse que los productores en general tienen una percepción acertada acerca del cambio climático y son conscientes con los hechos científicos que indican que los eventos afectan negativamente las zonas ganaderas, disminuyendo la productividad, rentabilidad y sostenibilidad del sistema de producción ganadero. Su acertada percepción les permite prepararse y adoptar tecnologías como la implementación de sistemas silvopastoriles y prácticas más conservacionistas que les ayudan a tolerar los impactos negativos de los eventos extremos.

6.8 Referencias bibliográficas

- Andrade, H. 2007. Growth and Water Competition in Silvopastoral Systems with Native Timber Trees in the Dry Tropics of Costa Rica. PhD. Thesis. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 166 p.
- Argel, PJ; Hidalgo, C; González, J; Lobo, M; Acuña, V; Jiménez, C. 2001. Cultivar Veraniega *Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze). Una leguminosa arbustiva para la ganadería de América Latina Tropical. Consorcio Tropileche (CATIE, CIAT, ECAG, MAG, UCR). San José, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 26 p. (Boletín Técnico)
- Auquilla, R. 2005. Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 113 p.
- Belsky, J. 1992. Effects of Trees on Nutritional Quality of Understorey Gramineous Forage in Tropical Savannas. *Tropical Grasslands*. 26:12–20.
- Benavides, J; Esquivel, J; Lozano, E. 1995. Módulos agroforestales con cabras para la producción de leche. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 56 p.
- Betancourt, H; Pezo, D; Cruz, J; Beer, J. 2007. Impacto bioeconómico de la degradación de pasturas en fincas de doble propósito en el Chal, Petén, Guatemala. *Pastos y forrajes* 30(1):169–177.
- Betancourt, K; Ibrahim, M; Harvey, C; Vargas, B. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10(39–40):47–51.
- Bolívar, D; Ibrahim, M; Kass, D; Jiménez, F; Camargo, JC. 1999. Productividad y calidad forrajera de *Brachiaria humidicola* en monocultivo y en asocio con *Acacia mangium* en un suelo ácido en el trópico húmedo. *Agroforestería en las Américas* 6(23):48–50.
- Burle, STM; Shelton, HM; Dalzell, SA. 2003. Nitrogen Cycling in Degraded *Leucaena leucocephala*–*Brachiaria decumbens*. Pastures on an Acid Infertile Soil in South-East Queensland, Australia. *Tropical Grasslands* 37:119–128.
- Camero, A; Ibrahim, M; Kass, M. 2001. Improving Rumen Fermentation and Milk Production with Legume-Tree Fodder in the Tropics. *Agroforestry Systems* 51:157–166.
- Cárdenas M; Sandoval, C; Solorio, F. 2003. Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Técnica Pecuaria en México* 41(3):283–294.

- Cárdenas, A; Reyes, B; Ríos, N; Woo, A; Ramírez, E; Ibrahim, M. 2007. Impacto de los sistemas silvopastoriles en la calidad del agua en microcuencas ganaderas de Matiguás, Nicaragua. Encuentros año 77:70–77.
- Casasola, F; Ibrahim, M; Harvey, C; Kleinn, C. 2001. Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10(30):17–20.
- Casasola, F; Ibrahim, M; Ramírez, E; Villanueva, C; Sepúlveda, C; Araya, JL. 2007. Pagos por servicios ambientales y cambios en usos de la tierra en paisajes dominados por la ganadería en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* (45):79–85.
- Cruz, J; Nieuwenhuys, A. 2008. El establecimiento y manejo de leguminosas arbustivas en bancos de proteína y sistemas en callejones. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 152 p.
- Dagang, ABK; Nair, PKR. 2003. Silvopastoral Research and Adoption in Central America: Recent Findings and Recommendations for Future Directions. *Agroforestry Systems* 59:149–155.
- Esquivel, H. 2007. Tree resources in Traditional Silvopastoral Systems and Their Impact on Productivity and Nutritive Value of Pastures in the Dry Tropics of Costa Rica. PhD. Thesis. Turrialba, CR, CATIE. 161 p.
- FDL (Fondo de Desarrollo Local, NI). 2008. Productos financieros (en línea). Managua, Nicaragua. Consultado 20 oct. 2008. Disponible en <http://www.fdl.org.ni/productos.es>.
- Flores, O. 1994. Caracterización y evaluación de follajes arbóreos para la alimentación de rumiantes en el departamento de Chiquimula, Guatemala. *En* Benavides, J. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 117–133.
- Franco, M. 1997. Evaluación de la calidad nutricional de *Cratylia argentea* como suplemento en el sistema de producción doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 74 p.
- Gosz, J; Holmes, R; Likens, G; Borman, F. 1978. El flujo de energía en un ecosistema de bosque. *Investigación y Ciencia* 20:46–57.
- Hernández, I; Simón, L y Duquesne, P. 2001. Evaluación de las arbóreas *Albizia lebbek*, *Bauhinia purpurea* y *Leucaena leucocephala* asociadas con pasto bajo pastoreo. *In* Sánchez, M; Rosales, M. eds. *Agroforestería para la producción animal en América Latina II*. Roma, FAO. 343 p.

- Holguín, V; Ibrahim, M. 2005. Bancos forrajeros de especies leñosas. Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el manejo de Ecosistemas. Managua, Nicaragua, INPASA. 23 p. (Serie Cuadernos de Campo).
- Holmann, F. 2001. Beneficios potenciales de nuevo germoplasma forrajero en fincas con sistemas doble propósito en el trópico seco de Costa Rica, Honduras y Nicaragua. *In* Holmann, F; Lascano, C. eds. Sistemas de alimentación con leguminosas para intensificar fincas lecheras. Cali, Colombia, CIAT. p. 75–87.
- Holmann, F; Rivas, L; Argel, P; Pérez, E. 2004. Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. Cali, Colombia, CIAT. 32 p.
- Ibrahim, M; Holmann, F; Hernández, M; Camero, A. 2000. Contribution of Erythrina Protein Banks and Rejected Bananas for Improving Cattle Production in the Humid Tropics. *Agroforestry Systems* 49:245–254.
- Ibrahim, MA; Franco, M; Pezo, D; Camero, A; Araya, JL. 2001. Promoting Intake of *Cratylia argentea* as a Dry Season Supplement for Cattle Grazing *Hyparrhenia rufa* in the Subhumid Tropics of Costa Rica. *Agroforestry Systems* 51:167–175.
- Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa aérea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45:27–36.
- Jansen, H; Nieuwenhuys, A; Ibrahim, M; Abarca, S. 1997. Evaluación económica de la incorporación de leguminosas en pasturas mejoradas, comparada con sistemas tradicionales de alimentación en la Zona Atlántica de Costa Rica. 4(15):9–13.
- Jiménez, A. 2007. Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base a los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 103 p.
- Kaimowitz, D. 2001. Will Livestock Intensification Help Save Latin America's Tropical Forest? *In* Angelsen, A; Kaimowitz, D. eds. *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*. Wallingford, UK, CABI. p. 1–20.
- Lobo, M; Acuña, V. 2001. Efecto de la suplementación con *Cratylia argentea* cv. Veraniega fresca y ensilada sobre la producción de leche en vacas en sistemas doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica. *In* Holmann, F; Lascano, C. eds. *Sistemas de alimentación con leguminosas para intensificar fincas lecheras*. Cali, Colombia, CIAT. 39–41 p.

- López, M; Pezo, D; Mora, J. Prins, C. 2007. El proceso de toma de decisiones en la adopción de bancos de proteína de *Gliricidia sepium* por productores de doble propósito en Rivas, Nicaragua. *Pastos y Forrajes* 30(1):177–185.
- Lowry, J; Prinsen, J; Burrows, D. 1994. *Albizia lebbek*—a Promising Forage Tree for Semiarid Regions. In Gutteridge, R; Shelton, M. eds. *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. CAB International. Wallingford, UK. p. 75–83.
- Mahecha, L; Rosales, M; Duran, CV; Molina, CH; Molina, EJ; Uribe, F. 2005. Evaluación del forraje y los animales a través del año, en un silvopastoril conformado por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*, en el Valle del Cauca, Colombia. Consultado 1 de septiembre de 2006. Disponible en <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/SeminInd.htm>.
- Martínez, M; Tergas, L; Méndez, V. 1990. Producción de forraje y valor nutritivo de *Leucaena leucocephala* en la región semiárida del sur de Puerto Rico. *Pasturas Tropicales* 12:25–33.
- Pérez, E; Ku Vera, JC; Ramírez, L; Martínez, S. 2002. Suplementación con *Gliricidia sepium*: su efecto en la digestión ruminal y el comportamiento de los bovinos en pastoreo intensivo en la época de lluvias. *Pastos y Forrajes* 25(4):3–11.
- Pezo, D. 1982. El pasto base de la producción bovina. In *Aspectos nutricionales en los sistemas de producción bovina*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 87–109. (Serie materiales de enseñanza No. 7).
- Pezo, D; Cruz, J; Cardona, J; Piniero, M. 2007. Las Escuelas de Campo de Ganaderos como estrategia para promover la rehabilitación y diversificación de fincas con pasturas degradadas: algunas experiencias en América Central. CATIE, Proyecto CATIE/NORUEGA, Petén, Guatemala. In II Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. IV Foro de Pastos y Forrajes. Trabajo PF-01. La Habana, 26–29 Noviembre. ICA. 13 p.
- Porter, J; Parry, M; Carter, T. 1991. The Potential Effects of Climatic Change on Agricultural Insect Pests. *Agricultural and Forestry Meteorology*. 57:221–240.
- Restrepo, C; Ibrahim, M; Harvey, C; Harmand, M; Morales, J. 2004. Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en trópico seco en Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* (41–42):29–36.

- Reynolds, SG. 1995. Pastures–Cattle–Coconut Systems. FAO. Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA). Bangkok, TH. 668 p.
- Ríos, N; Cárdenas, A; Andradre, H; Ibrahim, M; Jiménez, F; Sancho, F; Ramírez, E; Reyes, B y Woo, A. 2007. Estimación de la escorrentía superficial e infiltración en sistemas de ganadería convencional y en sistemas silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 45:66–71.
- Romero, F; Montenegro, J; Chana, C; Pezo, D; Borel, R. 1993. Cercas vivas y bancos de proteína de *Erythrina berteroana* manejados para la producción de biomasa comestible en el trópico húmedo de Costa Rica. *In* Westley, SB; Powell, MH. eds. *Erythrina in the New and Old Worlds*. NFTA, Paia, Hawaii, EE.UU. p. 205–210.
- Ruiz, F; Gómez, R; Harvey, C. 2005. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de Matiguás, Nicaragua. Managua, Nicaragua, TROPITECNICA –NITLAPAN. 40 p.
- Sáenz, JC; Villatoro, F; Ibrahim, M; Fajardo, D; Pérez, M. 2007. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas* 45:37–48.
- Sánchez, LJ. 2007. Caracterización de la mano de obra en fincas ganaderas y rentabilidad de bancos forrajeros en Esparza, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 97 p.
- Sandoval, I. 2006. Producción de hojarasca y reciclaje de nutrientes de dos especies y dos gramíneas en pasturas de Muy Muy Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 160 p.
- Sepúlveda, C; Marín, Y; Ibrahim, M. 2008. Adaptación al cambio climático y percepción de ganaderos en Costa Rica y Nicaragua. REVIBEC. En prensa.
- Sepúlveda, C. 2008. Percepción de los productores ganaderos sobre el cambio climático en Costa Rica y Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Sin publicar.
- Simón, L; Hernández, M; Reyes, F; Sánchez, S. 2005. Efecto de las leguminosas arbóreas en el suelo y en la productividad de los cultivos acompañantes. *Pastos y Forrajes* 28:29–45.
- Souza de Abreu, MH. 2002. Contribution of Trees to the Control of Heat Stress in Dairy Cows and the Financial Viability of Livestock Farms in the Humid Tropics. Ph.D. Thesis. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 166 p.

- Szott, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The Hamburger Connection Hangover: Cattle Pasture Land Degradation and Alternative Land Use in Central America. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 71 p. (Serie Técnica. Informe técnico No. 313).
- Turcios, H. 2008. Evaluación del proceso de toma de decisiones para adopción de bancos de proteína de leucaena (*Leucaena leucocephala*) y su efecto como suplemento nutricional para vacas lactantes en sistemas doble propósito en el Chal, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 125 p.
- Urbano, D; Dávila, C; Moreno, P. 2004. Mataratón, un árbol de gran potencial en el occidente del país. INIA; DIVULGA, Venezuela) 1:6–10.
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Harvey, C; Sinclair, F; Gómez, R; López, M; Esquivel, H. 2004. Tree Resources on Pastureland in Cattle Production Systems in the Dry Pacific Region of Costa Rica and Nicaragua. *In* Mannetje, L; Ramírez, L; Ibrahim M; Sandoval C; Ojeda N; Ku J. eds. The Importance of Silvopastoral Systems for Providing Ecosystems Services and Rural livelihoods. Mérida, México. p. 183–188.
- Villanueva, C; Tobar, D; Ibrahim, M; Casasola, F; Barrantes, J; Arguedas, R. 2007. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas del pacífico central de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* (45):12–20.
- Wassenaar, T; Gerber, P; Verburg, PH; Rosales, M; Ibrahim, M; Steinfeld, H. 2007. Projecting Land Use Changes in the Neotropics: The Geography of Pasture Expansion into Forest. *Global Environmental Change* 17:86–104.
- Watson, R; Zinyowera, M; Moss, R; Dokken, D. 1997. The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. Summary for Policymakers. Report of IPCC Working group II. 16 p.
- Wilson, J; Ludlow, M. 1991. The Environment and Potential Growth of Herbage under Plantations. *In* Shelton, HM; Stür, WW. eds. Forages for Plantations Crops. ACIAR Proceedings No. 32. Canberra, Australia, ACIAR. p. 10–24.
- Young, A. 1997. *Agroforestry Systems for Soil Management*. 2nd. ed. CAB International, New York, USA. 320 p.
- Zárate, S. 1987. *Leucaena leucocephala* (Lam.). *Phytologia* 63(4):304–306.

Capítulo 7

Experiencias del uso de especies leguminosas como cobertura para la producción sostenible de maíz

René Pinto Ruiz, Ricardo Quiroga Madrigal, Francisco J. Medina,
Francisco Guevara Hernández, Heriberto Gómez Castro

Resumen

El maíz tiene gran importancia económica y relevancia social como cultivo en el estado de Chiapas, México, y en gran parte de Centroamérica, ya que históricamente su producción ha sido altamente demandada para el consumo de la población y en algunos casos para el uso animal. Sin embargo, las técnicas de producción de este cultivo son actualmente muy agresivas con el ambiente—sobre todo en las áreas de laderas donde se presenta una degradación del suelo acelerada. Esta situación problemática demanda el uso de tecnologías alternativas que consideren un buen manejo del suelo y la conservación de otros recursos naturales, como la vegetación natural y secundaria, y que mejoren la rentabilidad económica del cultivo. En este sentido, está ampliamente documentado que la asociación maíz–leguminosas como abonos verdes y cultivos de cobertura poseen grandes ventajas en comparación con el monocultivo, ya que éstas contribuyen con interacciones positivas al sistema de producción en su totalidad. Algunas de las ventajas de dichas asociaciones son la obtención de mayores rendimientos que el monocultivo; la posibilidad de un mejor control de arvenses, plagas y enfermedades; la mejor utilización de los recursos del ambiente (por ejemplo, agua, nutrimentos, luz) y una reducción del riesgo productivo. Además tiene implicaciones significativas en la conservación de los recursos naturales no sólo dentro del agroecosistema, sino también a nivel de paisaje. Todos estos aspectos representan indicadores de que los sistemas maíz–leguminosas contribuyen positivamente en la adaptación al cambio climático mundial.

Palabras claves: interacción, abonos verdes, cultivos de cobertura, cambio climático, asociación

Abstract

Maize is an important crop in Chiapas, Mexico, and the Central American region due to its economic and social relevance. Historically, it has been in high demand as a basic grain and also as food for animals. Nevertheless maize production techniques today are environmentally aggressive, especially on hillsides where soil erosion is highly accelerated. This situation requires alternative technologies, especially environmentally friendly techniques that offer better soil management; conservation of other natural resources, such as natural or secondary vegetation; and improvement in profitability of the crop. In this sense, intercropping seems to have a key answer, particularly the association of maize-legumes as cover crops or green manures. It is widely documented that maize intercropped represents a comparative advantage over monoculture because legumes contribute positive interactions to the overall production system. Other benefits are yield improvement, weed control, depletion of pest and disease populations, optimization of water, nutrients and radiation and reduction in production risks. Moreover maize-legume intercropping has implications for natural resources conservation at both agroecosystem and natural landscape levels. The conjunction of these aspects represents clear indicators that intercropping of maize and legumes contributes positively to adaptation to global climate change.

Key words: interaction, legumes, green manures, cover crops, climate change, association.



Foto: Claudia Sepúlveda

7.1 Introducción

La agricultura de ladera, dirigida principalmente a la producción de maíz y frijol, se practica en la actualidad en muchas regiones del sur y sureste de México y en Centroamérica en terrenos con pendientes pronunciadas y manejados bajo el esquema de la roza-tumba-quema o, en otros casos, como milpa permanente.

Bajo esas condiciones, dicho sistema de producción es un reto debido a la susceptibilidad del suelo a la erosión, lo que trae consigo la pérdida de su fertilidad, producción insuficiente de granos básicos e ingresos familiares insuficientes en la gran mayoría de sus pobladores, por lo que muchos piensan que estas áreas nunca deben ser cultivadas. Sin embargo, los grupos—en su mayoría indígenas—que habitan en esas regiones no tienen otra opción más que continuar los cultivos para enfrentar la alta demanda de alimentos, resultado del incremento y presión demográfica.

Por otro lado, aunque parezca paradójico, en las regiones donde se practica la agricultura de ladera es donde se concentra el mayor número de ríos y volúmenes de agua, mayor riqueza de biodiversidad y mayor superficie de bosques,

que regulan el ciclo hidrológico y capturan el dióxido de carbono (CO₂), atenuando así el efecto del cambio climático global.

Estas características hacen necesario el uso de tecnologías alternativas que consideren la conservación del suelo y otros recursos naturales, además de mejorar la rentabilidad económica del cultivo. En ese sentido, los policultivos tienen grandes ventajas en comparación con los monocultivos; el uso de leguminosas especialmente puede contribuir con interacciones sinérgicas positivas al sistema. Algunas de las ventajas que se han atribuido a los policultivos incluyen: la obtención de mayores rendimientos que los monocultivos; la posibilidad de un mejor control de arvenses, plagas y enfermedades; la mejor utilización de recursos del sitio (agua, nutrientes, luz); incremento de la diversidad del paisaje y reducción del riesgo (Beets 1982, Vandermeer y Schultz 1990).

En los contornos de laderas se han desarrollado sistemas de labranza cero, roza y tumba acompañados del uso de leguminosas de cobertura o abonos verdes; ejemplos de ellos son el frijol terciopelo (*Mucuna deeringiana*), maíz (*Zea mays* L.) y canavalia (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), con el fin de intensificar la productividad y la sostenibilidad. En estos casos, las leguminosas son utilizadas como mantillo en el suelo con grandes beneficios, ya que el nitrógeno captado por la leguminosa en el aire y liberado mediante la descomposición incrementa considerablemente los rendimientos de los cultivos, como por ejemplo el maíz (IRRI 1988, Lathwell 1990, Giller y Wilson 1993, Hargrove 1991, Sarrantonio 1991, Smyth et al. 1991). Para los agricultores que carecen de dinero en efectivo y deben producir cultivos como fuente de alimento haciendo un bajo uso de insumos externos, tal como fertilizantes y herbicidas comerciales, estas prácticas ofrecen una solución de bajo costo y una alternativa ambientalmente sana a las restricciones fundamentales de la producción. Esto incrementa la producción y conservación de la base de los recursos, una combinación poco frecuente en los contornos de laderas.

En este capítulo se tratarán las ventajas que el uso de leguminosas de cobertura o abonos verdes ofrecen al sistema de producción de maíz, los efectos sobre el suelo y rentabilidad, así como algunas enseñanzas de experiencias que se consideran importantes para mejorar el sistema. También se analizarán la percepción de los productores para la adopción e implementación de acciones frente a la adaptación a los efectos del cambio climático y se conocerán productos de la agricultura intensiva actualmente desarrollada en el mundo.

7.2 Impacto del uso de abonos verdes y cultivos de cobertura en la productividad de maíz

De acuerdo a diversos estudios realizados en el sur de México—específicamente en el estado de Chiapas, cuyas características geográficas y climáticas son muy similares a las de los países centroamericanos—el rendimiento del grano de *Z. mays* (cuadro 7.1) asociado con *C. Ensiformis* y comparado con el maíz (*Z. mays* monocultivo) se incrementa a partir del segundo año de asociación (Quiroga et al. 2006).

Cuadro 7.1. Rendimiento de grano de *Zea mays* L. durante nueve años consecutivos en sistemas de monocultivo o asociado con *Canavalia ensiformis* L. en Chiapas, México

Año	Año consecutivo	Genotipo	Maíz monocultivo (t ha ⁻¹)	Maíz con canavalia (t ha ⁻¹)	Significancia estadística	Incremento (%)
1995	1	V-534	3,46	3,32	N.S.	-4
1996	2	V-424	2,38	3,15	**	+32
1997 ¹	3	V-534	2,78	3,11	**	+12
1999	5	V-526	2,44	3,10	**	+27
2000	6	V-526	2,76	3,37	***	+22
2001	7	V-526	2,01	3,11	***	+55
2002	8	V-526	2,78	3,84	***	+38
2003	9	H-3.031	5,88	6,28	*	+7

Diseño factorial en parcelas divididas con seis repeticiones

N.S.: No significativo; *(P≤0.05); **(P≤0.01); ***(P≤0.001)

¹ En 1998 se aplicaron los mismos tratamientos, pero se perdieron los datos

Fuente: Quiroga et al. (2006)

Analizando otros trabajos, se encuentra que la biomasa final de rastrojo que produce el sistema *Z. mays*- *C. ensiformis* es superior en cantidad y calidad a la biomasa del *Z. mays* monocultivo (cuadro 7.2), obteniéndose después de tres

años consecutivos 12% más de rendimiento de grano de *Z. mays*, 23% más del total de proteína en el follaje de *Z. mays* por hectárea, 25% más del total de proteína en el grano de *Z. mays* por hectárea, 66% más del total de rastrojo seco por hectárea y 120% más del total de proteína del rastrojo para forraje por hectárea.

Es importante mencionar que el destino final del rastrojo de leguminosa y *Z. mays* puede ser utilizado como alimento para el ganado (rastroteo), incorporado al suelo o dejarlo en el terreno como colchón orgánico (mulch) para devolverle sus nutrientes. La práctica de pastoreo restringido permite un mejor aprovechamiento del recurso biológico y del suelo.

Cuadro 7.2. Rendimiento, contenido de proteína y biomasa total para forraje en el tercer año del sistema maíz monocultivo y en la asociación maíz (*Zea mays* L.)-canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) en Chiapas, México

Variable	Maíz ¹ monocultivo	Maíz ¹ con canavalia	Incremento (%)
Rendimiento de grano de maíz (t ha ⁻¹)	2,78	3,11	12
Contenido de proteína en hoja de maíz (%)	13	15	15
Total de proteína en follaje de maíz (kg ha ⁻¹)	650	800	23
Contenido de proteína en grano de maíz (%)	8,5	9,5	12
Total de proteína en grano de maíz (kg ha ⁻¹)	240	300	25
Cantidad de rastrojo (t ha ⁻¹ forraje seco)			
Maíz	4,7	5,3	13
Carnavila	--	2,5	--
Total	4,7	7,8	66
Proteína total del rastrojo para forraje (kg ha ⁻¹)	923,68	1.430,21	166

¹ Maíz V-534 (INIFAP); diseño factorial en parcelas divididas con seis repeticiones
Fuente: Quiroga et al. (2006)

7.3 Beneficios de los cultivos de cobertura sobre el suelo

El uso de leguminosas de cobertura o abonos verdes asociados a cultivos anuales como es el *Z. mays* aporta interesantes beneficios al suelo. Uno de ellos está relacionado a la capacidad fijadora de nitrógeno atmosférico que algunas especies poseen.

La *C. ensiformis* es una excelente fuente de nitrógeno biológico para las plantas de interés agrícola al ser incorporada al suelo en forma de abono verde. Esto se debe a que posee la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en asociación simbiótica con las bacterias del género *Bradyrhizobium*, siendo una alternativa que sustituye parcialmente el uso de fertilizantes químicos, los cuales tienen un elevado costo económico y energético. La *C. ensiformis* aporta nitrógeno al suelo y cultivos acompañantes a través de la liberación directa de nitrógeno amoniacal, senescencia de nódulos y descomposición de la planta al finalizar su ciclo de vida (Quiroga 2000).

Los beneficios de este aporte de nitrógeno biológico se observan claramente a partir del segundo año de sembrar la leguminosa, ya que es una relación que se desarrolla lentamente entre la planta y las bacterias, especialmente en terrenos donde nunca se han sembrado leguminosas. Las leguminosas y en particular la *C. ensiformis* tienen gran importancia en la economía del nitrógeno (N) del suelo, ya que la mineralización de sus residuos constituye un aporte considerable de nitrógeno fácilmente disponible (Giller y Wilson 1993). Esta contribución de las leguminosas a la mineralización del N del suelo tiene un gran impacto en programas de conservación de suelos, ya que uno de los argumentos de los agricultores para quemar los residuos de cosecha de *Z. mays* es la inmovilización de N, debido al alto contenido de fibra (celulosa, lignina, carbono). Por ello, las leguminosas mejoran la relación carbono/nitrógeno (C/N) del suelo y balancean mejor la disponibilidad del nitrógeno al *Z. mays* (Mandimba 1995).

La cantidad de nitrógeno atmosférico fijado por el sistema *Canavalia-Bradyrhizobium* (cuadro 7.3) bajo las condiciones de cultivo asociado con *Z. mays* en Chiapas, México, oscilan de 70 a 91 kg ha⁻¹ sin aplicación de fertilizantes (Quiroga 2000).

Cuadro 7.3. Nitrógeno atmosférico fijado por el sistema canavalia, *Canavalia ensiformis* L.-*Bradyrhizobium* asociado con maíz (*Zea mays* L.) en Chiapas, México, bajo seis niveles de fertilización nitrogenada

Nivel de fertilizante nitrogenado (kg ha ⁻¹)	Promedio 1995–1997			1997		
	Concentración de N en canavalia (kg ha ⁻¹)	N ₂ fijado ¹ (kg ha ⁻¹)	N ₂ fijado ² (mg planta ⁻¹)	Concentración de N en canavalia (kg ha ⁻¹)	Concentración de N en maíz (kg ha ⁻¹)	N ₂ fijado ³ (kg ha ⁻¹)
00	110	70	1.959	131	40	91
30	91	57	1.595	ND	ND	ND
60	84	53	1.483	88	80	8
90	103	65	1.819	108	135	-27
120	98	62	1.735	ND	ND	ND
150	82	52	1.455	80	160	-80

ND: No determinado

¹ Se asume que 63% de la concentración de N en canavalia es N₂ fijado a partir de la atmósfera (Becker y Johnson 1998)

² La densidad media de población de canavalia es de 35.737 plantas ha⁻¹, a 98 días después de la siembra, en etapa de floración

³ Calculado con el método de la diferencia (Marín y Viera 1990), sin considerar la asignación de N a las semillas; números negativos se deben considerar como sustitución del N₂ fijado por el fertilizante

Fuente: Quiroga et al. (2006)

Otra ventaja de la aplicación de estos cultivos al suelo es su papel como cobertura y abono verde. Las cantidades de abono que produce la *C. ensiformis* varían desde 14 t ha⁻¹ (Jimeno-Rodríguez 2001) hasta 45 t ha⁻¹ (Quiroga-Madrigal 1994) de materia verde y de 2,2 t ha⁻¹ (Jimeno-Rodríguez 2001) a 2,9 t ha⁻¹ de materia seca (Quiroga-Madrigal 1994), dependiendo de las condiciones del suelo, clima y si es sembrada como monocultivo o asociada con *Z. mays*. Esta leguminosa cubre el 100% del terreno entre 40 a 60 días. Se puede incorporar al suelo durante la floración, que es el período de máxima fijación biológica de nitrógeno, o bien posterior a la cosecha de las vainas maduras. La *C. ensiformis* tiene alta resistencia a la estación seca y puede sobrevivir seis meses sin lluvia y rebrotar en un segundo ciclo (comportarse

como bianual), aunque disminuye la cantidad de follaje y flor por lo que es mejor usarla como cultivo anual.

Tanto la *C. ensiformis* como la *M. deeringiana* son resistentes al sombreado de otros cultivos (planta tipo C3) y fuertemente alelopáticas a ciertas malezas, por lo que son usadas como ahogadoras de malezas en cultivos asociados. Los efectos de cobertura de ambas las hacen ideales para programas de control de erosión y conservación de suelos. Disminuyen el impacto de las gotas de agua de lluvia; los residuos evitan el arrastre del suelo y conservan la humedad, mejorando la retención; y la materia orgánica adicionada mejora la infiltración del agua. La *C. ensiformis* y *M. deeringiana* pueden ser usadas para el control de maleza por su denso follaje y no generan costo de transporte pues se cultivan en el mismo terreno, es decir es un fertilizante hecho en el sitio, utilizando la energía y el recurso natural disponible (CIDICCO 1993).

Como parte del reciclaje de nutrientes que sucede en el suelo, las raíces de las leguminosas (*C. ensiformis* y *M. deeringiana*) tienen espacios de exploración distintos a las raíces del *Z. mays*, por ejemplo la raíz de la *C. ensiformis* es pivotante y muy ramificada con un radio de ramificación de hasta 1,5 m, mientras que el maíz posee raíz fibrosa con menor alcance de exploración radial. Se ha sugerido que la canavalia jala nutrientes esenciales como P, K, Zn, Ca y Mg desde lugares donde la raíz del *Z. mays* no podría alcanzar y los incorpora en la capa superficial del suelo, haciéndolos más accesibles a las raíces del maíz (Quiroga 2000). En síntesis, debido a su sistema radical, la *C. ensiformis* trae a las capas superficiales del suelo ciertos nutrientes esenciales que serían perdidos por lixiviación, funcionando también como agente mineralizador de los nutrientes de poca disponibilidad (N, P y Mo), tornándose así más disponibles a los cultivos subsecuentes (Monegat 1991).

7.4 Análisis de la rentabilidad del sistema

Al comparar los análisis económicos (relación beneficio–costo) de los sistemas donde se utilizan cultivos de cobertura o abonos verdes, se aprecia que el sistema de asociación gramínea–leguminosas, en este caso *Z. mays*–*C. ensiformis*, es más rentable que el maíz monocultivo, debido al ahorro de fertilizantes, herbicidas y por sus usos forrajeros. La ganancia económica del sistema de

asociación se debe principalmente al empleo de bajas dosis de fertilizante químico (al sustituirse por la actividad simbiótica con la bacteria *Bradyrhizobium*), así como por la abundante producción de forraje de buena calidad, la venta de semilla de *C. ensiformis* y por la disminución en los gastos de control de maleza (D'Gómez-Nuricumbo 2004), además del mejoramiento de las condiciones físicas del suelo.

En el cuadro 7.4 se presentan los costos de producción por hectárea del sistema *Z. mays*–*C. ensiformis* en el sur de México con precios basados en 2004, considerando a US\$6 kg⁻¹ el costo de la semilla de *C. ensiformis* y US\$4 costo de empacado de una paca. Después de 10 años de investigación se considera que la dosis de fertilización nitrogenada de 60 a 90 kg de N ha⁻¹ es el rango de umbral de fertilización económica adecuado cuando se siembra maíz asociado con canavalia.

Es importante señalar que las evidencias indican que la tendencia de la relación beneficio–costo favorece al sistema *Z. mays*–*C. ensiformis* desde el segundo o tercer año de siembra continua. Si se juzga que las dosis de fertilización regional oscilan desde 120 hasta 240 kg N ha⁻¹, el ahorro económico en fertilizante nitrogenado es considerable del orden del 20% al 60% por dicho concepto (D'Gómez-Nuricumbo 2004, García-Mateos et al. 2005).

En el cuadro 7.5 se presentan los costos y la relación beneficio–costo en el sistema *Z. mays*–*C. ensiformis* en el año 2004 en Chiapas, considerando como beneficio único el grano de *Z. mays* (1,5 kg⁻¹) o el grano de *Z. mays* y la semilla de *C. ensiformis* (1,60 kg⁻¹) o el grano de *Z. mays*, la semilla de *C. ensiformis* y el forraje (1,71 kg⁻¹), indicando la oportunidad de mercado de la semilla de *C. ensiformis* y el aprovechamiento forrajero del follaje y vainas tiernas. Los beneficios considerados para el efecto fueron US\$1.650 t⁻¹ de grano de *Z. mays* (5,2 t ha⁻¹), US\$6 kg⁻¹ de semilla de *C. ensiformis* (200 kg ha⁻¹) y US\$8/paca de forraje (587 pacas ha⁻¹) (cuadro 7.3).

En el cuadro 7.6 se observa la relación beneficio–costo en el noveno año consecutivo, en ambos sistemas de cultivo bajo seis niveles de fertilizante nitrogenado convencional (desde 0 a 150 kg de N ha⁻¹), considerando como beneficio solamente el grano de maíz o combinaciones con el usufructo de la semilla de *C. ensiformis* y el forraje de ambas especies.

Cuadro 7.4. Costo de producción por hectárea en el sistema de producción maíz (*Zea mays* L.)–canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) en Chiapas, México.

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio unitario (\$*)	Total (\$* ha ⁻¹)
Preparación del terreno				500
Rastreo	Rastreo	2	250	500
Siembra de maíz				715
Semilla (V- 538C)	kg	20	17,5	350
Tratamiento de semilla (thiodicarb)	Litro	0,5	130	65
Siembra (mecanizada)	ha	1	300	300
Fertilización**				1.729
Dosis 90-75-90	Tratamiento	1	1.529	1.529
Aplicación de fertilizante	Jornal	4	50	200
Control de maleza				846
Atrazina + S-metolaclor	Litro	4	109	436
Paraquat + diurón	Litro	1,5	73	110
Aplicación de herbicidas	Jornal	6	50	300
Control de plagas				404
<i>Lambda cyhalotrina</i>	Litro	0,5	308	154
Aplicación de insecticidas	Jornal	5	50	250
Siembra de canavalia				360
Semilla de canavalia	kg	35	6	210
Siembra	Jornal	3	50	150
Cosecha de maíz (5,2 t ha⁻¹)				1.215
Pizca	Jornal	10	50	500
Desgrane	Sacos	65	7	455
Acarreo	Sacos	65	4	260
Cosecha de canavalia (200 kg ha⁻¹)				350
Jornales	Jornal	7	50	350
Cosecha de forraje maíz–canavalia				2.348
Empacado y acarreo de pacas	Pacas	587	4	2.348
Total				8.467

* Pesos mexicanos

** Por segunda vez después de muchos años se aplicó potasio como fertilizante. Posteriormente la dosis se puede estabilizar a 80-60-60, con un costo de \$1.500. Cotización del dólar en 2004: 11,23 pesos mexicanos.

Fuente: Quiroga et al. (2006)

Cuadro 7.5. Costo de producción por hectárea, beneficio y relación beneficio/costo, en el sistema maíz (*Zea mays* L.)–canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) considerando sólo la cosecha del grano de maíz; o del grano de maíz y la semilla de canavalia; o del grano de maíz, la semilla de canavalia y el forraje empacado, en Chiapas, México

Actividad*	Costos (\$**/ha ⁻¹) considerando:		
	Sólo el grano de maíz	Maíz y semilla de canavalia	Maíz, canavalia y forraje
Rastra	500	500	500
Semilla de maíz (V-538C)	350	350	350
Tratamiento de semilla	65	65	65
Siembra mecanizada	300	300	300
Fertilización*** (90-75-90)	1.729	1.729	1.729
Control de maleza	846	846	846
Control de plagas	404	404	404
Semilla de canavalia (\$ 6/kg)	210	210	210
Siembra de canavalia	50	150	150
CM (5,2 t/ha) (\$ 1.650/t)	1.215	1.215	1.215
CC (200 kg/ha) (\$ 6/kg)	0	350	350
FORR (587 pacas) (\$ 8 c/u)	0	0	2.348
Costo total	5.769	6.119	8.467
Beneficio total	8.580	9.780	14.476
Beneficio/costo	1,49	1,60	1,71

* CM: Cosecha de maíz

CC: Cosecha de canavalia

FORR: Empacado de forraje (\$ 4/paca empacada)

** Pesos mexicanos

*** Nota: Por segunda vez después de muchos años se aplicó potasio como fertilizante.

Posteriormente la dosis se puede estabilizar a 80-60-60 con un costo de \$1.500,00.

Cotización del dólar en 2004: 11,23 pesos mexicanos.

Fuente: Quiroga et al. (2006)

Cuadro 7.6. Tres tipos de beneficio/costo grano de maíz (*Zea mays* L.), semilla de canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) y forraje, en el noveno año consecutivo bajo los sistemas maíz-monocultivo y maíz-canavalia, bajo seis niveles de fertilización nitrogenada en Chiapas, México

Variable	Maíz monocultivo						Maíz con canavalia					
	00	30	60	90	120	150	00	30	60	90	120	150
N												
M	1,33	1,65	1,54	1,66	1,73	1,57	1,65	1,66	1,66	1,63	1,48	1,44
MF	1,45	1,73	1,64	1,74	1,79	1,67	--	--	--	--	--	--
MC	--	--	--	--	--	--	1,72	1,66	1,66	1,62	1,49	1,47
MCF	--	--	--	--	--	--	1,80	1,75	1,76	1,72	1,48	1,60

N: Nivel de nitrógeno de 0 a 150 kg/ha

M: Beneficio sólo grano de maíz

MF: Beneficio considerando grano y forraje de maíz

MC: Beneficio considerando grano de maíz y semilla de canavalia

MCF: Beneficio de grano de maíz, semilla de canavalia, forraje de canavalia y de maíz

En todos los casos se presenta la relación beneficio/costo. Los niveles de P y K fueron constantes de 90 kg/ha. Diseño factorial en parcelas divididas con seis repeticiones.

Cotización del dólar en 2004: 11,23 pesos mexicanos

Fuente: Quiroga et al. (2006)

Por otro lado, los datos cuantitativos y cualitativos sobre el comportamiento agronómico y económico del sistema *M. deeringiana*–*Z. Mays* indican que la productividad sigue una tendencia no negativa en un período de 20 años, lo cual constituye una medida razonable de la sostenibilidad de este sistema de cultivo. Sin embargo, las condiciones que permiten a los agricultores adaptar la *M. deeringiana* a los entornos de laderas están expuestas a la influencia de fuerzas externas al sistema de cultivo. Por ejemplo, la rentabilidad del sistema de la *M. deeringiana* está sujeta a las fluctuaciones de los precios del *Zea mays* en los mercados nacionales e internacionales. Además, la expansión de la cría de ganado ha inducido cambios en los patrones de uso de la tierra y en la tenencia de la tierra que son incompatibles con el empleo a largo plazo del sistema *M. deeringiana*–*Z. Mays*.

El análisis de los factores que influyen en la adopción indica que las decisiones de los agricultores relacionadas a la tecnología agrícola se vinculan con los objetivos de la seguridad alimentaria y el sustento de la familia más que con el objetivo de la sostenibilidad de un solo componente de su sistema de cultivo. En definitiva, esas decisiones están restringidas por la limitada capacidad de

los pequeños agricultores de invertir en el desarrollo sustentable (Buckles et al. 1999).

7.5 Algunas pautas para mejorar el sistema

De acuerdo a lo aprendido y relacionado con siembras de cobertura a partir de experiencias de agricultores en el sureste de México, algunas pautas que deberán de considerarse para mejorar el sistema se discuten a continuación.

- **Identificar los ambientes naturales propicios donde se practican.** Se cree que en el trópico húmedo es donde se esperan las mayores oportunidades de realizar siembras de cobertura por los agricultores, debido al crecimiento rápido de las plantas, a que existen muchas especies de coberturas adaptadas y a que no existe mucha competencia de la ganadería, ya que hay suficientes recursos forrajeros.
- **Considerar las prácticas agrícolas que se pretenden cambiar.** Existen algunas prácticas tradicionales en las que se siembran coberturas, tal como es el caso de los acahuales (áreas de vegetación secundaria); sin embargo, existen otras que son necesarias cambiar debido a sus consecuencias negativas y estas involucran la roza y quema de acahuales, el uso de fertilizantes y herbicidas y la quema de rastrojos en tierras donde se cultiva año con año.
- **Considerar el origen del conocimiento de las siembras de cobertura.** Estas pueden ser de origen campesino que representa la mayoría de los casos de las experiencias registradas y las de origen técnico con propuestas que se experimentan y luego se difunden entre los agricultores.
- **Considerar detalles en el manejo de coberturas.** El uso de coberturas no se limita a sembrar, cortarla y dejarla en el suelo para luego sembrar el cultivo de interés, es necesario lograr un conjunto de prácticas específicas relacionadas al manejo de las coberturas que permiten una adaptación local. En muchos casos el agricultor no logra el máximo aprovechamiento de las coberturas, pero sí la mejor conveniencia de su utilización de acuerdo con las condiciones ambientales y con sus recursos disponibles.

Aún faltan acciones de investigación y experimentación, como es el caso del control del picudo (*Apion disparatum*) de la canavalia, usos diversos de cultivos de cobertura en la alimentación animal, asociación de otras leguminosas, posibles usos o aplicaciones de la canavalia en la alimentación humana y finalmente aplicaciones industriales y farmacéuticas: enzimas, lectinas y otros

principios activos para procurar un valor agregado a la semilla (Narváez y Martínez 2004, Pinto 2004 y Quiroga et al. 2006).

7.6 Percepción de los productores acerca del sistema

Desde que se inició el uso de cultivos de cobertura en el sureste de México, alrededor del año de 1990, la difusión de las aplicaciones de éstas como especies mejoradoras de suelos y forrajera ha desarrollado una fluctuación del precio de las semillas, el cual ha sido muy variable, desde US\$0,14 hasta US\$2,6 kg⁻¹, con una tendencia hacia US\$0,45 kg⁻¹ (García-Mateos et al. 2005).

Sin embargo, la experiencia muestra que estas tecnologías en general no son atractivas para los pequeños productores que poseen menos de cinco hectáreas y que están distribuidos en varios predios, como ocurre en las regiones Cuicateca, Mazateca y Mixe, del estado de Oaxaca, México. Por lo tanto, la adopción de dichas tecnologías es efímera, no obstante su efectividad para controlar la erosión hídrica del suelo. La falta de interés por parte del pequeño productor se debe a que estas tecnologías implican una disminución de la tierra de labor y a su baja capacidad para incrementar de manera sustentable el ingreso neto a corto y mediano plazo.

Otro tipo de respuesta encontrada que más influye en el bajo grado de adopción de tecnologías basadas en el uso de cultivos de cobertura es el mercado inseguro de la semilla y de sus subproductos, el mayor uso de mano de obra en su cultivo, el desconocimiento de sus usos forrajeros y alimenticios y, para el caso de la canavalia, la presencia del picudo (*Apion disparatum*), el cual es una plaga que ocasiona elevadas pérdidas en el rendimiento de semilla (García-Mateos et al. 2005).

7.7 Contribución del sistema a la adaptación al cambio climático

Las tecnologías maíz–cultivos de cobertura son alternativas que complementan otras prácticas de conservación de suelos y saneamiento del ambiente como las no quemadas, curvas de nivel, cercas o barreras vivas, labranza cero y sistemas agroforestales. Todas estas buenas prácticas que contribuyen al mejoramiento

y conservación del suelo, recursos hídricos y en general del entorno deben ser privilegiadas en los programas de extensión y planes de fincas. Además, estas prácticas son generadoras de servicios ambientales proporcionados tales como la captura de carbono, diversidad, entre otros.

Estos beneficios impactan directa y positivamente en sectores públicos debido a que contribuyen a afrontar problemas como la acumulación de sedimentos y su dragado en presas hidroeléctricas; la falta de agua potable por los elevados gastos en la floculación de sedimentos coloidales del agua; la amenaza de la salud pública por la cantidad de nitratos y nitritos en el agua de consumo; y el impacto en la destrucción de la capa de ozono por los óxidos de nitrógeno, derivados del uso de fertilizantes en la agricultura.

La aplicación de prácticas adecuadas de manejo podría incrementar los depósitos de carbono, mejorar en la calidad y cantidad de agua y aumentar la eficiencia energética.

7.8 Referencias bibliográficas

- Becker, M; Johnson, DE. 1998. Legumes as Dry Season Fallow in Upland Rice-Based Systems of West Africa. *Biol. Fertil. Soils*. 27:358–367.
- Beets, WC. 1982. *Multiple Cropping and Tropical Farming Systems*. Westview Press. Boulder Colorado, USA.
- Buckles, D; Triomphe, B; Sain, G. 1999. Los cultivos de cobertera en la agricultura de laderas. *Innovación de los agricultores con Mucuna*. IDRC/CIMMYT/CATIE. 230 p.
- Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura (CIDICCO). 1993. *Difusión y extensión de información sobre cultivos de cobertera*. Agroecología y desarrollo. Tegucigalpa, Honduras. 10 p.
- D’Gómez-Nuricumbo, LA. 2004. *Evaluación del sistema de producción maíz (Zea mays L.)-canavalia (Canavalia ensiformis [L.] DC.)*, octavo año, en Villaflores, Chiapas. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas, México.
- García-Mateos, S; Rincón-González, FM; Ruiz-Reyes, FE. 2005. *Ventajas agroecológicas del sistema maíz (Zea mays L.)-canavalia (Canavalia ensiformis [L.] DC.) y su adopción en la Frailesca, Chiapas*.

- Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas, México. 80 p.
- Giller, KE; Wilson, KF. 1993. Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems. Commonwealth Agricultural Bureau (CAB) International. Wallingford, Oxon, United Kingdom. 313 p.
- Hargrove, WL. ed. 1991. Proceedings, Cover Crops for Clean Water: An International Conference, West Tennessee Experiment Station, 9–11 abr, Jackson, Tennessee, USA. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, United States. 198 pp.
- IRRI (International Rice Research Institute), ed. 1988. Green Manure in Rice Farming: Proceedings of a Symposium on Sustainable Agriculture. IRRI, Los Baños, Filipinas.
- Jimeno-Rodríguez, F. 2001. Fenología de leguminosas tropicales con potencial agropecuario en Villaflores, Chiapas. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas, México. 120 p.
- Lathwell, DJ. 1990. Legume Green Manures. Principles for Management Based on Recent Research. Soil Management Collaborative Research Support Program, Raleigh, North Carolina, USA. Tropsoils Bulletin 90–01. 30 pp.
- Mandimba, GR. 1995. Contribution of Nodulated Legumes on the Growth Of *Zea Mays* L. Under Various Cropping Systems. Symbiosis 19:213–222.
- Marín, CD; Viera, J. 1990. Crecimiento, nodulación y fijación de nitrógeno en plantas de *Canavalia ensiformis* (L.) DC., bajo diferentes dosis de fertilización con nitrógeno y frecuencias de riego. Agronomía Tropical. Maracay, Venezuela 40:103–124.
- Monegat, C. 1991. Plantas de cobertura del suelo, características y manejo en pequeñas propiedades. ed. Chapecó. Tegucigalpa, Honduras. p. 3–36.
- Narváez, G; Martínez, F. 2004. Aprendizaje de siembras de cobertera en México. En Fuentes, T; Vidriales, G. eds. Conociendo la agricultura de cobertura. Red de estudios para el desarrollo rural. Fundación Rockefeller y red de grupos de agricultura de cobertera. México. p. 97–106.
- Pinto, RR. 2004. Integración de los abonos verdes y cultivos de cobertera en la alimentación animal. En Fuentes, T; Vidriales, G. eds. Conociendo la agricultura de cobertera. Red de estudios para el desarrollo rural. Fundación Rockefeller y red de grupos de agricultura de cobertera. México. p. 29–40.
- Quiroga-Madrigal, RR. 1994. Uso de leguminosas para la recuperación de la estabilidad en agroecosistemas de la Frailesca, Chiapas. En Thurston,

- HD; Smith, M; Abawi, G; Kearl, S. eds. Tapado: los sistemas de siembra con cobertura. CATIE-CIIFAD, Cornell University, Ithaca, New York. p. 237–260.
- Quiroga, RR. 2000. Effects of Maize (*Zea Mays* L.) Cropping Systems and Tropical Legumes on Soil Chemical and Biochemical Properties and Suppressiveness to Soilborne Plant Pathogens. Ph.D. Dissertation. Auburn University, Alabama, USA. 146 p.
- Quiroga, R; Ponce, P; Pinto, R; Alonso, R; Velasco, ME; Zuart, JL; Camas, R; Soto, L; León, N. 2006. La asociación de cultivos maíz-canavalia: ventajas agroecológicas y económicas. Fundación Produce Chiapas A. C., México. 46 p.
- Sarrantonio, M. 1991. Methodologies for Screening Soil-Improving Legumes. Rodale Institute, Kutztown, Pennsylvania, USA.
- Smyth, TJ; Cravo, MS; Melgar, RJ. 1991. Nitrogen Supplied to Corn by Legumes in a Central Amazon Oxisol. *Tropical Agriculture*, Trinidad, 68: 366–372.
- Vandermeer, JH; Schultz, B. 1990. Variability, Stability and Risk in Intercropping: Some Theoretical Explorations. *In: Gliessman, SR.* ed. *Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*. Springer-Verlag, New York, USA. p. 205–229.

Parte 3

**Sistemas de Incentivos para la
Implementación de Buenas
Prácticas de Adaptación
al Cambio Climático en
Centroamérica**

Capítulo 8

Políticas públicas para la adaptación a la variabilidad del clima y al cambio climático

Carlos Pomareda

Resumen

Las decisiones de los actores privados en la agricultura son influenciadas por factores endógenos y exógenos. Entre los endógenos se tiene la capacidad del operador y su actitud hacia el riesgo, los recursos de la finca, las condiciones socioeconómicas de la familia, etc. Entre los factores exógenos se incluyen las condiciones de acceso, la existencia de agroindustrias en los alrededores, los oferentes de servicios, las condiciones de clima y el marco regulatorio definido por las políticas públicas. Estas últimas son requeridas para que se tomen las previsiones necesarias, se logre la adaptación y se obtengan medios para el resarcimiento de los efectos indeseables de las inestabilidades asociadas a la variabilidad del clima y al cambio climático. Hay que diferenciar los objetivos de las políticas a nivel local, nacional e internacional, destacando la importancia que en cada caso se hagan explícitas las responsabilidades institucionales. Las políticas a nivel local, en el ámbito de una cuenca o de un territorio son de responsabilidad de los gobiernos locales. Las medidas de política a nivel nacional emanan de varias instituciones. Las medidas de política de responsabilidad de los organismos internacionales requieren la concurrencia de todos los países para definir las y para acatarlas. Las políticas deben llevarse a la práctica a través de instrumentos específicos que fortalezcan la capacidad institucional.

Palabras claves: inestabilidad, instrumentos, factores, riesgo, recursos

Abstract

The decisions of private actors in agriculture are influenced by endogenous and exogenous factors. Among the endogenous factors are the capacity of the operator and his attitude toward risk, farm resources, socioeconomic conditions of the family, etc. Among exogenous factors are the accessibility conditions, existence of agroindustries in nearby areas, suppliers of services, climate conditions and the rules defined by public policies. The latter are required for farmers to take necessary precautions, to adapt to the scenario, and to acquire means to recover from undesirable effects associated with instability derived from climate variability and climate change. There is need to differentiate policy objectives at local, national and international levels, highlighting the importance that at each level there is explicit recognition of institutional responsibilities. At the local level, local governments are the responsible entities. At the national level, there are many institutions that share responsibilities, and at the international level, the international organizations require agreement of all countries to define and to comply with the policies. Policies must be placed in practice through specific policy instruments, and the institutional capacity must be strengthened.

Key words: instability, instruments, factors, risk, resources



Foto: Proyecto GEF/Silvopastoril CATIE

8.1 Introducción

Previo al inicio de este capítulo es deseable hacer dos observaciones. La primera es que las apreciaciones sobre la magnitud e implicaciones globales del cambio climático ya se han referido antes en el libro, y por lo tanto se obvian en este capítulo. La segunda es que aquí se hace referencia especialmente a aquellos aspectos que tienen implicaciones directas para las políticas—dado que ese es el tema central de este capítulo.

El cambio climático es un proceso que se viene dando desde hace muchos años y aunque ahora la sociedad, los gobiernos y las empresas lo refieren con más frecuencia, no todos lo han internalizado en sus planes y estrategias. En el área de la investigación y el debate internacional, es uno de los temas que actualmente ha captado más la atención.⁶

Aún cuando las implicaciones del cambio climático son universales, cobran relevancia particular para la agricultura y la alimentación, tanto a nivel local como en cada país y en el ámbito internacional. En el caso de la agricultura es

⁶ Google ofrece 700.000 referencias sobre el tema.

necesario hacer una diferenciación entre las implicaciones del cambio climático como proceso que se da en el largo plazo y la variabilidad climática en el corto plazo. Más adelante se ofrecen aclaraciones sobre estos conceptos.

Se reconoce que las decisiones de los actores privados en la agricultura son influenciadas por factores endógenos y exógenos. Entre los endógenos se tiene la capacidad del operador, los recursos de la finca, las condiciones socioeconómicas de la familia, etc., y entre los factores exógenos se incluyen las condiciones de acceso, la existencia de agroindustrias en los alrededores, los oferentes de servicios, el marco regulatorio definido por las políticas y, por último, las condiciones del clima.

Un tema que ha despertado creciente interés concierne a las políticas públicas necesarias para que en la agricultura se tomen las previsiones necesarias, se logre la adaptación y se obtengan medios para el resarcimiento de los efectos de las inestabilidades asociadas a la variabilidad del clima y al cambio climático⁷. Este capítulo se refiere a estos aspectos.

Otros aspectos presentados incluyen:

- La caracterización de los efectos que la inestabilidad climática tiene en la agricultura.
- La necesidad de hacer una separación de la planificación y decisiones bajo condiciones de riesgo e incertidumbre como las que conciernen a la toma de medidas preventivas, las relacionadas a la adaptación y las que conciernen al resarcimiento cuando todo lo anterior no ha sido suficiente.
- Los objetivos de las políticas a nivel local, nacional e internacional, destacando la importancia de que en cada caso se hagan explícitas las responsabilidades de las instituciones correspondientes.
- Las políticas que deben tomarse a nivel local, pudiendo ser este el ámbito de una cuenca hidrográfica o de un territorio que pertenece a una división política (cantón, distrito o municipio).
- Las opciones de política a nivel nacional, las cuales tienen efectos directos e indirectos, pero emanan de varias instituciones.
- Las opciones de política que son de responsabilidad de los organismos internacionales y que por lo tanto requieren la concurrencia de todos los países para definir las y para acatarlas.

7 La referencia explícita a las políticas públicas es para diferenciar de la expresión genérica de políticas, las cuales pueden ser públicas o de empresas y organizaciones privadas.

- La importancia que las políticas se lleven a la práctica a través de instrumentos específicos y que se fortalezca la capacidad institucional. Solo en esta forma es posible pasar de la retórica de las declaraciones y de los enunciados de política a las acciones concretas.

8.2 Inestabilidad climática y cambio climático: implicaciones

8.2.1 Algunas definiciones

La inestabilidad climática implica que durante un año ocurren fenómenos climáticos cada vez menos predecibles. Por ejemplo, en el trópico seco las lluvias que usualmente ocurrían en las tardes ahora se dan en cualquier momento del día. Los tradicionales veranillos, usuales entre el 24 de junio y el 15 de julio, se han hecho en unos años más prolongados y en otros no se dan del todo. Además, las caídas de rayos son más frecuentes. En las zonas andinas las heladas pueden ser más tempranas y más severas o no presentarse, pero también son menos predecibles.

El cambio climático es un proceso de mayor profundidad en el tiempo y es apreciado a nivel global. Los estudios al respecto lo asocian al calentamiento global y se señala a través de macroindicadores como el aumento de la temperatura de la tierra, procesos de muy largo plazo, lluvias prolongadas y la ocurrencia de eventos extremos, entre otros. Los signos van desde los deshielos y reducción del círculo polar hasta el aumento del nivel de las aguas de los mares. El recuadro 8.1 ilustra la anterior situación.

En la agricultura es tan importante la adaptación al cambio climático como también a la inestabilidad climática. Tal adaptación no es una práctica reciente. Las culturas precolombinas (Mayas e Incas, entre otras) tuvieron estrategias de protección para adaptarse a condiciones ambientales locales, especialmente a la distribución irregular del agua. Magrin et al. (2007) señalan que estas culturas desarrollaron esfuerzos pioneros para adaptarse a las condiciones locales adversas y definieron esquemas de desarrollo sostenible. Hoy día, bajo las incertidumbres del tiempo y del clima, exacerbadas por el incremento de los gases de efectos invernadero y de la rápida reducción de los glaciares, sería extremadamente útil revisar y actualizar tales medidas de adaptación.

Recuadro 8.1.**Cambio climático e inestabilidad climática**

En Guanacaste, Costa Rica, durante los últimos 100 años, la precipitación ha disminuido a una tasa promedio de 7 mm por año. Es decir, que ahora llueve 700 mm menos que hace 100 años. La precipitación anual promedio es ahora de 1.400 mm comparada con 2.100 mm hace 100 años. Tal proceso de largo plazo puede interpretarse como un cambio climático. Al mismo tiempo han cambiado muchos aspectos del clima: los días de lluvia son menos, las horas de lluvia son menos, la intensidad de la lluvia es mayor, las madrugadas son más frías, los vientos son menos frecuentes pero más intensos y los veranillos son más inestables en términos del momento en que se presentan y su duración. Mientras la cobertura boscosa de la zona se fue acabando, aumentaron las áreas de pastizales, de arroz y de caña de azúcar: éstas en general están expuestas a mayores inestabilidades en los rendimientos, excepto en las zonas donde se dispone de agua de riego (Hagnauer 1998).

8.3 Las interacciones y su importancia para las políticas

La relación entre la inestabilidad climática, los mercados y la economía de un país añade un importante grado de complejidad al tratamiento del tema de las políticas. Las relaciones tienen implicaciones para el análisis y la implementación de las medidas de política y deben reconocer cuatro aspectos:

1. El cambio climático afecta los costos de producción, especialmente cuando se evidencia la presencia de plagas o enfermedades inesperadas y cuya eliminación requiere adquirir insumos externos e incurrir en gastos de aplicación no previstos. La situación se agrava por un lado cuando los productores acuden a hacer las compras, los insumos escasean y suben los precios, y por otro lado se afectan los recursos naturales, especialmente el hídrico con las aplicaciones de productos químicos.
2. Las condiciones de clima pueden causar bajas o alzas en los rendimientos. En el primer caso disminuye la oferta y se da la escasez de productos y la consecuente alza en los precios con implicaciones negativas para los consumidores y mejores ingresos para los productores que no fueron

afectados por el daño. En el segundo caso, cuando la oferta aumenta, hay baja de los precios con resultados inversos de beneficio para los consumidores y perjuicio para los productores.

3. Cuando los daños son cuantiosos, es el presupuesto del gobierno el que se ve afectado para atender las emergencias. Los gastos ya previstos, entre ellos los de apoyo a la agricultura, son en ese caso disminuidos. Aunado a eso, en años venideros se deben hacer las inversiones no previstas para la reconstrucción de obras y reparación de daños.
4. La escasez de productos puede implicar requerimientos imprevistos de divisas para importar los productos que escasean. Cuando estos requerimientos son extremos, puede ser necesaria una mayor cantidad de moneda extranjera que presione a una devaluación o un endeudamiento externo. Debe admitirse también que estos requerimientos pueden ser mayores ante el alza de los precios internacionales de los alimentos, situación que se confronta en la actualidad en muchos países.

Todo lo anterior implica que los efectos del cambio climático en los ingresos netos de los productores, los gastos de los consumidores, el presupuesto del estado y los requerimientos de divisas deben ser adecuadamente considerados para disponer del marco de políticas más conveniente.

8.4 La evidencia y las expectativas

La documentación existente sobre el cambio climático es abundante y en su gran mayoría asociada al fenómeno del calentamiento global. El trabajo de Stern (2006) es una de las mejores referencias al respecto. Se muestra suficiente evidencia de los cambios ocurridos en los últimos 200 años y la aceleración de tal proceso a raíz de la industrialización, la urbanización, el transporte, la deforestación y en general la ausencia de un compromiso y actitudes positivas de la sociedad y de las empresas hacia la conservación.

El proceso en curso está teniendo efectos sumamente complejos que se revelan en la ocurrencia de fenómenos, los cuales son caracterizados por la mayor intensidad de las tormentas, la mayor gravedad y frecuencia de inundaciones, las más frecuentes ondas de calor y su repercusión en las sequías y los incendios, y las inesperadas bajas de temperatura y con ellas las heladas y granizadas.

Según Rodríguez (2007), algunos de los macrocambios serían los siguientes:

- Se proyecta un ligero incremento en la productividad de los cultivos en las latitudes medias y altas por incrementos promedios regionales de temperatura entre 1°C y 3°C, dependiendo del tipo de cultivo. Para temperaturas mayores habrá reducciones en algunas regiones.
- En regiones tropicales y con sequía estacional, se proyecta una reducción en la productividad de los cultivos, incluso para pequeños incrementos en temperatura media (1°C a 2°C), lo cual aumentará el riesgo de hambruna.
- Globalmente, a partir de los incrementos en las temperaturas medias regionales de entre 1°C y 3°, se proyecta un incremento en el potencial para la producción agrícola, pero este se reduce para incrementos mayores.
- Se proyecta que el incremento en la frecuencia de las sequías e inundaciones afectará la producción local negativamente, especialmente en sectores de subsistencia en países con latitudes bajas.

Puede comprenderse que ante estos procesos la agricultura es una de las actividades más afectadas, por lo que son necesarias tomar en cuenta las seis observaciones a continuación.

1. Los efectos se dan en forma muy distinta según los sistemas de producción. Algunos son más susceptibles, como por ejemplo las hortalizas, la papa, el arroz; otros menos sensibles son la caña de azúcar, la palma africana e inclusive algunos cereales como el trigo y la cebada.
2. Los efectos se dan en distintos momentos del ciclo del cultivo. Es decir, que las inestabilidades climáticas tienen repercusión en la germinación de las semillas, en el desarrollo de la planta (o de las malezas que compiten con ella), en la floración, en la fructificación e inclusive en las cosechas.
3. Los efectos son diferenciados según las tecnologías. Tales tecnologías son diversas y por lo tanto el efecto se da según la calidad del material genético, métodos de siembra, prácticas de cultivo, uso de agroquímicos, controles de insectos, uso de ambientes controlados, etc.
4. Si bien hay una tendencia a analizar los efectos sobre los cultivos, es importante también reconocer los efectos sobre la salud y productividad de los animales. Las altas temperaturas afectan la postura en las gallinas; las bajas temperaturas influyen sobre la productividad de las vacas de ordeño y sobre la ganancia de peso; muchas enfermedades y plagas ocurren y se agravan por efectos de las inestabilidades del clima; las inundaciones causan mortalidad de los animales; y en general las condiciones extremas conllevan pérdidas de los animales.

5. Las condiciones climáticas extremas son la principal causa de la pérdida de los activos como las instalaciones, viviendas, herramientas y enseres domésticos en la finca. También causan el enterramiento de drenajes y pozos.
6. El daño más severo de las condiciones climáticas extremas es la salud y pérdida de vida de las personas. Los daños anímicos, el desvío del uso de la fuerza laboral hacia actividades de reconstrucción y reparaciones suelen ser ignorados en el análisis del impacto de los desastres naturales.

En los cuadros 8.1 y 8.2 se ofrece información que ilustra posibles efectos del cambio climático para diferentes cultivos en diferentes regiones.

Cuadro 8.1. Posibles impactos en los rendimientos de maíz, trigo y pasturas en zonas templadas

País	Zona	Maíz (kg/ha)	Trigo (kg/ha)	Pasturas (kg/ha)
Brasil	Sur	+12	-6	--
Uruguay	--	+49	+3	+7
Argentina	Pampa húmeda	+26	-3	+7
Argentina	Pampa semiárida	+41	+24	--

Fuente: Rodríguez (2007)

Cuadro 8.2. Posibles impactos en los rendimientos de arroz en zonas semitropicales

País	Rango (kg/ha)	Promedio (kg/ha)
Guyana	-3-16	--
Costa Rica	--	-31
Guatemala	-16-27	--
Bolivia	-2-15	--

Fuente: Rodríguez (2007)

Lo anterior implica que los efectos de las inestabilidades y condiciones extremas del clima son muy diversos y pueden tener impactos muy severos en los rendimientos, costos, ingresos netos y la seguridad alimentaria de las familias rurales. Además, las inestabilidades en la producción contribuyen a la inseguridad alimentaria o al hecho que para mitigarla se deba recurrir a importaciones inesperadas.

8.5 Las consecuencias

Si bien los orígenes del cambio climático son diversos, la agricultura es un contribuyente relevante. Según la FAO, la agricultura y la deforestación representan alrededor de una tercera parte de las emisiones de gases de efecto de invernadero a nivel mundial a partir de actividades humanas. Específicamente el 25% de las emisiones de carbono, el 50% de las de metano y más del 70% de las de óxido nitroso. Un 80% del total de las emisiones de la agricultura, comprendida la deforestación, se origina en los países en desarrollo. Sin embargo, más allá de la propia responsabilidad del sector, lo importante es que por sus propias acciones y las de terceros tienen consecuencias trascendentales tanto en la generación de ingresos para los productores como para la seguridad alimentaria. La información en el recuadro 8.2 es suficientemente elocuente al respecto.

Recuadro 8.2.

Las consecuencias del cambio climático

Se prevé que el cambio climático incrementará el número de personas subnutridas y puede reducir el rendimiento de los cultivos de secano y bajo irrigación en algunos países africanos a partir del decenio de 2020. Algunas previsiones señalan que la mitad de la agricultura de América Latina probablemente sufrirá desertificación y/o salinización en 2050. Se calcula que en los países en desarrollo la adaptación costará decenas de miles de millones de US dólares en los próximos decenios (FAO 2007).

8.6 Medidas a ser consideradas por los agricultores

8.6.1 Riesgo e incertidumbre

En relación a la inestabilidad y al cambio climático es preciso tomar decisiones teniendo en cuenta las condiciones de riesgo y de incertidumbre.

Las condiciones de riesgo son aquellas que se pueden anticipar con algún grado de probabilidad en cuanto a su ocurrencia en algún momento y en cuanto a su magnitud. Tales estimaciones son factibles cuando se tiene información acumulada en el tiempo o cuando la experiencia permite anticipar determinados hechos.

La incertidumbre por su parte concierne a aquellos eventos que no se pueden anticipar pero que la vida ha enseñado que pueden ocurrir en cualquier momento. La ocurrencia de huracanes entre agosto y noviembre en Centroamérica y de tornados en el medio oeste de Estados Unidos entre marzo y mayo es inevitable, lo que no se sabe es el día que ocurrirán. En la agricultura son tan frecuentes los daños por hechos bajo riesgo como aquellos bajo incertidumbre.

Con estas consideraciones, se pueden identificar tres niveles de decisiones en relación a la inestabilidad y el cambio climático. Ellas se presentan a continuación.

8.6.2 La planificación

Se refiere a especificar las acciones y productos esperados en un horizonte de mediano plazo. También se ha referido como la prevención o anticipación. Esta planificación debe ser la base para definir especialmente las medidas preventivas. Algunas de las medidas incluyen las inversiones, como por ejemplo la construcción de drenajes para eliminar excedentes de agua, la construcción de pozos y reservorios para los períodos de escasez de agua, la siembra de árboles para cortinas rompevientos y otras inversiones cuya existencia mitigarán el daño de las condiciones climáticas severas.

Como parte de la planificación es de utilidad la selección adecuada de cultivos. Al respecto, según el grado de aversión al riesgo, algunos productores han optado por el monocultivo y por cultivos más riesgosos, pero en promedio más rentables. Otros productores más conservadores optan por cultivos y crianzas

cuya vulnerabilidad a los cambios de clima es menor; los ingresos son en promedio menores que en el caso anterior, pero también es menor la variabilidad de dichos ingresos netos.

La selección de las tecnologías es un factor crítico. Estas, como se refirió anteriormente, pueden ser muy variadas, pero lo importante es que la selección que se haga tome en cuenta en forma explícita las condiciones de riesgo. El monocultivo es en definitiva una práctica que expone a la mayor vulnerabilidad, aún cuando el escalonamiento de las siembras puede ser de gran ayuda. Otras tecnologías pueden incluir las siembras en invernadero, la siembra en asocio y en sistemas agroforestales, la siembra directa, etc.

8.6.3 La adaptación y manejo

Se da especialmente durante el ciclo productivo o el ciclo anual. Esto depende especialmente de la vigilancia del comportamiento de los cultivos y los animales, a fin de tomar las medidas con suficiente antelación a la ocurrencia de eventos climáticos, reconociéndose que no siempre dichos fenómenos pueden ser anticipables.

En el trópico seco es indispensable la diferenciación de prácticas de manejo en las épocas secas de aquellas cuando ocurren las lluvias. La implementación de sistemas silvopastoriles, la elaboración de pacas de heno y ensilajes, así como reservorios para agua para la época seca son prácticas necesarias y crecientes en la ganadería, ya que con ellas se augura el alimento para las épocas de verano intenso. Cuánto invertir en esto depende del grado de aversión al riesgo que tiene el productor y de su disponibilidad de recursos.

La adaptación también puede hacerse modificando los planes originales de cultivo. Por ejemplo, si las condiciones de clima han causado daño a los cultivos en las etapas tempranas, advirtiéndose así que la productividad efectiva va a ser menor, se dan dos circunstancias. Algunos productores optan por no seguir aplicando insumos como fertilizantes, pues consideran que ante el daño potencial, aplicar fertilizantes puede ser un gasto inoficioso. Otros optan por mayores aplicaciones de fertilizantes para compensar por el daño inicial.

Un mecanismo de adaptación, pero de lamentables consecuencias, en fincas ganaderas, por ejemplo, es la venta anticipada de ganado de cría ante condiciones de

clima que provocan escasez de pastos. En este caso, se pierde el capital y por lo tanto se reduce la tasa de crecimiento del hato y de producción de ternero al ritmo que se traía en el negocio. La situación se agrava cuando el fenómeno afecta una zona vasta y entonces muchos productores recurren a esta práctica y bajan los precios del ganado.

8.6.4 Medidas para el resarcimiento

Los seguros de cosechas han sido utilizados desde hace muchos años como una medida de protección económica para resarcirse de las pérdidas de los cultivos, los animales, los equipos y las instalaciones por razón de los factores externos.

Debe reconocerse sin embargo que la adquisición de una póliza de seguro ofrece la posibilidad de una recuperación del valor de lo perdido, pero no resuelve el problema de disponer de los productos. Esta observación es altamente relevante cuando se considera el aporte de la producción nacional a la seguridad alimentaria.

Tomar en cuenta este tipo de decisiones es de suma importancia para definir y poner en práctica las políticas que ofrezcan las condiciones necesarias para tales decisiones.

8.7 Renovación de las políticas públicas

8.7.1 Entendiendo las políticas públicas y su justificación

Las políticas públicas son las reglas del juego que definen los entes responsables para poner a disposición de la sociedad, los bienes y servicios públicos necesarios para el desarrollo. Esta definición y su comprensión son fundamentales para poder valorar la responsabilidad del Estado y de las organizaciones privadas de derecho público, para normar, vigilar el funcionamiento de los mercados, e intervenir en ellos en forma prudente.

Los mercados son la mejor alternativa para la asignación de recursos, pero no siempre funcionan en forma perfecta debido a imperfecciones o a las fallas. Además, ante situaciones de elevada inestabilidad, la intervención del Estado puede ser necesaria. A ello se suma la consideración de que el mercado no es un buen asignador de recursos en el mediano y largo plazo.

Stern (2006) destaca que la necesidad de las políticas y la regulación del Estado en relación al ambiente y al clima se justifican porque hay “fallas de mercado” que tienen dos implicaciones. Por un lado hay una asignación de recursos a los retornos inmediatos (con poco compromiso con el futuro) y por otro lado, el sistema de mercado no obliga a pagar por los daños que se causan al ambiente.

Las políticas públicas se definen en múltiples campos, incluyendo la educación, la salud, la seguridad, el ambiente, etc. En el caso de la agricultura conciernen a la tecnología, la sanidad, la inocuidad, la información, etc. Los responsables de las políticas son por lo tanto distintas entidades que ejercen sus funciones a nivel local, nacional e internacional.

Recuadro 8.3.**Integración de políticas**

Es necesario integrar las políticas entre los niveles y los sectores y aprovechar posibles sinergias entre la mitigación y la adaptación al cambio climático, así como la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Asimismo, las agrupaciones agrícolas deberán participar en las negociaciones internacionales relacionadas con el cambio climático. También será esencial crear capacidad y consciencia en los países en desarrollo. Los servicios nacionales de extensión e investigación agronómica participarán más en la recopilación, análisis y difusión de información. Los gobiernos y las comunidades locales tienen que estar al día en investigación, métodos e instrumentos más recientes en materia del clima, así como en evaluaciones locales de las repercusiones y mecanismos de financiación, como los mercados de fondos del carbono. Respecto a la adaptación, los encargados de tomar las decisiones a todos los niveles deben mantener la capacidad de hacer ajustes continuos siguiendo un enfoque de aprendizaje en la práctica (FAO 2007).

8.8 Justificación de un marco de políticas para adaptación al cambio climático

La justificación para tener un marco de políticas renovado en el que se haga explícito el objetivo de prevenir, ayudar a manejar y a recuperarse de los daños por causa de las inestabilidades climáticas incluyen:

- Fomentar la toma de conciencia en todos los niveles de la sociedad y de manera muy importante entre los tomadores de decisiones del sector público como en el privado, a fin de asegurar que las políticas públicas en esta materia sean sostenibles en el tiempo.
- Reconocer que la adaptación en la agricultura tiene características de bien público: es decir, es de interés para toda la sociedad. En ausencia de intervención gubernamental habría menos adaptación de lo socialmente deseable, por lo tanto las políticas públicas de adaptación al cambio climático en la agricultura también deben contribuir a la cohesión social.
- Profundizar conocimiento de las estrategias de adaptación heredadas de la época precolombina y empleadas por nuestros ancestros. Esto implica reconocer que los productores tienen experiencia enfrentando cambios en el clima dentro de ciertos rangos y rescatar conocimientos sobre la implementación de buenas prácticas, así como sobre el desempeño de variedades tradicionales ante distintas condiciones climáticas.
- Fomentar la visión de la adaptación que fortalezca el manejo integral del agua. Esto implica reconocer la vinculación del impacto cambio climático sobre la disponibilidad de agua en relación a la agricultura; el valor de la combinación de información climática (mayor vulnerabilidad frente al cambio climático); uso de la tierra (agricultura y otras actividades económicas); localización de infraestructura; localización de la población—especialmente la más pobre; y la priorización de los intereses multisectoriales.
- Desarrollar capacidades para la producción, integración y sistematización de información climática, social y productiva para entender las interrelaciones entre las dinámicas física y humana del cambio climático en la agricultura. También desarrollar capacidades para realizar pronósticos climáticos y hacer llegar dicha información a los agricultores de manera oportuna y para hacer un uso productivo de dichos pronósticos. El incremento en la capacidad para enfrentar el cambio climático en la agricultura debe promover el uso más sostenible de los recursos naturales en la agricultura.

Las medidas de política adquieren especificidad de acuerdo a los objetivos que se persiguen en cada caso. Tales objetivos pueden ser tan variados como aumento de la productividad, resistencia a las enfermedades, tolerancia a los daños climáticos, seguridad en la inocuidad de los alimentos, erradicación de las enfermedades, etc.

Los instrumentos de política son el medio para hacer efectivas las medidas de política. Dichos instrumentos son muy variados e incluyen por ejemplo normas y reglamentos, acciones de capacitación, medios de información, subsidios a través de fondos competitivos, etc.

8.9 El ordenamiento de las políticas

Realizado el reconocimiento sobre las políticas, las medidas y los instrumentos compete ahora hacer explícitas las propuestas para contribuir a mejores decisiones en relación a la prevención, la adaptación y la mitigación de los efectos de la inestabilidad y el cambio climático. En el cuadro 8.3 se ofrece un esquema que permite identificar los objetivos y medidas de política a nivel local, nacional e internacional. En cada uno de estos espacios de política es preciso definir los objetivos, las acciones, y los resultados esperados. También es necesario identificar a los actores responsables. A continuación se hace una breve referencia según cada objetivo y al tipo de medida que se sugiere en cada uno de los tres niveles (local, nacional e internacional).

Cuadro 8.3. Esquema de identificación de medidas de políticas

Objetivo	Local	Nacional	Internacional
Prevención	X	XX	XXX
Mitigación	X	XXX	X
Adaptación	XXX	XX	X

Debe reconocerse que éstas medidas se refieren en forma explícita a la agricultura y la ganadería y no necesariamente al medio rural. En este último caso, es de esperarse que el número de medidas se amplíe y que los responsables de las medidas sean otras entidades.

8.9.1 Las políticas locales

La agricultura adquiere especificidad según las condiciones agroecológicas en distintos territorios. Dichas condiciones pueden ser claramente definidas en los valles en los que se utiliza el riego y que están claramente demarcados, pero son más difusas en territorios en los que la relación entre los bosques, áreas de pastizales y de cultivos son parte integral del paisaje.

Medidas preventivas. La protección de las laderas es uno de los objetivos más importantes y en tal sentido los incentivos como el pago por servicios ambientales se convierte en una posible medida de política a utilizar. Las inundaciones suelen afectar zonas localizadas y para ello la medida a apoyar es la construcción de drenajes y pozos colectivos. Esta práctica es usada en muchos lugares con apoyo de los gobiernos nacionales y con participación directa de las organizaciones locales. Las medidas de política de responsabilidad de entidades locales deben orientarse especialmente a estimular la acción colectiva para tomar medidas preventivas en relación a las condiciones del clima.

Medidas para la adaptación. En cuanto a las medidas de adaptación tienen que ver con una planificación adecuada de las siembras y usos de la tierra, prácticas de cultivos e inclusive con acuerdos de programación de las mismas.

Medidas para el resarcimiento. En realidad la acción colectiva y la ayuda mutua es la práctica más común a través de los comités locales de emergencia. A este nivel es difícil manejar programas de seguros de cosecha, por cuanto no hay suficiente espacio para la diversificación de riesgos; sin embargo las organizaciones locales de productores deben gestionar su incorporación a programas de seguros a nivel nacional y con reaseguro internacional.

8.9.2 Las políticas nacionales

Deben definirse las políticas de responsabilidad del Estado para lograr que los efectos de la inestabilidad y el cambio climático no sean negativos sobre la agricultura. A continuación se destacan las más importantes.

Medidas preventivas. El Estado puede hacer una gran contribución educando, creando conciencia, generando bienes tecnológicos y realizando las inversiones que hagan posible que los fenómenos climáticos tengan menos efectos negativos.

La investigación en la agricultura requiere un cambio muy significativo para responder a las necesidades del nuevo contexto. Debe avanzarse de forma más acelerada en la producción de material genético más tolerante a las inestabilidades del clima, prácticas culturales que den mayor protección a los cultivos, desarrollo y usos de abonos orgánicos, sistemas de control biológico de plagas, etc.

En el campo energético es indispensable la investigación de fuentes de producción y ahorro de energía en las fincas, el fomento del uso de energía renovable, incluyendo el aprovechamiento de la energía solar, el uso de biodigestores y la producción de biocombustibles aprovechables en las fincas.

La política de financiamiento para la agricultura debe cambiar sustancialmente y diferenciarse de las políticas del sector financiero hasta ahora orientadas al financiamiento del consumo. Es indispensable una política para el financiamiento de inversiones con retornos al mediano y largo plazo que ayudan a prevenir, mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático.

Medidas de política para facilitar la adaptación. Este es uno de los espacios de política menos considerados. Una de las maneras de inducir dicha adaptación durante el ciclo de cultivo es la entrega de información útil sobre las expectativas climáticas. Se reconoce que ésta es una tarea compleja, pero es mejor que la ignorancia total. La información de tipo alerta temprana ha probado ser muy útil para advertir sobre condiciones adversas como huracanes, ciclones, heladas, etc.

Otro aspecto importante a la política nacional se refiere a la generación y difusión de información y extensión del conocimiento sobre todas aquellas prácticas cada vez más necesarias en el escenario del cambio climático y que los productores pueden adoptar para un manejo de los cultivos y crianzas durante los ciclos de producción.

Medidas para el resarcimiento. Si bien se reconoce que los seguros agrícolas son una forma concreta de mitigar el impacto económico que las pérdidas tienen en el ingreso de los productores, es necesario ser cautos en la aplicación de subsidios a las primas y costos de administración, por cuanto hay suficiente evidencia del riesgo moral asociado a tales prácticas.

8.9.3 Políticas internacionales

El cambio climático es un proceso global y que por lo tanto atañe a todas las naciones. Se ha reconocido también que la severidad de la situación climática se debe en gran medida al calentamiento global y que las emisiones desde los países desarrollados son las que más contribuyen a tales condiciones. En tal sentido, las políticas internacionales deben darse y ponerse en práctica como un compromiso de todas las naciones y con aporte de recursos financieros por parte de quienes más contribuyen a la situación indicada.

Medidas preventivas. Uno de los aspectos más importantes a nivel global concierne a la generación y difusión de tecnologías hacia los países en desarrollo para el ahorro de energía, la generación de energía renovable y el desarrollo de mercados para bienes y servicios tecnológicos.

Un segundo aspecto compete a la extensión a nivel universal de la aplicación de medidas permitidas (de la caja verde) de la Organización Mundial de Comercio (OMC), hasta ahora utilizadas solo por los países desarrollados. Tales medidas son permitidas bajo la condición de que contribuyen al desarrollo sostenible y no crean distorsiones en el mercado internacional.

Las políticas de financiamiento internacional son posiblemente las que requieren más atención. Ellas incluyen la reorientación de la banca multilateral de desarrollo para recuperar su papel de financiamiento de las inversiones públicas acorde con el proceso de cambio climático; la ampliación significativa de los recursos del Global Environmental Facility (GEF), el cual desde su creación en 1991 ha venido haciendo aportes importantes de recursos, pero los cuales deben incrementarse; y la mayor cobertura del mecanismo del desarrollo limpio a fin de que este pueda ser más utilizado en las relaciones entre los países en desarrollo y los países desarrollados.

Medidas de adaptación y resarcimiento. La solidaridad internacional es la medida más efectiva para la adaptación a los efectos de las inestabilidades climáticas. En tal sentido, debe recordarse que los fenómenos climáticos que tienen efectos positivos o negativos no se dan en forma simultánea a nivel global. Por ello, es necesaria la creación de fondos de emergencia para asistir a los diferentes países en distintos momentos.

Las compañías de seguros y reaseguros de nivel mundial desempeñan un papel importante al diversificar en forma efectiva sus carteras entre países y actividades. Sin embargo, es necesario que la normativa internacional que les atañe, desde el Fondo Monetario Internacional (FMI), analice la posibilidad de intervenir para que amplíen su cobertura de riesgos en la agricultura.

8.10 Institucionalidad e inversiones estratégicas

Si bien las políticas proveerán un marco de referencia importante para orientar las decisiones y desarrollar la capacidad para afrontar el cambio climático, son necesarias dos observaciones. La primera es la importancia de que las políticas se reflejen en decisiones del Estado para ampliar la inversión pública y la segunda, vinculada a la anterior, es que el Estado debe invertir en el desarrollo de la capacidad de las instituciones.

Los efectos del cambio climático en la agricultura son una realidad y por lo tanto renovar el marco de políticas y los instrumentos para su aplicación es indispensable. Ello requiere capacidades locales, nacionales y a nivel internacional para hacer un uso efectivo de los recursos. Vea recuadro 8.4.

Recuadro 8.4.

Inversiones estratégicas

Existe consenso generalizado sobre que en los próximos 10 a 15 años la comunidad internacional habrá de movilizar financiación mundial para aplicar planes de adaptación a largo plazo. Si bien casi todos los países menos desarrollados ya tienen listos sus programas nacionales de acción para la adaptación, llevarlos a cabo representará un desafío. Muchas medidas de adaptación consistirán en fortalecer medidas ya presentes, como los sistemas de alerta temprana, sistemas para detectar los lugares críticos respecto al cambio climático y gestión de riesgos. Otras medidas se centrarán en inversiones rurales para reducir los efectos a largo plazo en la seguridad alimentaria producidos por la variabilidad del clima a corto plazo, a través de seguros agrícolas e incentivos para estimular a los agricultores a adoptar mejores prácticas agrícolas y de uso de las tierras (FAO 2007).

Para tener la capacidad de poner en práctica medidas como las antes referidas, la institucionalidad local requiere ser significativamente mejorada. Para ello se requiere programas de apoyo a las asociaciones de productores y a los gobiernos locales para asumir responsabilidades crecientes al respecto. La transferencia de funciones en relación a la recaudación de tributos por impuestos a la propiedad y a los ingresos debe ser acompañada de una mejora sustantiva en la capacidad para generar y ejecutar proyectos que ayuden a prevenir y mitigar los efectos del cambio climático. Las inversiones locales en concientización de la población, arborización en los cauces de los ríos y construcción de drenajes y en general el manejo y conservación del recurso hídrico deben recibir la mayor prioridad.

Los desafíos institucionales son igualmente importantes a nivel nacional. Las propuestas hasta ahora existentes implican la responsabilidad de reconstruir la capacidad de los ministerios de agricultura, institutos nacionales de tecnología agropecuaria, las entidades responsables del manejo de las aguas; mejorar los sistemas de información y pronósticos climáticos; y de adquirir, por parte de los gremios agropecuarios, compromisos genuinos para ser más útiles a los asociados.

La institucionalidad internacional preocupada por los asuntos climáticos es sumamente amplia y no parece mostrar signos de estar trabajando en forma más cohesionada, ni mostrando evidencia de la efectividad en el uso de los vastos recursos de que disponen. Es indispensable un trabajo más integral entre el Grupo Consultivo Internacional de Investigación Agrícola (CGIAR), la FAO, la OMC, el Banco Mundial (BM), el FMI y GEF. La información generada por el Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC), así como por las numerosas ONG internacionales debe ser mejor aprovechada

8.11 Comentarios finales

Más allá de la agricultura y reconociendo que la seguridad alimentaria debe ser un objetivo de desarrollo, las políticas nacionales deben considerar en forma explícita las implicaciones que tiene la inestabilidad de la producción, especialmente en el caso de los alimentos básicos. Al respecto es necesario uno de los cambios más significativos para incentivar un mejor balance entre la agricultura de exportación y aquella que genera productos para el mercado interno.

El compromiso de renovar y poner en práctica nuevas medidas de política debe adoptarse en forma ineludible. La pobreza asociada a la degradación de los recursos naturales sigue avanzando a un ritmo galopante y los compromisos adoptados al respecto en cuanto a los retos del milenio aún no muestran evidencia de logros. Sumado a ello en solo 30 años la población del mundo se habrá duplicado y por lo tanto debe ser alimentada.

8.12 Referencias bibliográficas

- Enlace FAO. 2007. <http://www.fao.org.gt/archivos/1233872384.pdf>.
- Hagnauer, W. 1998. El sistema agroecológico de Guanacaste: oportunidades y desafíos para la agricultura y el turismo. FUNDESCA, Cañas, Guanacaste, Costa Rica.
- Magrin, G; Gay García, C; Cruz Choque, D; Giménez, JC; Moreno, AR; Nagy, GJ; Nobre, C; Villamizar, A. 2007. Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry, ML; Canziani, OF; Palutikof, JP; Van Der Linden, PJ; Hanson, CE. eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK. p. 581–615.
- Rodríguez, A. 2007. Cambio climático y agricultura: implicaciones para la adaptación y las políticas públicas. Conferencia en la VIII del Foro Regional Andino para el Diálogo y la Integración de la Educación Agropecuaria y Rural. Lima, Perú 27 de noviembre de 2007.
- Stern, N. 2006. Stern Review: The Economics of Climate Change. London.

Capítulo 9

Implementación de sistemas silvopastoriles y el pago de servicios ambientales en Esparza, Costa Rica: una herramienta para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas

Francisco Casasola, Muhammad Ibrahim,
Claudia Sepúlveda, Ney Ríos, Diego Tobar

Resumen

Entre 2003 y 2007 en el proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas (conocido como proyecto GEF/Silvopastoril) se evaluó el efecto del pago de servicios ambientales (PSA) sobre los cambios en los usos de la tierra (UT) en fincas ganaderas en Esparza, Costa Rica. Se seleccionaron 120 productores ganaderos, los cuales fueron agrupados al azar: 67 al grupo que recibió PSA con asistencia técnica (AT), 26 al grupo con PSA y 27 al grupo control. Las fincas pertenecientes a los grupos PSA+AT y PSA fueron clasificadas según el tamaño en pequeñas (224,5 ha), medianas (25–49,9 ha) y grandes (≥ 50 ha). Un índice ecológico (puntos ecológicos) fue desarrollado como herramienta para el PSA, el cual se basó en el potencial de cada UT para secuestrar carbono y conservar biodiversidad. Los resultados mostraron que el PSA conllevó a una disminución del área de pasturas degradadas del 14,2%, incrementó las áreas de pasturas mejoradas con árboles en 39,4% y de bosques en 0,9%, así como la longitud de las cercas vivas multiestratos en 125,6 km. Los puntos ecológicos incrementales ha^{-1} mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$) entre grupos de fincas PSA+AT (0,44), PSA (0,4) y control (0,17). Las fincas pequeñas y medianas tuvieron un mayor puntaje incremental por hectárea que las fincas grandes. Un estudio de percepción reveló que los productores comprendieron el esquema de PSA diseñado e implementado y estuvieron satisfechos con los beneficios obtenidos. Se concluyó que el PSA motivó la adopción de sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas como las pasturas mejoradas arborizadas y cercas vivas,

las cuales realizan importantes contribuciones al secuestro de carbono, a los parámetros hídricos, a la conservación de la biodiversidad y ayudan a mejorar los ingresos en la finca.

Palabras claves: balance hídrico, bosques, cercas vivas, fincas ganaderas, índice ecológico, pasturas con árboles, pasturas degradadas

Abstract

Between 2003 and 2007, the GEF/Silvopastoral project evaluated the effect of the payment for environmental services (PES) on the changes in land use (LU) in cattle farms in Esparza, Costa Rica. A total of 120 cattle farmers were selected and randomly assigned as follows: 67 to the group that received PES with technical assistance (TA), 26 to the group with PES, and 27 to the control group. The farms belonging to the groups PES+TA and PES were classified according to their size into small (2–24.5 ha), medium (25–49.9 ha), and large (≥ 50 ha). An ecological index (ecological points) was developed as a tool for PES, which was based on the potential of each LU to sequester carbon and preserve the biological diversity. Results showed that the PES led to a decrease of degraded pasture areas by 14.2%, to an increase in areas with improved pasture with trees of 39.4%, and in forests of 0.9%, as well as 125.6 km of multistrata living fences. The incremental ecological points ha^{-1} showed a significant difference ($p < 0.05$) between the groups of farms PES+TA (0.44), PES (0.4) and control (0.17). The small and medium farms had a greater incremental score per hectare compared to large farms. A perception survey revealed that the producers understood the design and implementation of the PES system and were satisfied with the benefits obtained. Evaluations concluded that PES motivated the adoption of silvopastoral systems on cattle farms, such as pastures improved with trees and living fences, which provide important contributions to carbon sequestration, improvement of water parameters and to preservation of biological diversity, and they helped improve income from the farm.

Key words: water balance, forests, living fences, cattle farms, ecological index, pastures with trees, degraded pastures



Foto: GAMMA

9.1 Introducción

En Centroamérica 9 millones de hectáreas han sido convertidas de bosque a pasturas en monocultivo y se estima que más de un 50% de éstas áreas presentan problemas de degradación de suelos y de pasturas (Szott et al. 2000). Esta condición representa para las fincas pérdidas económicas anuales por productos animales cercanos a los US\$83 ha⁻¹ (Betancourt et al. 2006). Para la recuperación de tierras con pasturas degradadas se ha identificado a los sistemas silvopastoriles (SSP) como sistemas de producción pecuarios sostenibles, debido a que la adopción de estos sistemas está relacionada con mejores indicadores de producción y con la generación de servicios ambientales. Los SSP contribuyen a mejorar la conectividad del paisaje en el mantenimiento de especies de interés para la conservación de aves, murciélagos, mariposas y árboles, entre otros. Sin embargo, estas tecnologías presentan bajos niveles de adopción debido a sus altos costos de establecimiento. Por ejemplo, para el establecimiento, mantenimiento y utilización de los bancos forrajeros se necesita entre US\$800 y US\$1.200 ha⁻¹ (López 2005).

La experiencia sobre pago por servicios ambientales (PSA), tanto en Costa Rica como en otros países, ha estado enfocada casi exclusivamente hacia los usos de la tierra de bosques y plantaciones forestales. Sin embargo, los paisajes agropecuarios pueden jugar un rol importante en la generación de servicios ambientales paralelo a la provisión de productos para satisfacer el bienestar de las familias rurales. En los últimos años, el CATIE en Costa Rica, Nitlapan (Instituto de Investigación Aplicada y Promoción del Desarrollo Local) en Nicaragua y el CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria) en Colombia implementaron el proyecto GEF/Silvopastoril con el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) y a través del Banco Mundial (BM). El proyecto Enfoque Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas (GEF/Silvopastoril) tuvo como objetivo evaluar si el PSA es un incentivo suficiente para que los productores adopten SSP tendientes a generar beneficios ambientales globales y ganancias socioeconómicas locales. Al mismo tiempo, el proyecto buscaba desarrollar una metodología de pago por servicios ambientales orientada a fomentar cambios de usos de la tierra amigables con el ambiente en paisajes agropecuarios.

Este capítulo presenta resultados del proyecto GEF/Silvopastoril en la zona de Esparza en Costa Rica en cuanto al impacto del PSA sobre la adopción de SSP en fincas ganaderas y su relación con la generación de servicios ambientales.

9.2 Área del proyecto silvopastoril

En Costa Rica el proyecto GEF/Silvopastoril se implementó en fincas ganaderas del cantón de Esparza en la región Pacífico Central, la cual está ubicada a una altitud promedio de 140 msnm. Esta región presenta una temperatura media anual de 27°C con mínimas de 23°C y máximas de 36°C y una precipitación media anual entre 1.500 y 2.000 mm. Cuenta con una estación seca marcada entre diciembre y abril. La humedad relativa es del 60% en la época seca y del 85% durante la época de lluvias (Calvo 1994). Los suelos del área son planisoles, alfisoles, nitrisoles y andosoles (Mojica 1994). La zona de vida es el bosque subhúmedo tropical (Holdridge 1978).

La tasa de desempleo para la zona es del 8% y la de analfabetismo del 12%. El 28,7% de la población de la región es pobre—porcentaje que se encuentra por encima de la media nacional de 20,6% (INEC 2002). Las principales

actividades agrícolas de la región son la ganadería de doble propósito y de carne y los cultivos de caña de azúcar y frutales. La región cuenta con buena infraestructura de comunicación vial, lo cual facilita el mercadeo de productos que provienen de las fincas.

9.3 Enfoque del proyecto GEF/Silvopastoril

Como se mencionó anteriormente, el alto costo del establecimiento de los SSP representa una barrera para la adopción por parte de los productores (Dagang y Nair 2003). En el diseño de este proyecto se formuló como supuesto que un pago relativamente bajo a los productores para la compensación de servicios ambientales sería suficiente para fomentar la adopción de los SSP. El efecto del pago actuaría a través de un incremento en el retorno de las inversiones asociadas a los SSP y reduciría el período de repago de las inversiones, a la vez que aliviaría los problemas de liquidez encontrados por muchos finqueros para financiar los cambios propuestos.

El diseño del esquema de pago por servicios ambientales incluyó la generación de un índice ecológico y la operacionalización del mismo. Este índice ranquea los usos de la tierra mediante la asignación de puntos ecológicos para el secuestro de carbono y la conservación de biodiversidad. El índice incluye tanto usos de la tierra orientados a producción ganadera (por ejemplo, pasturas y bancos forrajeros) como usos de la tierra orientados a conservación (por ejemplo, cercas vivas y bosques) que se encuentran presentes en el área de implementación del proyecto (cuadro 9.1). Los sistemas de uso de la tierra fueron calificados para cada servicio ambiental en una escala de 0 a 1 según su contribución a la generación de dichos servicios ambientales, lo cual significa que para el bosque primario, el sistema con máximo aporte en servicios ambientales, el índice fue de 2 puntos (1 para carbono más 1 para biodiversidad) mientras que para pasturas degradadas fue de 0 puntos. En cada finca se estableció la línea base de los puntos ecológicos⁸ y los pagos se efectuaron en forma proporcional al incremento total en servicios ambientales, utilizando el índice ecológico que fue diseñado. La cantidad a pagar por servicios ambientales surge de multiplicar el puntaje obtenido por la finca por el valor monetario asignado al punto del índice. La duración del período de pago fue de cuatro años.

8 Línea base = Son los puntos ecológicos que el finquero obtuvo en el año 2003.

Cuadro 9.1. Índice ecológico utilizado en el proyecto GEF Silvopastoril

Usos de la tierra	Índice		
	Biodiversidad (A)	Captura de carbono (B)	Total (A + B)
Pasturas degradadas	0,0	0,0	0,0
Pastura natural sin árboles	0,1	0,1	0,2
Pastura mejorada sin árboles	0,1	0,4	0,5
Pastura natural baja densidad de árboles (<30 ha ⁻¹)	0,3	0,3	0,6
Cerca viva simple*	0,3	0,3	0,6
Pastura mejorada baja densidad de árboles (<30 ha ⁻¹)	0,3	0,6	0,9
Banco forrajero de leñosas	0,4	0,5	0,9
Pastura natural con alta densidad de árboles >30 ha ⁻¹)	0,5	0,5	1,0
Cerca viva multiestrato**	0,6	0,5	1,1
Banco forrajero diversificado	0,6	0,6	1,2
Pastura mejorada con alta densidad de árboles >30 ha ⁻¹)	0,6	0,7	1,3
Sucesión vegetal secundaria	0,6	0,8	1,4
Bosque ribereño o en galería	0,8	0,7	1,5
Bosque secundario intervenido	0,8	0,9	1,7
Bosque primario	1,0	1,0	2,0

*Cerca viva simple es aquella que tiene una o dos especies dominantes y manejadas bajo poda a una altura similar.

**Cerca viva compuesta tiene más de dos especies leñosas de diferentes alturas y usos (maderables, frutales, forrajeras, medicinales, ornamentales, etc.).

Fuente: Murgueitio et al. (2003)

El nivel de pago fue inicialmente establecido en US\$50 por punto incremental del índice ecológico, pero posteriormente fue elevado a US\$75 luego que reportes de los técnicos de campo indicaban que los finqueros consideraban los pagos insuficientemente atractivos para justificar la implementación masiva

de prácticas silvopastoriles. Es posible que los finqueros consideraran que el monto de pago no era lo suficiente como para compensar su percepción sobre el nivel de riesgo asociado a la inversión en SSP.

El PSA fue planteado para los puntos ecológicos incrementales y se acordó compensar a los productores con una suma inferior a US\$500 (US\$10 por punto) para los puntos ecológicos en la línea base.

El número de productores ganaderos participantes en el proyecto en Costa Rica fue de 120—mismo número de fincas (estas fueron definidas en función de los fondos disponibles para el pago por servicios ambientales). El monto máximo a pagar por los servicios ambientales generados por la finca fue de US\$4.500. Se definieron los siguientes criterios para la selección de las fincas: 1) pequeños y medianos productores; 2) que la ganadería fuera la principal fuente de ingresos de la finca; 3) tenencia de la tierra asegurada; 4) disposición del finquero para firmar el contrato que estipularía las condiciones bajo las cuales se efectúa el pago de los servicios ambientales y 5) la aceptación por parte del finquero a permitir el monitoreo anual de los cambios en el uso de la tierra en su finca.

Otro supuesto del proyecto fue que la asistencia técnica sería necesaria para que los ganaderos realizaran cambios en los usos de la tierra de sus fincas y para que manejaran adecuadamente los SSP. Para probar los supuestos se dividieron los productores en los siguientes grupos: un grupo focal de 93 fincas que recibe pago y un grupo control de 27 fincas que no recibe ningún tipo de pago. A su vez, el grupo focal se dividió en dos grupos: el primero donde 67 fincas recibieron pago y asistencia técnica y el segundo un subgrupo de 26 fincas recibieron solamente pago, lo anterior para medir el efecto de la asistencia técnica provista por el proyecto. Para medir el efecto de los cambios en los usos de la tierra sobre la generación de servicios ambientales se evaluó la fijación de carbono en diferentes usos de la tierra, utilizando la metodología para la medición de carbono (Ibrahim et al. 2007). Se evaluó también la riqueza de aves y mariposas utilizando las metodologías de monitoreo de biodiversidad (Tobar et al. 2007, Sáenz 2007) y los parámetros hídricos asociados a diferentes usos de la tierra mediante la metodología desarrollada para ese fin (Ríos et al. 2007). Adicionalmente, se siguió la metodología empleada por Sepúlveda et al. (2007) para captar la percepción que tienen los productores acerca del PSA en sus fincas.

9.4 Resultados

9.4.1 Efectos del proyecto GEF/Silvopastoril

El proyecto GEF/Silvopastoril hizo el pago para la línea base en agosto de 2003. Después de haber monitoreado los cambios en los usos de la tierra se hicieron los pagos adicionales en julio de 2004, 2005, 2006 y 2007.

Cambios de usos de la tierra

El área total de las 93 fincas que recibieron pagos en la zona de Esparza fue de 3.002,3 ha. Durante el período de pago se observó una reducción del 14,2% en el área de pasturas degradadas, un incremento de 20,8% en el área de pasturas mejoradas de baja densidad de árboles y un incremento del 18,6% en pasturas mejoradas de alta densidad de árboles (cuadro 9.2). Los productores mayormente realizaron cambios de usos de la tierra que tienen mayor impacto en la productividad de la finca, como las pasturas mejoradas con alta densidad de árboles, las cuales ofrecen sombra al ganado (Souza de Abreu 2002), frutas y follajes con alto contenido nutricional (Esquivel 2007); producen madera (Chagoya 2004); mejoran las condiciones para la biodiversidad (Tobar et al. 2007); capturan carbono (Ibrahim et al. 2007) y mejoran la infiltración del agua de lluvia (Ríos et al. 2007).

El incremento de la arborización de los potreros se efectuó por medio del manejo de la regeneración natural, en términos de selección, retención y protección de los mejores individuos y su distribución espacial (dispersos) en el potrero. Es posible que los productores utilicen éste método debido a que es más barato que plantar árboles provenientes de vivero en las pasturas.

La incorporación de bancos forrajeros fue marginal y posiblemente está asociada con altos costos de mantenimiento y utilización (López 2005) y a la alta demanda de mano de obra. Respecto a los cambios de usos de conservación, se observó un incremento en el área de bosque del 0,9% y es posible que este incremento hubiera sido mayor si el PSA hubiese sido a largo plazo.

Cuadro 9.2. Cambios de usos de la tierra en fincas que recibieron pago de servicios ambientales en la zona piloto de Esparza, Costa Rica, 2007

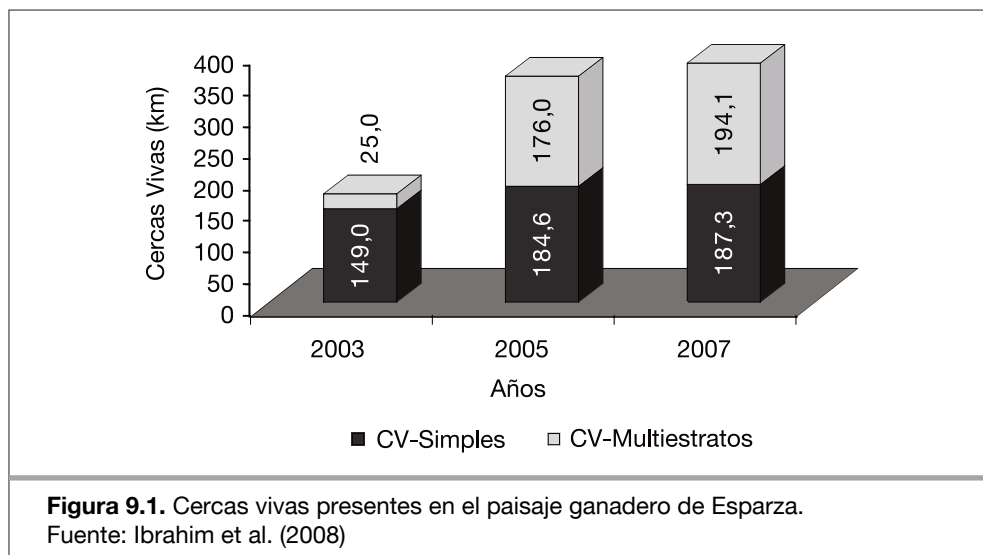
Año	2003		2007		% de diferencia sobre el área total
	ha	% respecto al área total	ha	% respecto al área total	
Pastura degradada	548,1	18,3	123,7	4,1	-14,2
Pastura natural sin árboles	243,6	8,1	3,1	0,1	-8,0
Pastura mejorada sin árboles	57,3	1,9	16,2	0,5	-1,4
Pastura natural con baja densidad de árboles	744,9	24,8	199,1	6,6	-18,2
Pastura natural con alta densidad de árboles	113,1	3,8	146,6	4,9	+1,1
Pastura mejorada con baja densidad de árboles	185,9	6,2	810,4	27	+20,8
Pastura mejorada de alta densidad de árboles	48,8	1,6	606,5	20,2	+18,6
Banco forrajero	13,3	0,4	14,9	0,5	+0,1
Bosque + vegetación secundaria	903,4	30,1	929,2	30,9	+0,9
Otros	144,1	4,8	152,8	5,1	+0,3
Total	3.002,5	100	3.002,5	99,9	

Fuente: Ibrahim et al. (2008)

Los productores invirtieron suficientes recursos para establecer cercas vivas, las cuales incrementaron en 181,3 km en total. Las cercas vivas simples incrementaron 55,7 km y las multiestratos 125,6 km. En muchos casos los productores convirtieron las cercas vivas simples en cercas multiestrato (figura 9.1).

Las fincas con PSA alcanzaron mayor puntaje ecológico por finca (12,8) que el alcanzado por las fincas control (7,68). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el PSA (11,68) y el PSA+AT (13,96), a pesar que el último presentó un mayor valor. Esto se podría atribuir a que

las fincas están localizadas en un paisaje pequeño donde existe intercambio de información entre productores por parentesco, amistad y pertenencia a asociaciones, entre otros factores, lo cual no permite aislar el efecto de la asistencia técnica (Holmann et al. 2004). Por otro lado, el pago actuó como un incentivo que les permite a los productores que lo reciben realizar cambios en los usos de la tierra a una mayor velocidad, respecto a los productores que no reciben este incentivo.



Conforme aumenta el tamaño de la finca, el puntaje ecológico incremental de la finca (figura 9.2a) tiende a ser significativamente mayor ($p < 0,05$) y el pago total acumulado también. Sin embargo, el puntaje ecológico incremental por hectárea no fue significativamente diferente ($p < 0,05$) entre las fincas de distintos tamaños (figura 9.2b).

Las fincas pequeñas (2–24,9 ha) y medianas (25–49,9 ha) recibieron más dinero por hectárea que las fincas grandes (> 50 ha), de tal manera que las fincas pequeñas y medianas recibieron pagos más altos por unidad de superficie (figura 9.2b). El pago promedio por servicios ambientales acumulado por finca (2003–2007) para el grupo que recibe pago y asistencia técnica fue de US\$2.416,9 (por hectárea US\$92,3), mientras que para el grupo que solo recibe pago fue de US\$2.377,9 por finca y de US\$91,8 por ha.

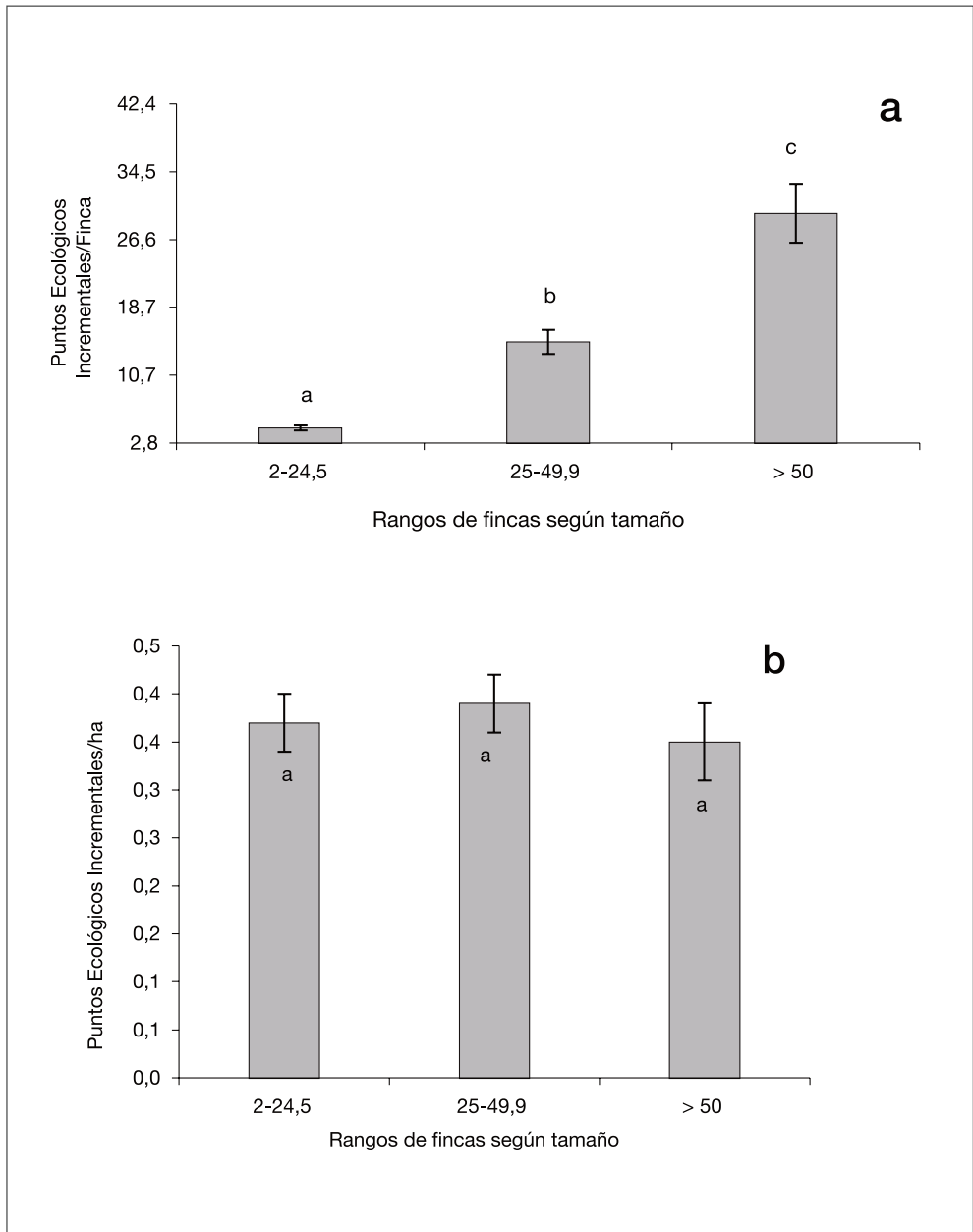


Figura 9.2. Puntos ecológicos incrementales 2003–2007, (a) por finca y (b) por hectárea según el tamaño (ha) de la finca en Esparza, Costa Rica. Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba de LSD Fisher $p \leq 0,05$. Las líneas indican el error estándar.

Fuente: Proyecto GEF/Silvopastoril (2007)

Secuestro de carbono

La cuantificación del secuestro de carbono se realizó en los usos de la tierra: bosque secundario, pasturas degradadas, plantaciones forestales, pasturas mejoradas de baja densidad de árboles, pastura mejorada sin árboles, pastura natural con árboles y pastura natural sin árboles. El proceso consistió en cuantificar los depósitos de carbono en campo, para lo cual se diseñó una metodología que permitió determinar el carbono en el suelo hasta 1 metro de profundidad (Amézquita et al. 2005) y el carbono en la biomasa arbórea (Ibrahim et al. 2007). Los resultados obtenidos mostraron que el depósito total de carbono (sumatoria entre carbono orgánico en el suelo y en la biomasa arbórea) en las pasturas degradadas fue de solo 26,4 tC ha⁻¹, mientras el depósito en los bosques secundarios fue de 297,6 tC ha⁻¹ y en las plantaciones forestales de *Tectona grandis* fue de 187,4 tC ha⁻¹. Por su parte, los usos de la tierra conformados por pasturas mejoradas y naturales con árboles se encontraron en un rango entre las 114,4 y 143,0 tC ha⁻¹; datos son significativamente mayores que los encontrados para pasturas degradadas (figura 9.3). En este momento existe mucho interés en comprar carbono capturado en sistemas de producción ganaderos con buenas prácticas y en la implementación de SSP para fijar carbono porque estos pueden contribuir con la generación de beneficios ambientales e incrementar la productividad a nivel de finca.

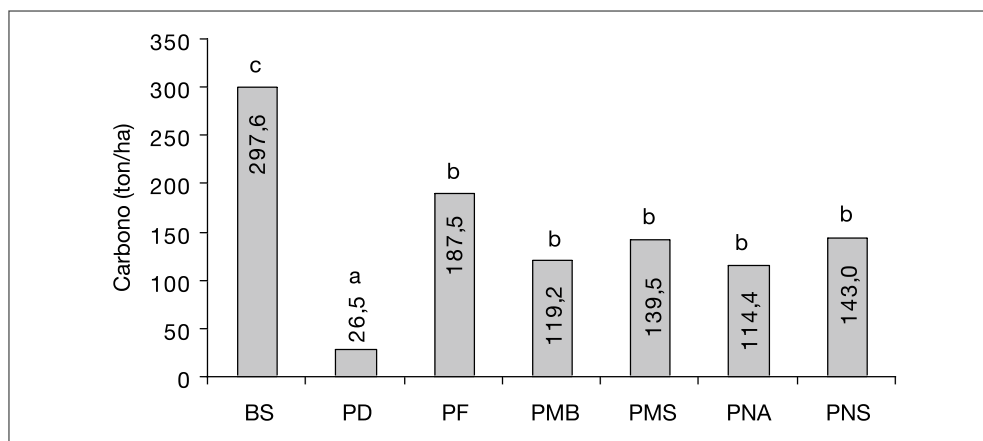


Figura 9.3. Almacenamiento de carbono total en diferentes usos del suelo en Esparza, Costa Rica, 2004. Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba de LSD Fisher $p \leq 0,05$.

BS: bosque; PD: pastura degradada; PF: plantación forestal de teca; PMB: pastura mejorada baja densidad de árboles; PMS: pastura mejorada sin árboles; PNA: pastura natural alta densidad de árboles; PNS: pastura natural sin árboles.

Fuente: Ibrahim et al. (2007)

Conservación de biodiversidad

En los estudios de monitoreo de diversidad de aves y mariposas en Esparza, se registraron un total de 157 especies de aves y 139 de mariposas. Los usos de la tierra más importantes para la conservación de estos grupos fueron los bosques secundarios, bosques ribereños y los tacotales (figura 9.4). Sin embargo, las pasturas con alta cobertura arbórea y cercas vivas multiestratos que se manejan con buenas prácticas de manejo (no fuego, reducción de herbicidas, talas selectivas, protección de árboles en las pasturas, protección de los cuerpos de agua del ingreso del ganado, rotación de potreros) contribuyen a la conservación de la especies de aves y mariposas en el paisaje agropecuario de Esparza. La importancia de las pasturas con árboles para la conservación de la biodiversidad también ha sido evidenciada en otros estudios realizados en paisajes agropecuarios en Nicaragua y Costa Rica (Cárdenas et al. 2003, Hernández et al. 2003, Lang et al. 2003, Harvey et al. 2006, Medina et al. 2004, Vílchez et al. 2004).

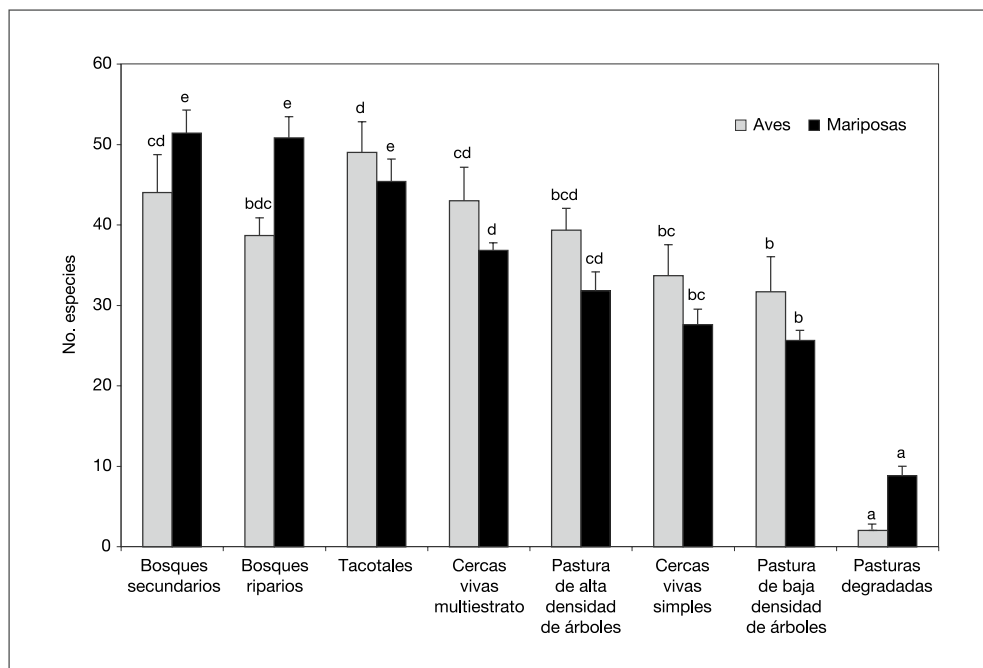


Figura 9.4. Número de especies de aves y mariposas registradas en los monitoreos de diversidad en diferentes usos de la tierra en Esparza, Costa Rica. Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba de LSD Fisher $p \leq 0,05$. Las barras indican el error estándar.

Fuente: Sáenz (2005); Tobar et al. (2007)

Los monitoreos de biodiversidad de aves realizados por el proyecto GEF/Silvopastoril evidencian que en el paisaje agropecuario de Esparza se están conservando especies de aves de interés para la conservación como el pájaro campana (*Procnias tricarunculata*), el buco barbón (*Malacoptila panamensis*), el pinzón aceitunado (*Arremonops rufivirgatus*), el pinzón piquinaranja (*Arremon aurantirostris*), el soterrey rufo y blanco (*Thryothorus rufalbus*), el mosquero real (*Onychorhynchus coronatus*) y el gavilán blanco (*Leucopternis albicollis*). También se conservan importantes especies de mariposas como *Panhiades bathildis*, *Dynamine milita*, *Neographium epidaus*, las cuales son sensibles a la reducción de las áreas de bosque (pérdida de cobertura boscosa). Es probable que con la implementación y manejo de los SSP en la región, se pueda contribuir a la conservación de estas especies dentro de paisajes agropecuarios dominados por la ganadería.

Cuando se comparó la riqueza de especies presentes en Esparza con la del Parque Nacional Santa Rosa en Costa Rica, se observó que el paisaje fragmentado de Esparza puede mantener el 67% de las especies de aves y el 48% de las especies de mariposas presentes en dicho parque (Sáenz 2005).

Mejoras del recurso hídrico

El potencial que tienen los SSP para contribuir en la provisión de los servicios hidrológicos (cantidad y calidad) es muy significativo, aun cuando es el servicio ambiental menos estudiado. Bajo este contexto se evaluó el comportamiento hidrológico (escorrentía superficial, infiltración, percolación) y la erosión en pasturas tradicionales, pasturas mejoradas con árboles dispersos, plantación forestal, bancos forrajeros y un bosque secundario intervenido (Ríos et al. 2007) (cuadro 9.3). Los datos obtenidos en campo concuerdan con aquellos estimados mediante el uso del software Water Soil Assessment Tool, SWAT (Ríos et al. 2008).

En ese estudio se determinó que conforme incrementa la cobertura arbórea en los diferentes usos de la tierra, disminuye la escorrentía superficial y aumenta la infiltración.

Otros estudios realizados dentro del proyecto GEF/Silvopastoril muestran que la calidad del agua a nivel físico-químico es menor en potreros y establos que en bosques y nacientes de agua. Se evidenció que la vegetación ribereña tiene un efecto positivo en la disminución de sedimentos y nutrientes que ingresan a los cursos de agua (Auquilla 2005).

Cuadro 9.3. Balance hídrico (%) y erosión en diferentes sistemas ganaderos y un bosque secundario intervenido en la subcuenca del Río Jabonal, Esparza, Costa Rica

Uso de suelo	Precipitación (%)	ET* (%)	Escorrentía (%)	Infiltración (%)	Erosión (t ha ⁻¹ año ⁻¹)
Pasturas naturales sobrepastoreadas	100	5,8	25,7	68,5	42
Pasturas mejoradas con árboles dispersos	100	5,2	14,0	80,8	11
Plantación forestal	100	10,5	9,3	80,2	6
Bosque secundario intervenido	100	5,2	8,1	86,7	5
Banco forrajero	100	9,4	5,6	85,0	3

*ET: Evapotranspiración

Fuente: Proyecto GEF Silvopastoril (2007); Ríos et al. (2007)

Percepción sobre el pago por servicios ambientales

Con la finalidad de conocer bajo qué condiciones los PSA pueden llegar a ser un instrumento efectivo para favorecer cambios sostenibles en el uso del suelo en fincas ganaderas y generar bienestar a los productores ganaderos, Sepúlveda et al. (2007) analizó las percepciones de los productores sobre conocimiento y aceptación del esquema de PSA implementado por el proyecto en la zona piloto de Esparza, Costa Rica. El 72% de los productores respondió que el pago que recibió del proyecto fue por la venta de los servicios ambientales que generaron en sus fincas. Los pagos por servicios ambientales se constituyen entonces en un incentivo importante para que los productores generen beneficios ambientales y aumenten la rentabilidad de sus fincas mediante la implementación de los sistemas silvopastoriles. Algunos donantes tienen la confianza que el PSA se convierta en un instrumento que contribuya a mejorar el bienestar de las familias rurales en América Latina (Ibrahim et al. 2005; Pagiola et al. 2005).

Para los productores el pago es por la venta del servicio y lo aprovechan como una oportunidad para obtener ingresos adicionales a la venta de leche y ganado para su finca.

A pesar del reconocimiento que los productores dan a PSA, un 73% de los productores mencionó el acceso a los recursos y un 37% la falta de disponibilidad de tierra como las principales limitantes identificadas para participar en un programa de este tipo. Lo anterior adquiere importancia si se toma en cuenta la ausencia de recursos financieros para la inversión, por ejemplo en la implementación SSP para hacer los cambios de uso del suelo. La eficiente operativización de políticas existentes para el sector ganadero, el diseño de créditos blandos y la reformulación de programas de capacitación y asistencia técnica podrían contribuir al fomento y a la adopción de buenas prácticas en la fincas para la generación de los servicios ambientales.

Finalmente, se enfatiza en que una política ganadera basada únicamente en el incremento de la producción, sin ocuparse de la preservación o incremento de los recursos naturales en las fincas, podría enfrentar problemas graves de sostenibilidad en el mediano plazo y a su vez desembocar en un aumento de la pobreza. Ante esto, los PSA pueden contribuir a una producción ganadera más sostenible y generadora de mejores condiciones de vida en las poblaciones del sector rural (Sepúlveda et al. 2007).

9.5 Conclusiones

El proyecto GEF/Silvopastoril desarrolló y probó una metodología de pago por servicios ambientales provenientes de los SSP en fincas ganaderas.

Las fincas que recibieron el PSA realizaron cambios en los usos de la tierra a mayor velocidad que las fincas control. Se considera el PSA como una valiosa herramienta para fomentar la adopción de SSP en fincas ganaderas.

Los cambios en los usos de la tierra son importantes porque les permiten a los finqueros capturar carbono, mejorar la biodiversidad y mejorar los parámetros hídricos de los sistemas de producción, así como mejorar la productividad.

Los ganaderos están satisfechos con el nivel de pago que recibieron y ellos saben que el pago recibido fue para la compensación de servicios ambientales.

9.6 Referencias bibliográficas

- Auquilla, R. 2005. Usos del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica. Tesis MAG. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 113 p.
- Amézquita, M; Ibrahim, M; Llanderal, T; Buurman, P; Amézquita, E. 2005. Carbon Sequestration in Pastures. *Silvopastoral Systems and Forests in Four Regions of the Latin American Tropics*. *Journal of Sustainable Forestry* 21(1):31–50.
- Betancourt, H; Pezo, D; Cruz, J; Beer, J. 2006. Impacto bioeconómico de la degradación de pasturas en fincas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala. *In IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible y III Simposio sobre Sistemas Silvopastoriles para la Producción Ganadera Sostenible (Cuba)*. Memoria. 140 p.
- Cárdenas, G; Harvey, C; Ibrahim M; Finegan, B. 2003. Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10(39-40):78–85.
- Chagoya, JL. 2004. Investment Analysis of Incorporating Timber Trees in Livestock Farms in the Subhumid Tropics of Costa Rica. Mag. Sc. Thesis. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 90 p.
- Dagang, ABK; Nair, PK. 2003. Silvopastoral Research and Adoption in Central America: Recent Findings and Recommendations for Future Directions. *Agroforestry Systems*. 59. p.149–155.
- Esquivel, H. 2007. Tree Resources in Traditional Silvopastoral Systems and Their Impact on Productivity and Nutritive Value of Pastures in the Dry Tropics of Costa Rica. Ph.D, Thesis. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 161 p.
- Harvey, C; Medina, A; Sánchez, D; Vílchez, S; Hernandez, B; Saenz, J; Maes, J; Casanoves, F; Sinclair, F. 2006. Patterns of Animal Diversity in Different Forms of Tree Cover in Agricultural Landscapes. *In Ecological Applications*. 16: 19–86.
- Hernández, B; Maes, M; Harvey, C; Vilchez, S; Medina, A; Sánchez, D. 2003. Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 10(39–40):93–102.
- Holdridge, LR. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. San José. IICA.

- Holmann, F; Argel, L; Rivas, D; White, R; Estrada, D; Burgos, C; Pérez, E; Ramírez, G; Medina, A. 2004. ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas? Una evaluación de los beneficios y costos desde la perspectiva de los productores y extensionistas pecuarios en Honduras. Documento de trabajo No. 196. Cali, Colombia. CIAT, DICTA, ILRI.
- Ibrahim, M; Casasola, F; Villanueva, C; Murgueitio, E; Ramírez, E; Sáenz, J; Sepúlveda, C. 2008. Payment for Environmental Services as a Tool to Encourage the Adoption of Silvopastoral Systems and Restoration of Agricultural Landscapes Dominated by Cattle in Latin America. *Revista Journal of Sustainable Forestry*. (En prensa).
- Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa aérea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45:27–36.
- Ibrahim, M; Chacón, M; Mora, J; Zamora, S; Gobbi, J; Llanderal, T; Harvey, C; Murgueitio, E; Casasola, F; Villanueva, C; Ramírez, E. (2005). Opportunities for Carbon Sequestration and Conservation of Water Resources on Landscapes Dominated by Cattle Production in Central America. *In IV Wallace Conference: Integrated Management of Environmental Services in Human-Dominated Tropical Landscapes*. Memoria. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 27–34. (4th Conference in the Series).
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2002. Estadísticas de Costa Rica, San José. INEC.
- Lang, I; Gormley, L; Harvey, C; Sinclair, F. 2003. Composición de la comunidad de aves en cercas vivas de Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. (10):86–92.
- López, M. 2005. Procesos del fomento tecnológico de bancos de proteína de *Gliricidia sepium* en Rivas, Nicaragua: resultados bioeconómicos y lecciones aprendidas para su difusión. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 92 p.
- Medina, A; Harvey, C; Sánchez, D; Medina, A; Vilchez, S; Hernández, B. 2004. Diversidad y composición de chiropteros en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Revista Encuentro de la Universidad Centroamericana*. 68:24–43.
- Mojica Betancourt, F. 1994. Suelos de Costa Rica, *En Cortés, G. ed. Atlas agropecuario de Costa Rica*, San José, Costa Rica. EUNED. p. 29–44.

- Murgueitio, E; Ibrahim, M; Ramírez, E; Zapata, A; Mejía, C; Casasola, F. 2003. Guía para el pago de servicios ambientales en el proyecto Enfoques Silvopastoriles para el Manejo de Ecosistemas. Cali, Colombia. CIPAV, CATIE, Nitlapan.
- Pagiola, S; Arcenas, A; Platáis, G. (2005). Can Payments for Environmental Services Help Reduce Poverty? An Exploration of the Issues and the Evidence to Date from Latin America. *World Development* 33:237–253.
- Proyecto silvopastoril, 2007. Informe anual de labores, agosto 2006 a agosto 2007. ed. Ibrahim, M; Casasola, F; Ramírez, E; Murgueitio, E. 137 p.
- Ríos, N; Cárdenas, A; Andradre, H; Ibrahim, M; Jiménez, F; Sancho, F; Ramírez, E; Reyes, B; Woo, A. 2007. Estimación de la escorrentía superficial e infiltración en sistemas de ganadería convencional y en sistemas silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Revista Agroforestería de las Américas* (45):66–71.
- Ríos, N; Heidenger, H; Zorogastua, P; Ibrahim, M; Velásquez, S; Quiróz, R. 2008. Estimación del balance hídrico y producción de sedimentos bajo tres escenarios de cobertura en la subcuenca ganadera del Río Jabonal, Costa Rica, mediante el empleo de SWAT. Presentado en el Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA) 2008. San José, Costa Rica. 12 p.
- Sáenz, JC. 2005. Informe monitoreo de aves, Esparza, Costa Rica. Proyecto GEF/CATIE. CATIE, Turrialba.
- Sáenz, J; Villatoro, F; Ibrahim, M; Fajardo, D; Pérez, M. 2007. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas*. (45):37–48.
- Sepúlveda, C; Marín, Y; Ibrahim, M; Ramírez, E. 2007. El pago por servicios ambientales en fincas ganaderas: una percepción de los productores de Matiguás, Nicaragua. *Revista Encuentro*. Año XXXIX. (77):53–69.
- Souza de Abreu, MH; Ibrahim, M; Harvey, C; Jiménez, F. 2000. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de la Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26):53–56.
- Szott, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The Hamburger Connection and Alternative Land Use in Central America. Serie Técnica Informe Técnico, CATIE, Turrialba.
- Tobar, E; Ibrahim, M; Casasola, F. 2007. Diversidad de mariposas en un paisaje agropecuario del Pacífico Central de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* (45):58–65.

Vilchez, S; Harvey, C; Sánchez, D; Medina, A; Hernández, B. 2004. Diversidad de aves en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. Revista Encuentro de la Universidad Centroamericana. 68:60–75.

Capítulo 10

Esquema de pago por servicios ambientales de la Comisión Nacional Forestal, México

Jorge Luis Chagoya, Leonel Iglesias Gutiérrez

Resumen

En México, la conversión de bosque natural a otros usos del suelo ha registrado cifras alarmantes (260.000 ha entre 2000 y 2005). Desafortunadamente estos cambios pueden generar externalidades negativas, por ejemplo liberación de CO₂, reducción de la biodiversidad y descenso en los caudales de ríos y manantiales, entre otros. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) implementa desde el 2003 un esquema de pago por servicios ambientales (PSA) con el objetivo de reducir la conversión de la cobertura forestal por medio de una compensación económica a los dueños de los bosques. Los resultados indican que del año 2003 al 2008, se han protegido 1,7 millones de hectáreas con una erogación aproximada de US\$283 millones. Sin embargo, estos resultados no son suficientes para proteger toda el área seleccionada como prioritaria (27,4 millones de hectáreas). Esta situación es generada por factores como, por ejemplo, el costo de oportunidad de la tierra es mayor que el monto ofrecido por el esquema de PSA, los costos de transacción son mayores a los beneficios por obtener, los requisitos para acceder al pago son muchos y difíciles de completar, y los fondos económicos aportados por el gobierno no son suficientes para cubrir la demanda. Finalmente, CONAFOR está desarrollando acciones para enfrentar los problemas mencionados con anterioridad, por ejemplo, la organización de los dueños de los bosques en asociaciones regionales de silvicultores (ARS), el desarrollo de políticas que permiten la participación económica de los usuarios de los servicios ambientales (fondos concurrentes) y la investigación en el desarrollo de metodologías para la valoración y cuantificación de los servicios ambientales generados por el bosque.

Palabras claves: bosque natural, suelo, captura de carbono, atmósfera, silvicultores

Abstract

In México, natural forest conversion to other productive land uses reached alarming numbers (260,000 ha from 2000 to 2005). Unfortunately, these land-use changes could generate negative externalities, such as CO₂ release, decrease in biodiversity and reduced availability of water, among others. Since 2003 the National Forestry Commission (CONAFOR) has implemented a system of payment for environmental services (PES) intended to reduce forest conversion by economic compensation to forest owners. Results indicated that from 2003 to 2008, 1.7 million ha were protected for an amount of US\$283 million. However, these results are not enough to protect the total area selected (27.4 million ha). This situation has been created by factors such as, for example, the opportunity cost of land is higher than the amount offered by the PES system, transaction costs are higher than the possible benefits, bureaucratic requirements are difficult to fulfill and government funds are not enough to cover all the demand. Finally, CONAFOR is developing actions to address these problems, for example organization of forest owners in regional silviculture associations, policies that promote economic participation of users of the environmental services (i.e., concurrent funds) and research in the development of methodologies to evaluate and quantify the environmental services generated by the forest.

Key words: natural forest, land, carbon capture, atmosphere, forest owner



Foto: Jorge Chagoya

10.1 Introducción

En México, la conversión de bosques a otros usos del suelo continúa incrementándose en los últimos años (200.000 ha entre 2000 y 2005) (Bezauri e Iglesias 2007, FAO 2007). El cambio responde a una compleja relación de factores generados por el rápido crecimiento poblacional. Como ejemplo, México incrementó su población de 22,5 a 105 millones en tan solo 50 años. Pocos países del mundo han registrado esta tendencia tan acelerada (Meadows et al. 2004). El crecimiento poblacional ha generado mayor presión sobre los bosques y selvas naturales, los cuales en general son transformados a sistemas de producción insostenibles. Dichos cambios de uso de suelo generan externalidades negativas que pueden afectar a los usuarios locales o globales de los servicios ambientales. Por otro lado, los usuarios de los servicios normalmente no los valoran adecuadamente, y hasta el momento no existe entre la población una cultura de pago para los proveedores de algún servicio ambiental.

Los esquemas de pago por servicios ambientales (PSA) surgen como una estrategia para vincular a los proveedores de algún servicio ambiental con los usuarios de dicho servicio, en el entendido que los usuarios deben pagar por el servicio ambiental que están recibiendo (como si fuera cualquier otro servicio: luz, agua, teléfono, combustible, transporte) a los proveedores de dicho servicio, siempre y cuando los proveedores garanticen la provisión adecuada del servicio en cuestión. Esta teoría ha funcionado en países de primer mundo donde el nivel socioeconómico y cultural es más elevado, haciendo que la percepción hacia la conservación del medio ambiente en el mediano y largo plazo sea más aceptada. Desafortunadamente, en países en desarrollo con niveles altos de pobreza y marginación, el hoy es más importante que el mañana, por lo que la implementación de esquemas de PSA bajo las reglas de un mercado perfecto ha tenido que modificarse para su implementación en campo.

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) es la encargada de la implementación, seguimiento y evaluación de las políticas de PSA en México. Esta institución inició sus políticas de PSA en el 2003, con el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH). Posteriormente, en el 2004, comenzó sus políticas de Pago para la Conservación de los Servicios Ambientales derivados de la Biodiversidad y de los Sistemas Agroforestales (café y cacao) y la elaboración de proyectos para la fijación de carbono y reducción de emisión de gases de efecto invernadero. A este último programa se le denominó PSA-CABSA. Ambos el PSAH y el PSA-CABSA operan dentro del Programa ProÁrbol del gobierno federal. Posteriormente y debido a la resistencia de los usuarios para reconocer, valorar y pagar por los servicios ambientales que los proveedores proporcionan, la CONAFOR, con la ayuda del Fondo Mundial para la Protección de la Naturaleza (GEF, por sus siglas en inglés) y un préstamo del Banco Mundial (BM), inició en 2007 la gestión para promover mecanismos locales de PSA.

El objetivo del presente documento es analizar desde un punto de vista objetivo las políticas de PSA que la CONAFOR ha implementado, los resultados obtenidos, así como las nuevas propuestas para adecuar las políticas a las diferentes condiciones socioeconómicas que existen en México.

10.2 Antecedentes

En el 2001, la CONAFOR se crea como un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, cuya coordinación sectorial corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), quien dictará las políticas normativas, coordinará la programación y planeación presupuestaria, conocerá la operación y evaluará los resultados, conservando la comisión la autonomía de gestión para el cabal cumplimiento de su objeto y de los objetivos y metas señalados en sus programas. Tiene como objeto desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y de restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de los planes y programas y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable. Dentro de sus funciones destaca apoyar la ejecución de programas de bienes y servicios ambientales que generen los recursos forestales (Diario Oficial 2001).

La fase de análisis y diseño del esquema de PSAH abarcó desde mediados del 2001 hasta mayo de 2003. Durante este período, se gestó la idea del PSA con la participación del INE (Instituto Nacional de Ecología) y la CONAFOR, las cuales fueron apoyadas por un equipo de académicos de la Universidad Iberoamericana, el Centro de Estudios y Docencia Económica (CIDE) y la Universidad de California en Berkeley. También fueron apoyados por el equipo del Departamento Ambiental del Banco Mundial, el cual a través de una donación del gobierno de Francia ayudó a financiar la recolección de datos para su análisis, además de otorgar asesoría y retroalimentación a lo largo de las diversas etapas del diseño. Se realizaron, en parte con el apoyo del Banco Mundial, una serie de consultas a expertos en materia hidrológica y forestal provenientes de diversas instituciones nacionales e internacionales. El hecho de contar con un respaldo académico de alto nivel fue fundamental para convencer de la solidez de la propuesta a quienes lo veían como un instrumento muy novedoso, y por lo tanto, altamente riesgoso (Muñoz et al. 2006). Actualmente, el Comité Técnico Nacional del programa y el Comité Técnico Consultivo son los encargados del diseño, operación y evaluación del programa de PSA de la CONAFOR. Dichos comités están conformados por proveedores de servicios ambientales, científicos, sociedad civil y representantes del Poder Ejecutivo.

10.3 Marco legal y mecanismo financiero

Considerando que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en su artículo 4º que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar, aspiración que la federación debe materializar en beneficio de la población, en octubre de 2003 se publican las reglas de operación del esquema de PSAH. Desde su creación el PSAH estuvo enmarcado en el Plan Nacional de Desarrollo, Plan Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales y en el Programa Nacional Forestal vigentes en ese momento. En ellos se establece que el medio ambiente es prioritario para el Ejecutivo Federal y que el desarrollo de la nación no será sustentable si no se protegen los recursos naturales que se poseen. Este programa de PSAH operó en 2003 con fondos federales (US\$18,2 millones por año) provenientes de la recaudación anual del cobro por uso de agua (Diario Oficial 2003). Posteriormente, el recurso proveniente de los grandes usuarios del agua se incrementó en 2004 a US\$27,3 millones por año (Artículo 223 de la Ley Federal de Derechos), mismo que ha servido de capital semilla para financiar los pagos de PSA y posteriormente promover el reembolso al MB. Adicionalmente, en el 2006 la CONAFOR gestionó un financiamiento de US\$45 millones, otorgado por el BM y un donativo del GEF por US\$15 millones (World Bank 2006). Este impulso se ha consolidado en proporción 3:1 con apoyo del Programa ProÁrbol, al pasar de un financiamiento de US\$27,3 a casi US\$100 millones para cada uno de los años 2007 y 2008 y para los programas PSAH y PSA-CABSA, respectivamente.

En noviembre del 2004, se crean las reglas de operación para el otorgamiento de pagos para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistema agroforestales (PSA-CABSA). El objetivo del programa es promover entre los beneficiarios la realización de actividades que generen capacidades organizativas y de gestión local y regional y fortalecer las estructuras institucionales para 1) que los propietarios y poseedores de los recursos forestales tengan acceso a los mercados nacionales e internacionales de los servicios ambientales relacionados con la captura de carbono y con la biodiversidad de los ecosistemas forestales, 2) que los propietarios y poseedores de terrenos agrícolas o preferentemente forestales, en los términos que lo define la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, establezcan sistemas agroforestales mediante la reconversión del uso eminentemente agrícola

del suelo hacia un uso que integre elementos agrícolas y forestales, así como a través del fortalecimiento de sistemas agroforestales ya existentes (Diario Oficial 2004).

Uno de los objetivos de programa de PSA de la CONAFOR es conservar los ecosistemas particularmente valiosos para amortiguar los impactos de huracanes y otros fenómenos meteorológicos, como ha sido la inclusión de casi el 100% de las áreas de manglar en las zonas elegibles para el PSA. En diciembre de 2007, dentro del mismo concepto, se publican los términos de referencia para la implementación del PSA enfocados al Fomento de la Regeneración Natural de Bosques y Selvas afectados por Fenómenos Meteorológicos. Este programa tiene como objetivo disminuir los riesgos o corregir los daños causados por fenómenos extremos y considera el retiro y/o aprovechamiento de los árboles y el material vegetal derribados durante el evento, para reducir la acumulación de material seco que pueda incrementar la posibilidad de un posterior incendio forestal. Este programa de PSA opera con fondos federales (Diario Oficial 2007) y su implementación obedece a circunstancias coyunturales, generadas por el huracán Dean (CONAFOR–SEMARNAT 2007).

10.4 Conceptos de apoyo y mecanismos de pago

Es importante comentar que desde el 2007, todos los programas de PSA se encuentran dentro de un programa rector denominado ProÁrbol, el cual contempla muchas otras acciones como reforestación, conservación de suelos, manejo de bosques, plantaciones forestales, tecnología de la madera, capacitación, divulgación, investigación, transferencia de tecnología, etc. Los interesados en obtener los apoyos de los programas de PSA que tiene la CONAFOR deben cumplir con los requisitos que aparecen en los términos de referencia de cada uno y el mecanismo de pago es a través de las reglas de operación del ProÁrbol (CONAFOR–SEMARNAT 2007). El pago se deposita en el Fondo Forestal Mexicano (FFM), en contratos de cinco años, con oportunidad de prórroga. A continuación, se destacan algunos aspectos importantes de cada uno de los programas de PSA.

Subcategoría C5.1. Servicios ambientales hidrológicos. Se refiere al pago para desarrollar acciones de protección y manejo de los ecosistemas forestales con el fin de mantener o mejorar la provisión de los servicios ambientales

hidrológicos. En caso que el productor así lo solicite, se puede considerar un monto aparte para el pago de asistencia técnica y para elaborar un Programa de Mejores Prácticas de Manejo (PMPM). Para poder tener acceso a estos apoyos, la persona interesada debe cubrir los siguientes requisitos: 1) ser mexicano y acreditar la legalidad de la propiedad o posesión de los terrenos forestales, preferentemente forestales o temporalmente forestales, conforme a la definición de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable; 2) presentar un terreno con cobertura forestal arbórea mayor al 50%; y 3) estar el predio en una zona elegible, cuyos polígonos, mapas e información geopolítica se da a conocer por parte de la CONAFOR cada año en su página www.conafor.gob.mx.

Subcategoría C5.2. Desarrollo de la idea de proyecto de captura de carbono.

El pago se otorga para apoyar el desarrollo de la idea de proyecto para el secuestro de bióxido de carbono. Este documento resume los elementos principales del proyecto, en término de sus beneficios ambientales, económicos y sociales, que constituye el paso previo para la formulación del documento de diseño de proyecto y la eventual comercialización de bonos de bióxido de carbono equivalente (CO_2e). Los terrenos propuestos deberán cumplir con los criterios de elegibilidad establecidos en el marco del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL). La superficie mínima de apoyo puede estar constituida por polígonos de diversos tamaños, ninguno de los cuales deberá ser menor a una hectárea. El documento de la idea de proyecto de captura de carbono contendrá como mínimo, la información siguiente: 1) determinación de elegibilidad de terrenos y límites del proyecto, debidamente georeferenciados, así como su estratificación por uso actual del suelo; 2) evaluación rural participativa; 3) determinación de actividades de forestación y/o reforestación elegibles y selección de metodología A/R MDL, más apropiada; 4) análisis de adicionalidad; 5) estimación de remociones antropogénicas netas conforme a metodología seleccionada; y 6) procedimientos de monitoreo y los resultados de la consulta a interesados.

Para el pago del proyecto se otorga un anticipo del 50% del apoyo autorizado para su elaboración y el pago final del 50% restante se realizará una vez que la idea de proyecto de captura de carbono haya sido entregada en formato impreso y digital, aceptado por la CONAFOR y autorizado por el Comité Técnico Nacional.

Subcategoría C5.3 Conservación de la biodiversidad. Se refiere al pago para desarrollar acciones de protección y manejo con el fin de conservar la biodiversidad presente (flora y fauna silvestre), contribuyendo a la provisión y mejoramiento de servicios ambientales relacionados con la biodiversidad en ecosistemas forestales, tales como la polinización de plantas, control biológico de plagas, así como los relativos con la belleza del paisaje y las oportunidades de recreación, entre otros. Los proveedores beneficiados de este concepto recibirán un pago anual hasta por cinco años consecutivos para realizar acciones de conservación en el área sujeta de apoyo. Están obligados a elaborar y entregar a la CONAFOR un PMPM en el primer año de apoyo, como requisito para refrendar su segundo pago, y a realizar las actividades que se establezcan en él, para el refrendo de los pagos en los años subsecuentes.

Subcategoría C5.4 Sistemas agroforestales con cultivos bajo sombra. Se refiere a la conservación de sistemas de producción de café (*Coffea arabica*), cacao (*Theobroma cacao*) y palma camedor (*Chamaedorea palm*) que tengan dentro de su diseño un componente forestal cuyo fin principal sea la provisión de sombra. Se da por entendido que estos sistemas agroforestales tienen externalidades positivas en la provisión de agua; captura de CO₂; amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; modulación o regulación climática; protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; y la protección y recuperación de suelos, el paisaje y la recreación, entre otros. Algunos de los requisitos para acceder a estos apoyos son 1) que los productores estén registrados en el Padrón Nacional Cafetalero o en su caso en el Padrón Nacional Cacaotero; 2) en caso de la palma camedor, se debe presentar un permiso de aprovechamiento forestal no maderable autorizado por la SEMARNAT; 3) la contratación de asesoría técnica para la elaboración del PMPM es de carácter obligatorio.

Subcategoría C5.5. Fomento a la regeneración natural de bosques y selvas afectados por fenómenos meteorológicos. Este programa busca que en aquellas superficies de bosques y selvas afectadas por fenómenos meteorológicos, sean retirados desechos vegetales que potencialmente se constituirían en material combustible. El retiro o limpia de materiales tendrá la finalidad de evitar incendios forestales al mismo tiempo que permite la apertura de espacios y acomodo de residuos que favorezcan la regeneración natural del predio. Las superficies elegibles serán aquellas áreas de bosques y/o selvas cuya cobertura arbórea haya sido derribada al menos en un 40% por fenómenos meteorológicos (frentes

fríos, ciclones y huracanes), durante el año de la convocatoria o el inmediato anterior a la solicitud, por lo que las áreas sujetas de apoyo serán diferentes cada año. La zona elegible se construirá a detalle por parte de la CONAFOR con base en la declaratoria de desastre oficial de la SEGOB (Secretaría de Gobernación).

En los cuadros 10.1a y 10.1b se resumen los montos del PSA en los diferentes programas, así como sus características más importantes.

Cuadro 10.1a. Esquemas de pago por servicios ambientales ofrecidos por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), México

Concepto de Apoyo	Pago por servicio ambiental en smvdf*	Monto de apoyo en asistencia técnica smvdf*	Superficie de apoyo en hectáreas	Forma de otorgar el apoyo
C5.1. Hidrológicos	8,5 por ha por año en bosque mesófilo 7,5 por ha por año en bosques de encino 6,5 por ha por año en otros bosques y selvas	De 20 a 50 ha 316 De 51 a 500 ha 410 De 501 a 1.000 ha. 750 Mayor a 1.000 ha 1.080 Los montos son por año y por predio y sólo para beneficiarios con PMPM	De 20 a 3.000 para ejidos y comunidades De 20 a 200 por persona física	Se asignarán apoyos hasta por cinco años consecutivos
C5.2. Desarrollo de la idea del proyecto de captura de carbono		De 500 a 1.500 ha 2.950 De 1.501 a 3.000 ha 3.550 Más de 3.000 ha 4.150	Mínimo 500 ha	Pago inicial de 50% a la firma del convenio de adhesión, el resto cuando se apruebe el documento de la idea del proyecto

continúa en la próxima página

Cuadro 10.1a.–continuación

C5.3. Conservación de la biodiversidad	7,5 por ha por año	De 20 a 50 ha 316 De 51 a 500 ha 410 De 501 a 1.000 ha 750 Mayor a 1.000 ha 1.080; los montos son por año y por predio	Mínimo 20 y máximo 2.000 para ejidos y comunidades De 20 a 200 por persona física	Se asignarán apoyos anuales hasta por cinco años consecutivos
---	--------------------	---	--	---

*smvdf (salario mínimo vigente en el Distrito Federal). 1smvdf: 52,59 pesos mexicanos: US\$5,07
PMPM: Programa de Mejores Prácticas de Manejo
ha: hectáreas
Fuente: CONAFOR–SEMARNAT (2007)

Cuadro 10.1b. Esquemas de pago por servicios ambientales ofrecidos por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), México

Concepto de apoyo	Pago por servicio ambiental en smvdf*	Monto de apoyo en asistencia técnica smvdf*	Superficie de apoyo en hectáreas	Forma de otorgar el apoyo
C5.4. Sistema agroforestales con cultivos bajo sombra	6,5 por ha por año	De 200 a 500 ha 415 De 501 a 1.000 ha 750 Los montos son por año y por predio	Mínimo 200, máximo 1.000 para ejidos y comunidades Máximo 200 por persona física	Se asignarán apoyos hasta por cinco años consecutivos
C5.5. Fomento a la regeneración natural en bosques y selvas afectadas por fenómenos meteorológicos	6,5 por ha por año	De 20 a 50 ha 300 De 51 a 500 ha 575 De 501 a 1.000 ha 590 Mayor a 1.000 a 3.000 ha 1.080 Los montos son por año y por predio	De 20 a 3.000 para ejidos y comunidades De 20 a 200 por persona física	Se asignarán por cinco años consecutivos

*smvdf (salario mínimo vigente en el Distrito Federal).
1smvdf: 52,59 pesos mexicanos: US\$ 5,07
PMPM: Programa de Mejores Prácticas de Manejo
ha: hectáreas
Fuente: CONAFOR–SEMARNAT (2007)

Resultados del programa en sus convocatorias 2003–2008

De las 62,9 millones de hectáreas de bosques que hay en México (Velázquez et al. 2002), 50 millones son aptos para el PSAH, según los criterios de elegibilidad de la CONAFOR. Desde el inicio del programa de PSA en el 2003 y hasta el 2008 se han protegido 1,7 millones de hectáreas con un monto total de 2,93 millones de pesos (US\$283 millones). En el cuadro 10.2 se presenta un resumen de todos los esquemas de PSA.

Cuadro 10.2. Resumen total de los resultados de los esquemas de pago por servicios ambientales implementados por la Comisión Nacional Forestal, México. Período 2003–2008

Servicio ambiental	Hectáreas	Monto total (millones de pesos)
Hidrológicos	1.463.600	2.414,69
Conservación de la biodiversidad	180.821	361,72
Sistemas agroforestales	81.094	138,8
Fijación carbono	6.962	0,715
Fomento a la regeneración natural	7.165	13,1
Total	1.739.642	2.929,025

10,35 pesos: US\$1

Fuente: www.conafor.gob.mx

Problemas surgidos durante el proceso

Como todo esquema de PSA implementado a nivel nacional, el programa desarrollado e implementado por la CONAFOR ha tenido varios cuestionamientos. Por ejemplo, no se ha llegado a proteger el total del área asignada como prioritaria (1,47 de 50 millones de hectáreas). Esto tiene varias causas que lo provocan, por ejemplo, el monto asignado al PSA no cubre el costo de oportunidad de la tierra en las zonas seleccionadas, y/o los costos de transacción para los pequeños productores son muy altos, y/o la falta de algún documento que se marca como requisito indispensable, y/o los recursos asignados han sido insuficientes para cubrir la demanda total. Otro cuestionamiento es que el impacto en cuanto a la relación causa–efecto no ha sido cuantificado. Esto es,

¿Cuántos litros de agua se están protegiendo? ¿Se ha incrementado el caudal en la áreas bajo PSAH? ¿Cuáles eran los indicadores de biodiversidad antes y después de la implementación del esquema? ¿Cuántas toneladas de carbono se han fijado? Desafortunadamente, no se tienen estudios de línea base para poder responder estas preguntas y muchos de los posibles resultados de la relación causa-efecto están sustentados en extrapolaciones de investigaciones y bases de datos anteriores y no en datos biofísicos tomados específicamente en el área de estudio. En el caso de los servicios ambientales hidrológicos, uno de los problemas es que no se ha tenido la oportunidad de proteger una microcuenca por completo para poder cuantificar la producción de agua antes y después de la implementación del esquema de PSAH. Una explicación probable es que solo un reducido número de dueños de la tierra en una zona de recarga acceden o cumplen con las reglas de operación para entrar en el esquema de PSAH, mientras que al otro porcentaje de los terratenientes no les interesa. Esto ha sido palpable en acciones locales como el FIDECOAGUA en Coatepec, Veracruz, donde en una microcuenca de aproximadamente 5.000 ha, solo se están protegiendo 668 ha.

Actividades para solventar los problemas

La CONAFOR, consciente de los problemas surgidos durante la implementación y seguimiento de sus esquemas de PSA, está desarrollando diversas acciones para vincular a los productores, para reducir las barreras burocráticas, para generar información biofísica y para estar a la vanguardia en las nuevas tendencias de esquemas de PSA en América Latina. A continuación, se presentan algunos ejemplos de dichas acciones.

Organización de productores

Recientemente, la CONAFOR está impulsando la organización de productores por medio de la formación de Asociaciones Regionales de Silvicultores (ARS). Estas ARS son el punto de encuentro más cercano entre los productores y la CONAFOR. Sirven de ventanilla para la entrega de papeles y la recepción del PSA. Además, son foro para talleres, cursos, charlas y toda demanda de investigación que se quiera realizar debe ir con el visto bueno de la ARS. Es muy importante comentar que estas ARS son apoyadas financieramente por la CONAFOR para los gastos operativos, por ejemplo, oficina, secretaría, teléfono, luz, computadora, Internet, fax y por lo menos el servicio de un técnico forestal. Sin embargo, el trabajo de promoción del programa continúa bajo la supervisión de la CONAFOR, para lo cual ha incrementado su cuerpo

de asistentes técnicos especializados, con lo cual la integración de expedientes, recepción en ventanilla, levantamiento de polígonos y predictamen se han convertido en actividades que mejoran la operación en su conjunto.

Fondos concurrentes

En la estrategia novedosa de fondo concurrentes, la CONAFOR aporta un peso si los usuarios de un servicio ambiental hidrológico aportan otro peso. Además, el área de interés puede no estar dentro de los polígonos marcados como prioritarios.

Investigación

La CONAFOR a través de los fondos sectoriales (CONACYT–CONAFOR) y fondos directos desarrollan, en coordinación con universidades e institutos de investigación, diversas actividades para desarrollar metodologías para la cuantificación y valoración de los servicios ambientales y para obtener información que ayude al desarrollo de mejores políticas de PSA. Hasta septiembre del 2008 se tenían 16 proyectos relacionados con PSA en los estados de Veracruz, Morelos, Nuevo León, Estado de México, Jalisco, Puebla, Chiapas, Baja California Sur, Tamaulipas, Coahuila, Durango y Sinaloa. Adicionalmente, el proyecto para promover los mercados de PSA financiado por el BM tiene como principal objetivo generar la evidencia técnico–científica, que permita a los usuarios de los servicios técnicos su valoración, y esta información detone el pago responsable a los proveedores. Este proyecto promoverá ocho acciones piloto con el propósito de promover los mecanismos locales para el financiamiento y el PSA. El insumo fundamental para este propósito es el monitoreo para valorar la relación causa-efecto del pago para conservar y mejorar los ecosistemas que proveen servicios ambientales.

10.5 Conclusiones

El programa de PSA en la CONAFOR es de reciente creación y está en un proceso de aprendizaje con base en las experiencias ganadas (tanto buenas como malas).

El PSAH es el más solicitado por los dueños de bosques y selvas en México, aunque a partir de 2008, esa tendencia se ha visto menos resaltada debido al incremento en la solicitud del PSA derivados de la biodiversidad de los ecosistemas.

Hasta el momento, no se ha cubierto el área determinada como prioritaria. La causa fundamental es que ha faltado capacidad presupuestal para cubrir el costo de oportunidad de los terrenos forestales. Es necesario diseñar mecanismos y promover la participación de los usuarios de los servicios ambientales, tanto locales como los de carácter internacional, que por sus acciones, debieran compensar para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la deforestación y la degradación forestal. Las ARS representan otra estrategia para vincular a los productores con la CONAFOR.

La dimensión del país y la complejidad de las interacciones biofísicas y socioeconómicas requieren de una mayor inversión en investigación, desarrollo y adecuación de políticas de PSA.

10.6 Referencias bibliográficas

- Bezauri, JE; Iglesias, GL. 2007. El papel de los servicios ambientales para evitar la deforestación en México. *In: Servicios de Ecosistemas en América Latina. Lecciones aprendidas en agua, bosque y ecoturismo.* Cartagena de Indias, Colombia. p. 17–26.
- Comisión Nacional Forestal/SEMARNAT. 2007. Reglas de operación del Programa ProÁrbol. Primera Edición. 104 p.
- Diario Oficial de la Federación. 2001. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda Sección. Estatuto Orgánico de la Comisión Nacional Forestal. Miércoles 11 de julio de 2001. p. 1–18.
- Diario Oficial de la Federación. 2003. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Acuerdo que establece las reglas de operación para el otorgamiento de Pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos. Viernes 3 de octubre de 2003. p. 6–23.
- Diario Oficial de la Federación. 2004. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda Sección. Acuerdo que establece las reglas de operación para el otorgamiento de pagos del Programa para Desarrollar el Mercado de Servicios Ambientales por Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de Sistemas Agroforestales (PSA–CABSA). Miércoles 24 de noviembre 2004. p. 1–22.
- Diario Oficial de la Federación. 2007. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Cuarta Sección. Acuerdo por el que se expiden las

- reglas de operación del Programa Pro Árbol de la Comisión Nacional Forestal. Viernes 28 de diciembre de 2007. 129 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. Situación de los bosques del mundo. Roma. 157 p.
- Meadows, D; Randers, J; Meadows, D. 2004. Limits to Growth: The 30-Year Update. Chelsea Green Publishing Company. 338 p.
- Muñoz, C; Guevara, A; Bulás, JM; Torres, JM; Braña, J. 2006. Pagar por los servicios hidrológicos en México. *In*. La venta de servicios ambientales forestales, mecanismos basados en el mercado para la conservación y el desarrollo (Pagiola, Bishop y Landell-Mills. comp.). Segunda Edición. En español. SEMARNAT, INE. p. 165–205.
- Velázquez, A; Mas, JF; Díaz, JR; Mayorga, R; Alcántara, PC; Castro, R; Fernández, T; Bocco, G; Ezcurra, E; Palacio, JL. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México. *Gaceta Ecológica*, No. 62:21–37.
- World Bank. 2006. Project Document on a Proposed Loan in the Amount of USD 45.00 Million and Proposed Grant from The Global Environment Facility Trust Fund in the Amount of USD 15.00 Million to the United Mexican States for an Environmental Services Project. Report No: 33228, México.

Capítulo 11

Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) de Guatemala

Luis Bernal Larrazábal Melgar, Edwin Oliva Hurtarte,
Muhammad Ibrahim, Guillermo Detlefsen

Resumen

Los incentivos forestales en Guatemala se empezaron a ejecutar en 1975 mediante el programa de incentivos fiscales que el Estado guatemalteco creó a través del Decreto Legislativo No. 58-74 para que personas individuales o jurídicas realizaran gastos comprobados en plantaciones forestales no menores de 5 ha, permitiendo la deducción de hasta un 50% del impuesto sobre la renta (ISR) y del impuesto de circulación de vehículos. Bajo esta modalidad de incentivos fiscales, apenas se reforestaron alrededor de 20.000 ha durante 23 años. En 1996, con la creación de la nueva Ley Forestal de Guatemala mediante el Decreto Legislativo No. 101-96, se conformó un nuevo Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), el cual está impulsando el fomento de la producción forestal sostenible en el país a través de la inversión en las actividades de forestación, reforestación y manejo sostenible de bosques naturales. Este nuevo programa de incentivos forestales responde a la necesidad de promover la reforestación y manejo forestal sostenible a través de pagos en efectivo a propietarios individuales o jurídicos que decidan invertir en la actividad forestal productiva. De 1998 al 2008, el PINFOR ha apoyado la reforestación de 81.854 ha; ha promovido la regeneración natural de 1.800 ha; y ha incorporado 160.710 ha de bosques naturales al manejo forestal sostenible.

Palabras claves: incentivos fiscales, decreto legislativo, ley forestal, PINFOR, reforestación

Abstract

The execution of Guatemalan forestry incentives started in 1975 through the Fiscal Incentives Program (ISR for its acronym in Spanish) that the Guatemalan government created by means of Legislative Decree No. 58-74 to induce individuals or legal entities to make proven expenditures in forestry plantations of no less than 5 ha, allowing a deduction up to 50% of the tax on income and on vehicles registration. Under these financial incentives only 20,000 ha were reforested in 23 years. This led in 1996 to a new Forestry Law (Decree No. 101-96) for a new Forestry Incentives Program (PINFOR, for its acronym in Spanish) that promotes sustainable forestry production in the country by means of the investment to encourage aforestation, reforestation and sustainable natural forest management. This new Forestry Incentive Program answers the need to promote reforestation and sustainable forestry management through cash payments to individuals or legal entities that decide to invest in forestry production. From 1998 to 2008, PINFOR has supported the reforestation of 81,854 ha, promoted the natural regeneration of 1,800 ha and incorporated 160,710 ha under sustainable natural forest management.

Key words: fiscal incentives, legislative decree, forestry law, PINFOR, reforestation



Foto: Ing. Mario Salazar, PINFOR

11.1 Introducción

Se estima que cerca de la mitad del territorio nacional posee vocación forestal, mientras que la cobertura forestal del país en el 2001 era de 4.558.453 ha, equivalente al 42,11% del territorio nacional (Guatemala UVG–INAB–CONAP 2006). El cambio neto de la cobertura forestal durante el período 1991/93–2001 fue de 563.176 ha, lo que representa una pérdida anual de 73.148 ha. En términos relativos, el bosque se redujo 1,43% cada año entre 1991/93–2001. Esto equivale a decir que Guatemala perdió en bosque el equivalente al 0,68% de su territorio cada año.

Algunas de las principales causas de la deforestación en el país se atribuyen a los efectos de agricultura migratoria (78,5%), ganadería extensiva (10%), talas ilícitas (5%), consumo de leña (3%) e incendios forestales (2%), entre otros (Carrera 2004).

En las últimas décadas se han revalorizado los beneficios que el bosque ofrece, tanto a las poblaciones en particular como al país en general. Según la nueva Ley Forestal, Decreto Legislativo No. 101-96 (INAB 1997), se considera que “los recursos forestales pueden y deben constituirse en la base fundamental del desarrollo económico y social de Guatemala” y que “el incremento de la productividad sostenible de los bosques, así como de los bienes y servicios que aportan a la sociedad guatemalteca, constituyen el principio para su conservación”.

A partir de la vigencia de la Ley Forestal de 1996, se ponen en marcha varias estrategias, entre las cuales destaca la de desarrollar un programa de incentivos forestales con el fin de motivar a los distintos agentes del sector forestal para el desarrollo de iniciativas asociadas al manejo de bosque natural y a la reforestación por medio de pagos directos (INAB 1997). Estos pagos se han definido, impulsado e implementado mediante el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR). En este contexto es evidente que el PINFOR es de particular importancia para el impulso del sector.

El presente artículo se desarrolla en este contexto y se concentra en el análisis de la metodología utilizada para otorgar los incentivos, así como en los resultados obtenidos durante el período 1998–2008.

11.2 Evolución de los programas de incentivos forestales en Guatemala

Mediante el Decreto Legislativo 58-74 se aprobó una nueva ley forestal de la época y se inició con el primer programa de incentivos fiscales del Estado guatemalteco para que personas individuales o jurídicas realizaran gastos comprobados en plantaciones forestales no menores de 5 ha, permitiendo la deducción de hasta un 50% del impuesto sobre la renta (ISR) y del impuesto de circulación de vehículos. Dicho programa se operativizó un año más tarde, mediante el Acuerdo Gubernativo 22-75 de los ministerios de agricultura y finanzas públicas, y su ejecución correspondió al Instituto Nacional Forestal (INAFOR), como servicio forestal de ese entonces (Escobar 1996).

En 1984 se emitió la Ley Forestal (Decreto Legislativo No. 118-84) que derogó el Decreto Legislativo 58-74, pero se ratificó lo estipulado en materia de incentivos fiscales a la reforestación. A finales de la década de los 80, se creó la

Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS) y se modificó la legislación forestal vigente (Decreto 118-84) mediante el Decreto Ley 70-89. No obstante, se dió continuidad a los incentivos para la actividad forestal, siempre basada en las deducciones al impuesto sobre la renta y circulación de vehículos (Escobar 1996).

El Diagnóstico Forestal de Guatemala (Cabrera et al. 1996) hace referencia a las características de los mecanismos empleados para la aplicación de los incentivos forestales fiscales de Guatemala, señalando lo siguiente:

1. Los mecanismos de aplicación de los incentivos limitaban el acceso a propietarios de terrenos (los aprovechaban principalmente empresas que podían deducir montos suficientes de los impuestos fiscales para destinarlos a proyectos de reforestación).
2. El incentivo se aplicó a empresas relativamente grandes, desligadas del sector forestal y con poco interés en la actividad productiva forestal.
3. El programa no condicionaba el objetivo de las plantaciones, ni las áreas a reforestar, lo que no permitió que se desarrollaran masas de plantaciones de magnitud apropiada para abastecer industrias forestales.
4. Los montos asignados para el establecimiento de plantaciones eran relativamente elevados (más de US\$1.000 ha⁻¹). Esto se debió a que el incentivo no era un monto fijo sino que variaba según el gasto, lo que no estimuló la eficiencia para lograr costos más bajos, ya que premiaba a quien más gastaba hasta el límite fijado.

Bajo esta modalidad de incentivos fiscales, se reforestó una superficie aproximada de 20.000 ha durante 23 años y con una inversión superior a 250 millones de quetzales⁹ (Q.).

A finales de 1996, mediante el Decreto Legislativo 101-96, se aprobó la actual Ley Forestal de Guatemala y se creó el Instituto Nacional de Bosques (INAB), delegándole en coordinación con el Ministerio de Finanzas Públicas la responsabilidad de otorgar incentivos a los propietarios de tierras de vocación forestal que se dediquen a la implementación de proyectos forestales, originándose el PINFOR (INAB 1997).

9 Programa de Incentivos Fiscales, INAB. El quetzal (Q) es la moneda oficial de Guatemala. El tipo de cambio al 23 de septiembre de 2008 es US\$1= Q7,50; de 1974 a 1986 la tasa de cambio estaba US\$1= Q1; de 1986 a 1996 US\$1= Q6.

El PINFOR es un instrumento de la Política Forestal Nacional de largo plazo, promovido por el INAB con miras a impulsar el fomento de la producción forestal sostenible en el país mediante el estímulo a la inversión en las actividades de forestación, reforestación y manejo de bosques naturales. Responde a la necesidad de promover la reforestación y manejo forestal a través de pagos en efectivo a propietarios individuales o jurídicos que decidan invertir en la actividad forestal productiva. De manera indirecta el Estado de Guatemala está canalizando recursos financieros en compensación por bienes y servicios que se derivan de la actividad forestal.

11.3 Objetivos y misión del PINFOR

Objetivos:

1. Mantener y mejorar la producción forestal sostenible, incorporando los bosques naturales a la actividad económica productiva
2. Incorporar tierras de vocación forestal desprovistas de bosques a la actividad forestal a través del establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales o la regeneración natural
3. Generar una masa crítica de bosques productores de materia prima para el desarrollo de la industria forestal
4. Incentivar el mantenimiento de bosques naturales para la generación de servicios ambientales (INAB 2007)

Misión:

“El Programa de Incentivos Forestales contribuye a reducir la deforestación, impulsa la oferta de productos forestales competitivos, genera servicios ambientales y empleo en el área rural, mediante el fomento de la creación de núcleos de producción forestal regional de alta productividad” (INAB 2007).

11.4 Marco jurídico que soporta al PINFOR

Como se indicó anteriormente, el Decreto Legislativo 101-96 (Ley Forestal)¹⁰ creó al INAB (Artículo 5) y al PINFOR (Artículo 71), al indicar que “el Estado

¹⁰ En la página Web del INAB (www.inab.gob.gt) puede consultarse el Decreto Legislativo 101-96 (Ley Forestal).

otorgará incentivos por medio del Instituto Nacional de Bosques (INAB) en coordinación con el Ministerio de Finanzas Públicas conforme esta ley, a los propietarios de tierras, incluyendo a las municipalidades, que se dediquen a proyectos de reforestación y mantenimiento en tierras de vocación forestal desprovistas de bosque, así como al manejo de bosques naturales; y a las agrupaciones sociales con personería jurídica, que en virtud al arreglo legal ocupan terreno de propiedad de los municipios”. Por otro lado, cabe resaltar que las plantaciones derivadas de programas de incentivos forestales se conceptúan como bosques plantados voluntarios (INAB 2007).

Los recursos para el PINFOR provienen anualmente de una partida en el presupuesto de ingresos y egresos de la nación, equivalentes al 1% del presupuesto de ingresos ordinarios del Estado, los cuales son canalizados a través del Ministerio de Finanzas Públicas (Artículo 72, Decreto Legislativo 101-96). El período de vigencia del PINFOR está fijado en 20 años, a partir de la vigencia del Decreto Legislativo 101-96 (Artículo 73), período en el cual el estado brindará estos incentivos. Con respecto a la distribución del incentivo por tipo de actividad, el Artículo 81 de dicho decreto legislativo expresa que anualmente se destinará el 80% del monto total de incentivos para la reforestación y mantenimiento de bosques voluntarios, en tanto que el 20% se destinará al manejo de bosques naturales.

11.5 Metodología para otorgar los incentivos

11.5.1 Tipos de proyectos

Básicamente el incentivo forestal es un pago en efectivo que el Estado otorga al propietario de tierras de vocación forestal para implementar proyectos de reforestación o manejo de bosques naturales. Los proyectos a incentivar se dividen en dos grupos (INAB 2007).

Proyectos de plantaciones y proyectos de regeneración natural

Son beneficiados con incentivos forestales los titulares de proyectos dedicados al establecimiento y mantenimiento de plantaciones, también al establecimiento y manejo de regeneración natural. Estos proyectos se clasifican de la manera siguiente:

- a) **Producción maderable:** Son proyectos que se establecen con el fin principal de producir madera y que además pueden contemplar la producción de

resina u otros productos no maderables. Para proyectos cuya corta final se realiza antes de 10 años, se incentiva durante la fase de establecimiento y dos fases de mantenimiento mientras que para proyectos cuya corta final se realiza después de 10 años, se incentiva durante la fase de establecimiento y cinco fases de mantenimiento.

- b) **Producción de látex y maderable:** Se establecen de conformidad con la Resolución de Junta Directiva del INAB número 01.23.99, de fecha 2 de noviembre de 1999, con la finalidad principal de producir látex y que contemplan la producción de madera después de 20 años. Estos proyectos incentivan únicamente la fase de establecimiento.
- c) **Producción de semillas:** La finalidad principal de estos proyectos es la producción de semillas de especies forestales maderables catalogadas de interés por el INAB. Este tipo de proyectos incentivan la fase de establecimiento y cinco fases de mantenimiento.
- d) **Proyectos especiales:** Son proyectos que además de tener un impacto positivo sobre las condiciones ambientales, logran otros resultados tales como mejoramiento del paisaje, reducción de vulnerabilidad, establecimiento de vías panorámicas, establecimiento y/o mantenimiento de corredores biológicos, conservación de germoplasma y vida silvestre, y mejoramiento del vínculo hidrológico forestal. Estos proyectos incentivan la fase de establecimiento y dos fases de mantenimiento.

Proyectos de manejo del bosque natural

Se beneficia con incentivos forestales a los titulares de proyectos dedicados al manejo de bosques naturales. Estos proyectos se clasifican como:

- a) **Proyectos de manejo de bosque natural con fines de producción:** Son los proyectos destinados al manejo forestal sostenible para la producción de madera, semilla certificada u otros productos no maderables. Estos proyectos se incentivan hasta por cinco años.
- b) **Proyectos de manejo de bosque natural con fines de protección:** Son destinados a la producción de servicios ambientales y al mejoramiento de las condiciones ecológicas de los sitios que por su naturaleza lo requieran. Estos proyectos se incentivan hasta por 10 años.

11.5.2 Beneficiarios del programa

El PINFOR beneficia a todas las personas jurídicas clasificadas en las siguientes categorías: 1) individuales, 2) empresas, 3) municipalidades, 4) asociaciones, 5) fundaciones, 6) comunidades y 7) cooperativas.

11.5.3 Requisitos de ingreso al PINFOR

Para ingresar al PINFOR es necesario satisfacer los siguientes requisitos:

- a) Formulario de solicitud debidamente completado
- b) Formulario de calificación de tierras por capacidad de uso (solo para el caso de proyectos de reforestación)
- c) Plan de manejo forestal
- d) Certificación de la propiedad de la tierra, extendida por el Registro General de la Propiedad. En virtud que es necesario acreditar la propiedad de la tierra y dado que muchos potenciales beneficiarios son poseedores de este recurso, el INAB, con el apoyo financiero del Reino de Los Países Bajos, está implementando el Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores de Tierras de Vocación Forestal o Agroforestal (PINPEP), al cual acceden interesados que son poseedores de extensiones de tierra menores a 2 ha.
- e) Fotocopia de la cédula de vecindad del usuario (en este caso el propietario de la tierra), de la tarjeta de identificación tributaria (NIT) del propietario del proyecto, además del número de cuenta bancaria del propietario en el Crédito Hipotecario Nacional.

11.5.4 Etapas para ingreso al PINFOR

El ingreso al PINFOR consta de cinco etapas:

- a) **Solicitud de ingreso al PINFOR:** Corresponde a la etapa en que el usuario presenta ante el INAB la documentación necesaria para ingresar al programa.
- b) **Aprobación de proyectos:** Es la etapa en que personal técnico del INAB evalúa el proyecto, solicita las enmiendas correspondientes y lo aprueba para su establecimiento.
- c) **Ejecución de proyectos:** Es la etapa en que el beneficiario lleva a la práctica las actividades planificadas y aprobadas por el INAB.
- d) **Evaluación de proyectos:** Consiste en realizar inspecciones de campo para determinar el cumplimiento de la ejecución de las actividades planificadas por el propietario y aprobadas por el INAB para determinada área de terreno. De acuerdo con el contenido del Artículo 28 del Reglamento del PINFOR¹¹ (INAB 2007), esta actividad se realiza anualmente durante el lapso de enero a julio. Los parámetros técnicos a evaluar, tal como se indica en el Artículo 29 del reglamento del PINFOR, son 1) área, 2) supervivencia y fitosanidad, 3) medidas de protección contra incendios,

¹¹ En la página Web del INAB (www.inab.gob.gt) puede consultarse el reglamento del PINFOR.

- 4) labores culturales y 5) medidas silviculturales. Estos parámetros se evalúan en forma simultánea en la fecha de la evaluación de campo. En caso de incumplimiento de estos parámetros en función de las normas establecidas por el INAB, se da por cancelado el proyecto.
- e) **Certificación de los proyectos:** Este proceso consiste en los pasos necesarios que se realizan ante el Ministerio de Finanzas Públicas para el pago anual del incentivo forestal.

11.5.5 Áreas mínima y máxima a incentivar

El área mínima a incentivar es de 2 ha en el mismo municipio, perteneciente a uno o varios propietarios (Artículo 76, Ley Forestal); en tanto que para el área máxima no se indica la superficie. No obstante, el Artículo 83 de esta misma ley establece que ningún proyecto podrá beneficiarse con más de 1% del monto total anual de incentivos forestales. Considerando que el área mínima para ingresar al PINFOR es 2 ha, el INAB, con apoyo financiero del Reino de Los Países Bajos, está implementando el PINPEP, como se indicó anteriormente, el cual beneficia a personas cuyas propiedades son menores a 2 ha.

11.5.6 Montos a incentivar por tipo de proyecto

El incentivo para la actividad de establecimiento y mantenimiento de la plantación será hasta por seis años (un año de establecimiento y cinco años de mantenimiento), conforme se indica en el cuadro 11.1.

El incentivo para el establecimiento y manejo de la regeneración natural se otorga por seis años (un año de establecimiento y cinco años de mantenimiento), de acuerdo a los montos indicados en el cuadro 11.2.

Para el manejo de bosques naturales con fines de producción, se otorga incentivos anuales ha⁻¹, hasta por cinco años, de la manera que se indica en el cuadro 11.3.

En el cuadro 11.4 se presenta la escala para otorgar incentivos para el manejo de bosques naturales con fines de protección, los cuales son por un período de 10 años.

Cuadro 11.1. Montos del incentivo para establecimiento y mantenimiento de plantaciones

Fase	Incentivos Q/ha*
Establecimiento	5.000
Mantenimiento 1	2.100
Mantenimiento 2	1.800
Mantenimiento 3	1.400
Mantenimiento 4	1.300
Mantenimiento 5	800
Total	12.400

* El quetzal (Q) es la moneda oficial de Guatemala; el tipo de cambio al 23 de septiembre de 2008 es US\$1= Q7,50.

Fuente: Datos propios del Programa de Incentivos Forestales, INAB

Cuadro 11.2. Montos del incentivo para establecimiento y manejo de la regeneración natural

Fase	Incentivos Q/ha
Establecimiento	3.800
Mantenimiento 1	1.400
Mantenimiento 2	760
Mantenimiento 3	500
Mantenimiento 4	310
Mantenimiento 5	660
Total	7.430

Fuente: Datos propios del Programa de Incentivos Forestales, INAB

Cuadro 11.3. Montos del incentivo para el manejo de bosques naturales con fines de producción

Área (ha)	Incentivos Anuales (Q.)
< 5	2.807,04 por ha
5 < 15	14.035,20 por las primeras 5 ha + 581,65 por ha adicional hasta 15 ha
15 < 45	19.851,70 por las primeras 15 ha + 271,23 por ha adicional hasta 45 ha
45 < 90	27.988,60 por las primeras 445 ha + 188,18 por ha adicional hasta 90 ha
> 90	36.456,70 por las primeras 90 ha + 190,98 por ha adicional

Fuente: Programa de Incentivos Forestales, INAB

Cuadro 11.4. Montos del incentivo para manejo de bosques naturales con fines de protección

Área (ha)	Incentivos/10 años (Q.) 14
< 5	2.660,30 por ha
5 < 15	13.301,50 por las primeras 5 ha + 514.68 por ha adicional hasta 15 ha
15 < 45	18.448,30 por las primeras 15 ha + 207.43 por ha adicional hasta 45 ha
45 < 90	24.671,20 por las primeras 45 ha + 178.62 por ha adicional hasta 90 ha
> 90	32.709,10 por las primeras 90 ha + 175.03 por ha adicional

Fuente: Datos propios del Programa de Incentivos Forestales, INAB

11.5.7 Metas del programa PINFOR

La meta que se definió para el período 1997–2016 es el establecimiento y mantenimiento de 285.000 ha de plantaciones forestales y 650.000 ha de manejo de bosques naturales.

11.5.8 Áreas prioritarias para establecer proyectos PINFOR

El PINFOR se ejecuta a nivel nacional. Sin embargo, tomando en consideración el índice de importancia forestal, la ubicación estratégica para recuperar ecológicamente áreas bajo fuerte presión de deforestación, la infraestructura y el acceso a mercados, se establecieron las áreas prioritarias siguientes:

a) Departamento de Petén

- b) Región de Las Verapaces (Alta Verapaz y Baja Verapaz)
- c) Departamento de Izabal

11.6 Resultados

Después de 10 años de iniciado el PINFOR, el programa ha apoyado la reforestación de 81.854 ha; 1.800 ha regeneradas naturalmente; se han incorporado 160.710 ha de bosques naturales a manejo sostenible; se han invertido Q918 millones de quetzales (equivalentes a US\$122,4 millones); se han generado 203.783 empleos; y se ha beneficiado a 2,6 millones de personas. Los beneficiarios del programa incluyen propietarios individuales pequeños, medianos y grandes, así como empresas, municipalidades, cooperativas, comunidades, asociaciones, fundaciones y comités¹².

En virtud de lo anterior se puede deducir que el PINFOR ha estado contribuyendo a impulsar la oferta de productos forestales competitivos, generando servicios ambientales y empleo en el área rural, mediante el fomento de la creación de núcleos de producción forestal regional de alta productividad.

En el cuadro 11.5 puede apreciarse el área de reforestación, manejo de regeneración natural, manejo de bosque natural para producción y manejo de bosque natural para protección durante el período 1998–2008. También se indica la inversión que ha realizado el estado guatemalteco con fondos propios, el número de beneficiarios y el total de empleos generados.

En la figura 11.1 se aprecia el comportamiento del área de reforestación, manejo de regeneración natural, manejo de bosque natural para producción y manejo de bosque natural para protección que se ha incentivado mediante el PINFOR durante el período 1998–2008.

En la figura 11.2 se aprecia el comportamiento de los montos invertidos por el Estado guatemalteco en el PINFOR, durante el período 1998–2008.

En el cuadro 11.6 se observa las categorías de usuarios beneficiados con el PINFOR, durante el período 1998–2008.

12 Fuente: Datos propios del Programa de Incentivos Forestales, INAB

Cuadro 11.5. Resultados del PINFOR durante el período 1998–2008

Año	Reforestación		Regeneración		MBN producción		MBN protección		Total ha.	Monto total	Beneficiarios	Empleos generados
	Ha.	Monto	Ha.	Monto	Ha.	Monto	Ha.	Monto				
1998	947,07	5.006.838,00	--	--	481,90	47.619,44	3,59	481,06	1.432,56	5.054.938,50	4.751	435
1999	4.288,32	23.549.076,60	--	--	4.565,64	303.984,76	--	481,06	8.853,96	23.853.542,42	14.768	2.613
2000	6.427,22	42.339.394,16	88,6	336680	2.769,51	528.925,04	720,32	53.444,91	10.005,65	43.258.444,11	28.153	5.155
2001	7.384,88	57.006.291,48	228,40	976.216,00	4.131,28	688.891,37	8.904,58	646.565,73	20.649,14	59.317.964,58	349.614	9.394
2002	10.216,26	81.841.117,53	98,51	761.228,80	1.769,36	922.130,36	7.119,03	1.104.127,16	19.203,16	84.628.603,85	359.332	14.031
2003	8.761,57	84.471.649,35	291,50	1.462.081,20	1.357,10	930.851,16	4.534,15	1.296.165,71	14.944,32	88.160.747,42	392.823	16.460
2004	7.929,35	91.392.352,52	202,26	1.384.843,90	447,23	772.113,47	17.841,46	3.356.045,21	26.420,30	96.905.355,10	415.561	21.586
2005	6.986,74	87.617.462,46	201,82	1.566.111,60	117,65	1.872.176,34	16.242,69	11.532.381,28	23.548,90	102.588.131,68	437.870	23.961
2006	7.782,08	89.556.486,00	213,28	1.569.038,00	721,81	1.344.962,36	78.933,83	33.493.204,71	87.651,00	125.963.691,07	197.884	37.218
2007	10.985,30	107.728.038,60	192,48	1.417.236,50	1.318,51	2.006.481,83	1.586,53	29.290.079,73	14.082,82	140.441.836,66	205.663	34.507
2008	10.920,08	114.380.781,00	282,49	1.739.816,30	607,79	1.872.808,31	8.272,06	35.852.936,99	20.082,42	153.846.342,60	197.371	39.044
	82.628,87	784.889.487,70	1.799,34	11.213.252,30	18.287,78	11.290.944,44	144.158,24	116.625.913,55	246.874,23	924.019.597,99	2.603.790,00	204.402,36

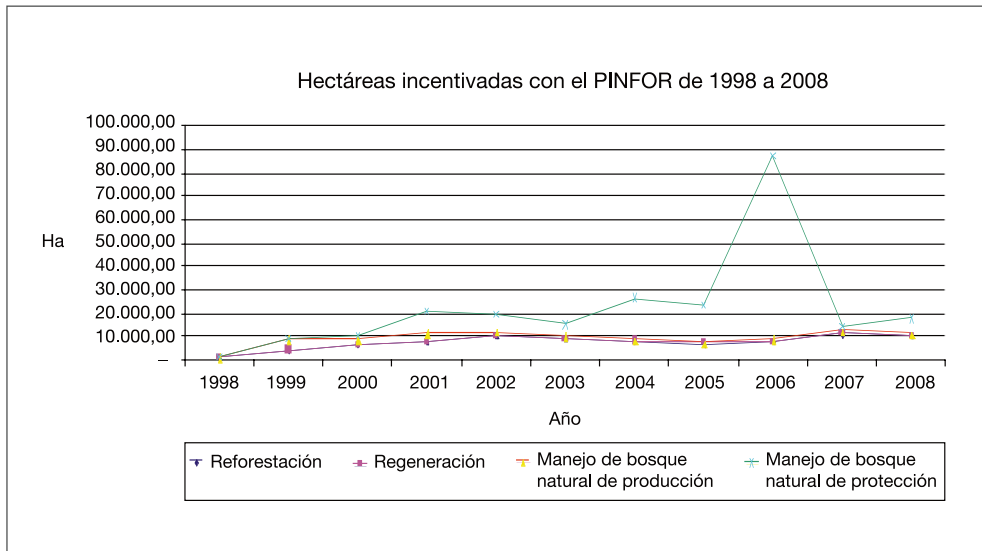


Figura 11.1. Comportamiento del área incentivada mediante PINFOR en el período 1999–2008 en ha año⁻¹.
Fuente: PINFOR

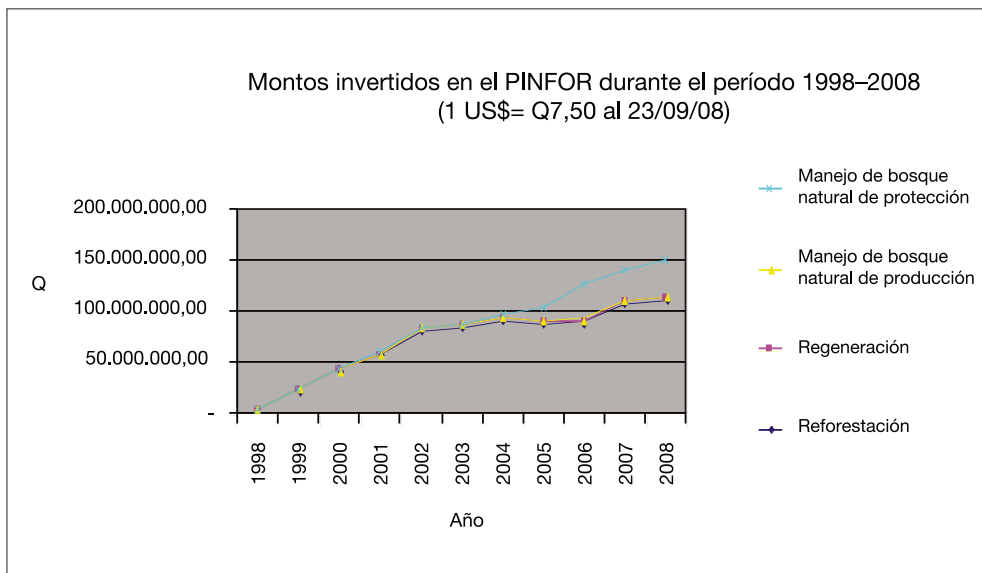


Figura 11.2. Montos invertidos en el PINFOR durante el período 1998–2008.
Fuente: PINFOR

Cuadro 11.6. Categorías de usuarios beneficiados con el PINFOR, período 1998–2008

Categoría de usuarios	Monto (Q.)
Individuales	365.412.597,56
Empresas	326.255.671,59
Comunidades	8.705.774,51
Comités	9.096.825,16
Asociaciones	29.875.084,56
Cooperativas	64.741.582,94
Fundaciones	47.084.110,92
Municipalidades	67.060.553,98
Total	918.232.201,22

(US\$1= Q7,50 al 23/09/08)

Fuente: Datos propios del Programa de Incentivos Forestales, INAB

11.7 Conclusiones

- El PINFOR es un instrumento exitoso de la política forestal guatemalteca, que impulsa el fomento de la producción forestal sostenible mediante el estímulo a la inversión en actividades de forestación, reforestación y manejo de bosques naturales.
- Durante el período 1998–2008, con el PINFOR se ha reforestado 81.854 ha, se ha incentivado la regeneración natural de 1.800 ha y se han incorporado 160.710 ha de bosques naturales al manejo sostenible.
- Anualmente se ha incrementado el número de usuarios del PINFOR, instrumento con el cual se ha beneficiado socialmente a la población guatemalteca del área rural, en donde el estado ha invertido Q918 millones (equivalentes a US\$122,4 millones), con lo cual se han generado 203.783 empleos y beneficiado a 2,6 millones de personas.
- El Estado de Guatemala está canalizando en forma indirecta, a través del PINFOR, recursos financieros en compensación por servicios ambientales que se derivan de la actividad forestal.
- El PINFOR fue creado para un horizonte de 20 años (1997–2016) y se considera poco tiempo para implementar actividades tendientes al desarrollo forestal del país.

11.8 Recomendaciones

1. Crear o reforzar los polos de desarrollo forestal-industrial en las áreas priorizadas para establecer proyectos PINFOR en virtud de la gran cantidad de hectáreas reforestadas y las de bosque natural que se han incorporado al manejo sostenible.
2. Cuantificar los aportes en compensación por servicios ambientales que se derivan de la actividad forestal impulsada por el PINFOR.
3. Ampliar a 20 años adicionales la vigencia del PINFOR para implementar y evaluar actividades relacionadas con el desarrollo forestal del país.
4. Fortalecerse e institucionalizarse con fondos estatales el PINPEP, a efecto de que sea permanente el apoyo a pequeños productores que sean poseedores de la tierra y que utilizando sistemas agroforestales incorporen el componente arbóreo en sus terrenos.

11.9 Referencias bibliográficas

- Cabrera, C; Morales, J; Tuomasjukka, T. 1996. Diagnóstico Forestal de Guatemala. Unión Mundial Para la Naturaleza. Guatemala. 108 p.
- Carrera, JL. 2004. Evaluación de la efectividad del Programa de Incentivos Forestales como instrumento de la política forestal. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, IARNA. 32 p. (Serie Técnica No. 13).
- Escobar, JR. 1996. El manejo forestal en Guatemala. *In Memoria IV Congreso Forestal Nacional, “El manejo forestal sostenible: una alternativa para el desarrollo de Guatemala”, 1996.* eds. Pereira Rodas, LF; Oliva Hurtarte, E. s.n.p.
- Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala; Instituto Nacional de Bosques; Consejo Nacional de Áreas Protegidas. 2006. Dinámica de la cobertura forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y mapa de cobertura forestal 2001. Guatemala, UVG–INAB–CONAP. 90 p.
- INAB. Instituto Nacional de Bosques. 1997. Ley Forestal, Decreto Legislativo Número 101–96. Instituto Nacional de Bosques. 27 p.
- INAB. Instituto Nacional de Bosques. 2007. Reglamento del Programa de Incentivos Forestales. Resolución J.D.01.01.2007. Guatemala. 20 p.

Capítulo 12

El pago por servicios ambientales del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), un mecanismo para lograr la adaptación al cambio climático en Costa Rica

Oscar Sánchez Chaves

Resumen

El presente capítulo presenta la evolución de los diferentes mecanismos financieros que se han desarrollado en Costa Rica para mantener y recuperar la cobertura forestal, tomando como referencia la situación del recurso forestal desde finales de la década de los años 70. Se mencionan algunas de las amenazas que tienen las áreas boscosas, se hace una breve descripción de las leyes forestales creadas para la protección de estas áreas y se revisan en cada una de ellas la creación de diferentes incentivos hasta llegar al Programa de Pago por Servicios Ambientales de Costa Rica (conocido como PSA), el incentivo más importante para la protección y conservación de la actividad agroforestal. Así mismo, se hace un recuento de la evolución del Fondo Nacional para el Financiamiento Forestal (FONAFIFO), la institución responsable de la ejecución del PSA en el país e incluye un apartado de las lecciones aprendidas del mencionado programa identificadas por diferentes autores. Por último, se hace una referencia a la relación del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), como institución que juega un papel importante en el PSA, ya que fija las prioridades e implementa una estrategia de control y seguimiento del programa.

Palabras claves: conservación, reforestación, pago, servicios, cambios de uso

Abstract

The current chapter presents the evolution of the different financial mechanisms that have been developed in Costa Rica to maintain and recover forest coverage, taking as reference the situation of forest resources since the late 1970s. It mentions some of the threats that affect forest areas, gives a brief description of forest laws created for the protection of these areas and reviews what each law provides regarding the creation of different incentives before establishment of the Program for the Payment for Environmental Services in Costa Rica (PES), which is the most important incentive for the protection and preservation of agroforestry activity. It summarizes the evolution of the National Fund for Forestry Funding (FONAFIFO), which is the institution responsible for the implementation of PES in the country, and includes a section with the lessons learned from that program, identified by different authors. Finally, it makes reference to the National System for Protected Areas (SINAC) as an institution that plays an important role in the PES Program, since it sets priorities and implements a strategy for the control and follow-up of the program.

Key words: conservation, reforestation, payment, services, changes of use



Foto: FONAFIFO

12.1 Introducción

Durante la década de los 70 y 80, Costa Rica sufrió un acelerado proceso de deforestación. Dos estudios en la década de los 70 ponían en evidencia esta situación (FONAFIFO 2006); ambos coincidieron en que el ritmo de deforestación era superior a 55 mil ha/año, lo que permitió mantener solo un tercio de la superficie original de los bosques existentes. Este proceso de pérdida de la cobertura forestal sin duda provocó una contribución del país al cambio climático global que últimamente es evidente, pues se sabe que la deforestación aporta gran cantidad de CO₂ a la atmósfera.

Se conoce que a nivel mundial, los bosques siguen siendo amenazados por múltiples agentes destructivos, en los que se encuentra especialmente la deforestación—practicada en algunos casos para el aprovechamiento comercial de la madera y en otros por el avance de la frontera agrícola—y a los cambios de uso del suelo agrícola. Las consecuencias de esta situación se asocian cada vez más a la frecuencia e intensidad de eventos extremos presentes en las épocas de lluvias intensas y sequías prolongadas, fenómeno que se le conoce como cambio climático, el cual es atribuido directamente a las actividades humanas (IPCC 2007).

El cambio climático se relaciona también con eventos como incendios aumento de plagas y enfermedades que afectan la dinámica forestal, las cuales perturban el flujo de bienes y servicios procedentes de los bosques y afectan el crecimiento y supervivencia de los árboles, la calidad del agua, el rendimiento de los sistemas productivos y la biodiversidad (Unasyuva 2001).

Con el establecimiento del tratado internacional de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1992, el diseño de políticas relacionadas con la función de los bosques en la mitigación de gases de efecto invernadero han sido rápidas, y en algunos casos complejas. El Protocolo de Kyoto (ligado al tratado), con sus compromisos vinculantes para reducir las emisiones de estos gases, enumera la forestación y reforestación como actividades del uso de la tierra que han de ser consideradas en los esfuerzos encaminados a conseguir los objetivos de la convención (Moura Costa 2001). En este sentido, Costa Rica ha iniciado un proceso de mitigación (a nivel de políticas) y de adaptación al cambio climático buscando revertir los efectos de la deforestación a partir del desarrollo de instrumentos financieros que permitan incrementar la cobertura forestal (FONAFIFO 2006) y fortalecer la política de incentivos para la actividad de reforestación y protección de áreas silvestres.

Este proceso inició a finales de la década de los 70, cuando se diseñó una política de incentivos a la actividad forestal del país, principalmente a la actividad de reforestación. Este hecho sentó las bases y la experiencia que permitieron ir desarrollando mecanismos más complejos de fomento a la actividad forestal, los cuales han llevado en la actualidad a una clara recuperación de los bosques naturales de Costa Rica mediante el fortalecimiento del Programa de PSA y de las instituciones relacionadas con el mismo.

Los últimos esfuerzos complementarios de conservación, junto al desarrollo de modelos innovadores de financiamiento del sector forestal en Costa Rica, están enfocados en estrategias como la implementación conjunta, el PSA, los créditos forestales y el financiamiento por deforestación evitada. Para dar cumplimiento a las estrategias, el Estado, a través del marco institucional de la gestión, cuenta con FONAFIFO, la Oficina Nacional Forestal (ONF), la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC), el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), la Cámara Costarricense Forestal (CCF) y un gran número de organizaciones de productores a nivel nacional que se encargan de operativizar las iniciativas.

12.2 Evolución de los incentivos a la actividad forestal en Costa Rica

Con el propósito de mostrar la dinámica del programa de incentivos e instrumentos financieros de promoción para la actividad forestal en Costa Rica, se presenta en el cuadro 12.1 un breve detalle de las principales disposiciones legales que se han emitido para adecuar los procesos de implementación y facilitar la participación de más beneficiarios.

Cuadro 12.1. Principales disposiciones legales para incentivos a la actividad forestal en Costa Rica (Tipo de cambio, nov. 2008, US\$1= 520 colones)

Leyes	Fecha	Descripción
Ley Forestal No. 4465	25/11/1969	Artículos 66, 67, 68 y 70: posibilidad de incentivos para la reforestación.
Decreto Ejecutivo No. 2923	23/01/1973	Artículo 90: para recibir incentivos por reforestación las fincas, deben someterse voluntariamente al Régimen Forestal. De acuerdo al artículo 6 de la ley 4465.
Decreto No. 9495-AH	enero 79	Se reglamenta y establece beneficios para los productores que desarrollan proyectos de reforestación y se les otorga un incentivo de ¢16.000/ha mediante deducción del impuesto a la renta (IR).
Decreto No. 10531 AH	septiembre 79	Se posibilita la deducción de gastos superiores a ¢16.000/ha (sistema pago contra gasto comprobado).
	1982	Con recursos del AID se abren créditos para financiar proyectos forestales. Los recursos eran administrados por la DGF.
Decreto No. 15308 MAG-H	16/02/1984	Se aumenta el monto a deducir a ¢50.000/ha.
Decreto No. 16640 MAG-H	27/09/1985	Se aumenta el monto a deducir a ¢70.000/ha. Se posibilita pago adicional por concepto de bienes de capital. Se elimina el sistema de gasto comprobado.
Ley Forestal No. 7032	1986	Modificación a la Ley No. 4465. Incentivos a través de Certificados de Abono Forestal (CAF) que el estado emitía a favor de quienes desarrollaban proyectos de reforestación. Esta ley da posibilidad de otorgar CAF por Adelantado (CAFA) para aquellos que no contaban con recursos financieros y las solicitudes se realizaban a través de organizaciones inscritas ante la DGF. Este programa se reforzó con recursos provenientes de deuda externa administrados por la DGF.

continúa en la próxima página

Cuadro 12.1–continuación

Leyes	Fecha	Descripción
Decreto No. 17839 MAG-H	18/11/1988	Se aumenta el monto del incentivo a ¢85.000/ha y se obliga a la presentación de levantamientos topográficos del área plantada anualmente por especie.
Decreto No. 18105-MIRENEM-H	06/06/1988	Modifica y regula la reglamentación establecida para el sistema CAF. Se aumenta el monto del incentivo a ¢90.000/ha.
Decreto No. 18691-MIRENEM-H	05/01/1989	Modifica y regula la reglamentación establecida para el sistema CAF.
Ley Forestal No. 7174	1990	Se mantiene el sistema de incentivos CAF. Se levantan limitaciones a la propiedad privada impuesta por la ley 7032. Artículo 67: determina la obligación del estado a desalojar las personas que invaden los inmuebles sometidos al régimen forestal. Artículo 63 y 87: se establecen beneficios para las personas que reforestan sin usar certificados de abono forestal (No pago del impuesto territorial a áreas sometidas al régimen forestal y no pago al IR a ingresos de productos de plantación).
Decreto No. 19964 MIRENEM-H	1990	Se aumenta el monto del incentivo a ¢100.000/ha, más los bienes de capital (reconocimiento para construcción y reparación de infraestructura, la compra de vehículos, caballos y otros, necesarios para el desarrollo de la plantación).
Decreto No. 20618 MIRENEM-H	1990	Se establece que los bienes de capital en los proyectos no deben de pasar el 10% del monto financiado por concepto de plantación.
Decreto No. 21602 MIRENEM-H	septiembre 92	Se fija monto de ¢120.000/ha reforestada, más el 10% máximo como bienes de capital.
Decreto No. 22582 MIRENEM-H	26/10/1993	Se establece que aquellos que tuvieran contratos forestales suscritos con el Estado con porcentajes pendientes por recibir se aplicarían un monto de ¢120.000, siendo retroactivo para los proyectos vigentes a la fecha.
Decreto No. 23101	19/04/1994	Se establece monto de ¢80.225/ha para el Certificado de Abono Forestal para Manejo de Bosque–CAFMA. (primer incentivo específico para manejo de bosque natural).
Decreto No. 24007 MIRENEM-H	24/02/1995	Se mantiene el monto de incentivo para reforestación de ¢120.000/ha reforestada, más el monto por bienes de capital. Se establece monto de CAFMA en ¢80.225/ha y el Certificado de Protección de Bosques (CPB) en ¢50.000/ha.

continúa en la próxima página

Cuadro 12.1—continuación

Leyes	Fecha	Descripción
Ley Forestal No. 7575	16/04/1996	Ley vigente. Se introducen conceptos como PSA, Certificados para la Conservación del Bosque (CCB), incentivos para la regeneración del bosque se aceptan los árboles como garantía en el sistema bancario nacional. Eliminación de permisos de corta de plantaciones.
		Estableció alternativas que permitieron que los terrenos de aptitud forestal denudados sean recuperados mediante regeneración natural o establecimiento de plantaciones.

Fuente: FONAFIFO (2006)

12.3 Orígenes del FONAFIFO

En el año 1985 comenzó a funcionar al interior de la Dirección General Forestal, la Unidad de Crédito y Proyectos responsable de la administración de los recursos del Fideicomiso 178 BNCR-CORENA provenientes del empréstito AID-032. Sin embargo en 1990 y con el propósito de consolidar el financiamiento de las actividades forestales del país, se creó por medio de la Ley Forestal No. 7174 y publicado en el Decreto Ejecutivo No. 19886 MIRENEM el Departamento de Financiamiento Forestal (DEFIFO) como parte de la estructura de la Dirección General Forestal.

Posteriormente, como un aporte al fortalecimiento institucional, mediante la norma No. 32 (Ley No. 7216) del presupuesto ordinario y extraordinario de la República de Costa Rica, se crea en 1991 FONAFIFO y se le otorga personería jurídica.

12.3.1 Constitución del FONAFIFO

FONAFIFO, enmarcado como un órgano de desconcentración máxima dentro de la estructura organizativa de la Administración Forestal del Estado (AFE), tiene por objetivo financiar procesos de forestación y reforestación, sistemas agroforestales (SAF), recuperación de áreas desnudas y cambios tecnológicos en aprovechamiento e industrialización de los recursos forestales para beneficio de pequeños y medianos productores. Lo hace por medio de créditos u otros mecanismos de fomento al manejo del bosque. Otro aspecto del objetivo es captar a su vez el financiamiento para el pago de servicios ambientales que brindarían los bosques, las plantaciones forestales y otras actividades.

Al contar con personería jurídica instrumental, FONAFIFO queda facultado para realizar negocios jurídicos lícitos no especulativos o requeridos, necesarios para la debida administración de los recursos de su patrimonio. Se incluye la constitución de fideicomisos, posibilitando así el manejo de recursos presupuestarios en forma ágil e independiente de los presupuestos ordinarios del Ministerio de Ambiente Energía y Telecomunicaciones (MINAET), así mismo es facultado para la captación de recursos orientados al financiamiento del sector forestal costarricense.

12.3.2 Estructura administrativa del FONAFIFO

FONAFIFO está dirigida por una junta directiva conformada por un representante del MINAET, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el sistema bancario nacional, el sector industrial y un representante de las organizaciones de pequeños y medianos productores forestales. El nombramiento es por un período de dos años.

12.3.3 Administración de los recursos

La administración de los recursos se hace con el apoyo de la junta directiva. Actualmente, realiza sus funciones y operaciones por medio de fideicomisos con un fondo fiduciario del Banco Nacional de Costa Rica (BNCR).

Con la promulgación de la Ley Forestal No. 7575, se le encomendó a FONAFIFO la emisión de los Certificados de Abono Forestal y el PSA, como un incentivo que se paga directamente a los beneficiarios.

12.4 Pagos por servicios ambientales

La valoración y el pago por los servicios ambientales son una de las medidas más apropiadas que deberían adoptar los países de América Latina y el Caribe, como una forma de contribuir a mitigar, controlar y revertir los acelerados procesos de degradación de los recursos naturales y la pérdida de la diversidad biológica, considerado como uno de los componentes fundamentales de cualquier política nacional ambiental (Espinosa et al. 1999). En Costa Rica estos pagos se dan como retribución a los propietarios de terreno que tengan bosques o que deseen establecer plantaciones forestales o sistemas agroforestales para la generación de servicios ambientales como: 1) mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la reducción, absorción, fijación y almacenamiento de carbono; 2) la protección del agua para uso urbano, rural o

hidroeléctrico; 3) la protección de la biodiversidad para conservación y uso sostenible, de carácter científico y farmacéutico, de investigación y mejoramiento genético y de protección de ecosistemas y formas de vida y 4) el mantenimiento de la belleza escénica natural para fines turísticos y científicos.

Para el PSA, FONAFIFO hace uso de diferentes fuentes de recursos, siendo el más importante el proveniente del impuesto selectivo al consumo de combustibles y otros hidrocarburos¹³. Asimismo los montos recaudados por concepto de actividades de protección, manejo y establecimiento de plantaciones forestales y venta de otros servicios a nivel internacional o local son destinados al PSA, como por ejemplo los recursos captados (US\$2 millones) por concepto de la primera venta por carbono no emitido de bosques protegidos que FONAFIFO, junto con la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), negociaron conjuntamente con el gobierno noruego y un consorcio de empresarios.

En forma adicional FONAFIFO acordó con el gobierno alemán un aporte de 10,2 millones de euros, con recursos de Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) para financiar el 70% del PSA para la zona norte del país. Con este apoyo, se logró evitar la deforestación de más de 70.000 ha de bosque. Esta iniciativa es conocida como Proyecto Huetar Norte, mediante el cual se logró el avance que se muestra en el cuadro 12.2.

Otra iniciativa que proporcionó recursos a FONAFIFO fue el convenio de cooperación para la ejecución del proyecto denominado Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de los Ecosistemas implementado por el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) en Costa Rica y por medio del cual éste suscribió un convenio con el BNCR, quien actuó como fiduciario, para trasladar recursos a FONAFIFO destinados al PSA a productores ganaderos. El CATIE desarrolló la metodología para el pago y monitoreo de biodiversidad y carbono y estableció en conjunto con los productores los planes de finca para los cambios de usos de tierra.

13 Esto último se sustenta en lo establecido en el artículo 69 de la Ley Forestal No. 7575, donde se menciona que a FONAFIFO le corresponde un tercio de lo recaudado; sin embargo, en el año 2001 a partir de Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria (No. 8114) se modificó tal porcentaje, permitiendo la transferencia a FONAFIFO del 3,5% de lo recaudado por concepto de impuesto al consumo de hidrocarburos.

Desde el año 2001 hasta el 2005 las transferencias por concepto de impuesto a los combustibles fueron sustituidas por los recursos del proyecto Ecomercados I (US\$50.000), fondo constituido por un empréstito (préstamo que toma el Estado o una corporación o empresa, especialmente cuando está representado por títulos negociables o al portador) tomado por el gobierno al Banco Mundial y una donación del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés).

Cuadro 12.2. Avance Programa Forestal Huetar Norte

Modalidades de PSA	Ha*	No. árboles*
Reforestación	5.245,96	
Manejo de bosque	6.289,57	
Protección	61.778,06	
SAF (No. árboles)		18.168,00
Total (ha)	73.313,60	18.168,00

*Información actualizada el 25/06/2008

Fuente: FONAFIFO (2008)

Adicionalmente FONAFIFO ha desarrollado otras iniciativas para obtener más recursos para el PSA; como la emisión de Certificados de Servicio Ambiental (CSA), con los cuales se han captado recursos de empresas privadas, ONG y personas particulares que reconocen la labor de la institución en términos de la protección y recuperación de los bosques del país. En el cuadro 12.3, se presenta una relación de lo convenios firmados entre FONAFIFO y otras instituciones desde su constitución hasta 2008 y en el cuadro 12.4, el total de hectáreas reforestadas mediante varias modalidades de PSA.

En 2007, FONAFIFO realizó una nueva gestión ante el Banco Mundial para el proyecto Ecomercados II, el cual fue aprobado por la Asamblea Legislativa y formalizada en la Ley No. 8640. Este nuevo proyecto permite la obtención de US\$90,3 millones, compuesto de la siguiente manera: US\$47,6 millones aporte del gobierno de Costa Rica, US\$30 millones provenientes de empréstito del Banco Mundial, US\$10 millones donados por GEF y US\$2,7 millones de otras fuentes.

En Costa Rica, los pagos que reciben los productores les permiten a las comunidades los siguientes beneficios:

- Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (reducción, absorción, fijación y almacenamiento de carbono)
- Protección de agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico
- Protección de la biodiversidad para conservación y para uso sostenible, científico y farmacéutico, para investigación y mejoramiento genético y para protección de ecosistemas y formas de vida
- Belleza escénica natural para fines turísticos y científicos

Cuadro 12.3. Principales convenios suscritos al 31 de julio de 2008

Empresa u organización inversionista	Hectáreas financiadas	Inversión en USD (dólares)	Instrumento de captación utilizado	Zona de inversión (destino final de los recursos)
LIFE GATE/IMPATTO ZERO (Proyecto 2)	150	32.610	CSA	Limón/Bri Brí
LIFE GATE/IMPATTO ZERO (Proyecto 3)	150	32.610	CSA	Limón/Bri Brí
COOPEAGRI R.L./ Ingenio (Proyecto 1)	100	37.500	CSA	San José/Pérez Zeledón/Cuenca Río Peñas Blancas
COOPEAGRI R.L./ Ingenio (Proyecto 2)	100	37.500	CSA	San José/Pérez Zeledón/Cuenca Río Peñas Blancas
COOPEAGRI R.L./ Ingenio (Proyecto 3)	100	37.500	CSA	San José/Pérez Zeledón/Cuenca Río Peñas Blancas
Fundacion Ecología y Desarrollo (ECODES/ España)		45.000	Convenio	Jicaral/Hojancha
Instituto Costarricense de Electricidad (Proyecto Reventazón)/ SAF 70000 árboles		56.000	Convenio	Cartago/ Turrialba/ Cuenca Río Reventazón
Instituto Costarricense de Electricidad (Proyecto Cari Blanco)	1.000	75.000	Convenio	Sarapiquí
Fundación bosque lluvioso, PAX NATURA	12.000	100.000	Convenio (*)	Sarapiquí
Reserva Conchal	395	112.575	CSA	Guanacaste

(*) El monto total del convenio es por US\$ 9.675.370 pero se irá ejecutando conforme se reciben los recursos financieros por parte de la ONG (a la fecha se han girado US\$100.000).

continúa en la próxima página

Cuadro 12.3—continuación

Empresa u organización inversionista	Hectáreas financiadas	Inversión en USD (dólares)	Instrumento de captación utilizado	Zona de inversión (destino final de los recursos)
Hidroeléctrica Energía Global (Pedro)	1.000	120.000	Convenio	Heredia/Cuenca Río Volcán
LIFE GATE/IMPATTO ZERO (Proyecto 4)	600	130.440	CSA	Limón/Bri Brí/ Tainy
Azucarera El Viejo	550	156.750	CSA	Guanacaste
Hidroeléctrica Platanar	750	162.357	Convenio	Alajuela/Cuenca Río Platanar
Hidroeléctrica Aguas Zarcas	1.666	262.500	Convenio	Alajuela/San Carlos/Cuenca Río Aguas Zarcas
Florida Ice and Farm (CSA)	1.000	272.727	Convenio/ CSA	Heredia/Cuenca Río Segundo
Instituto Costarricense de Electricidad (Proyecto Peñas Blancas)	2.306	407.900	Convenio	Alajuela/La Fortuna/Cuenca Río Peñas Blancas
CATIE/OP-12/ Silvopastoril, Mejoramiento de Suelos y Pastos	3.379	441.000	Convenio	Puntarenas/ Esparza
Compañía Nacional Fuerza y Luz	900	464.000	Convenio	Alajuela/ Guanacaste/ Cote
Compañía Nacional Fuerza y Luz	4.000	1.960.000	Convenio	Puntarenas/ Miramar/Cuenca Río Aranjuez
Compañía Nacional Fuerza y Luz	6.000	2.856.000	Convenio	Alajuela/San Ramón/Balsa Superior

Fuente: FONAFIFO

Cuadro 12.4. Distribución de las hectáreas contratadas en pago de servicios ambientales por año y modalidad (período 1997–2007)

Año	Protección de bosque	Manejo de bosque	Reforestación	Plantaciones establecidas	Total hectáreas	Sistemas agroforestales (árboles)	Número de contratos
1997	88.830	9.325	4.629	--	102.784	--	1.200
1998	47.804	7.620	4.173	319	59.916	--	597
1999	55.776	5.125	3.156	724	64.781	--	622
2000	26.583	--	2.457	--	29.040	--	271
2001	20.629	3.997	3.281	--	27.907	--	287
2002	21.819	1.999	1.086	--	24.904	--	279
2003	65.405	--	3.155	205	68.765	97.381	672
2004	71.081	--	1.557	--	72.638	412.558	760
2005	53.493	--	3.602	--	57.095	513.684	755
2006*	19.972	--	4.866	--	24.838	380.398	619
2007*	60.568	--	5.826	--	66.394	541.531	1.180
Total	531.960	28.066	37.788	1.248	599.062	1.945.552	7.242

* Incluye datos de reforestación y regeneración natural en un solo dato.

Fuente: FONAFIFO (2008)

12.4.1 Montos del PSA

El porcentaje y monto del PSA, se determina dependiendo de la modalidad de conservación según el Decreto Ejecutivo 34371—MINAET—2008, (como se detalla en el cuadro 12.5).

Cuadro 12.5. Distribución de los pagos de los servicios ambientales del año 2008

Modalidades de conservación	Monto USD	1er año	2do año	3er año	4to año	5to año
		%				
Protección	320	20	20	20	20	20
Regeneración natural	205	20	20	20	20	20
Reforestación	816	50	20	15	10	5
Sistemas agroforestales	1,3/árbol	65	20	15	--	--

Fuente: FONAFIFO (2008)

12.4.2 Disposiciones generales del PSA

- La presentación de solicitudes de inclusión de áreas al programa de PSA es anual y el pago depende de la disponibilidad de recursos que asigne el gobierno para el siguiente período.
- Cada beneficiario paga el monto correspondiente para el trámite de la afectación a su propiedad ante el Registro Público, lo cual representa el 1% del monto total a recibir por todo el contrato. También debe aportar el comprobante, o autorizar por escrito al FONAFIFO, descontar del primer pago el monto correspondiente.
- El área mínima para ingresar al PSA es desde 2 ha en adelante para los casos de protección y manejo de bosque y de 1 ha en adelante para reforestación, y en todos los casos hasta un máximo de 300 ha por propietario.
- En el caso de los sistemas agroforestales, se ha regulado un mínimo de 350 árboles por beneficiario y un máximo de 3.500.
- Los propietarios de terrenos que se acojan al PSA ceden sus derechos por esos servicios al FONAFIFO.

Las solicitudes se tramitan por las oficinas regionales del FONAFIFO en forma individual o por medio de organizaciones debidamente acreditadas para este efecto.

12.4.3 Participación de ONG forestales

El programa de PSA da participación a las ONG—como la Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA), Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), la Cooperativa Agro Industrial de San Isidro del General (COOPEAGRI R.L.), centros agrícolas cantonales, otras cooperativas y organizaciones de productores que realizan las gestiones legales para posibilitar la participación en el programa de sus asociados. También, estas ONG brindan asistencia técnica y el servicio de regencia a sus socios (dueños de bosques y plantaciones).

12.4.4 Participación de comunidades indígenas

Las comunidades indígenas participan en el programa PSA a través de las Asociaciones de Desarrollo Integral en Reservas Indígenas (ADIRI), que representan legalmente los intereses de esas comunidades. Por medio de las juntas directivas de las ADIRI, se formalizan los contratos y se decide como emplear los recursos que reciben. A la fecha, se han suscrito contratos con estas comunidades por más de 43.900 ha de bosques protegidos. Los contratos se han convertido en una de las principales fuentes de ingreso para las comunidades indígenas del país.

12.5 Lecciones aprendidas del PSA a partir de los proyectos Ecomercados I y Forestal Huetar Norte

Con las negociaciones, aprobación e implementación de los proyectos Ecomercados I y Forestal Huetar Norte, han quedado en los beneficiarios, FONAFIFO y el equipo de trabajo las lecciones aprendidas, las cuales concuerdan con las identificadas por de Camino (2006) y Hartshorn, Ferraro y Spergel (2005). A continuación se detallan.

12.5.1 El aseguramiento presupuestario

Una de las mayores ventajas que ha obtenido el programa de PSA con la implementación del proyecto Ecomercados I fue asegurar un mínimo de recursos para el programa y la transferencia de recursos provenientes del

presupuesto nacional como contrapartida, a partir de lo establecido en el contrato de préstamo. Por otro lado, se demostró la capacidad de ejecutar el proyecto, permitiendo a otros financistas incorporar recursos en los programas y proyectos de FONAFIFO. Con esta experiencia FONAFIFO está fortalecido para la ejecución de Ecomercados II.

12.5.2 Se ha logrado revertir el proceso de deforestación en Costa Rica a partir de la aplicación del Programa de PSA

A partir de una disminución del proceso de deforestación imperante a fines de los 80, el país se posicionó internacionalmente, logrando obtener apoyo externo para el financiamiento del sistema, teniendo incluso la posibilidad de diseminar las lecciones aprendidas mediante la cooperación Sur-Sur.

12.5.3 El éxito notable de FONAFIFO

Con el continuo apoyo político, se han observado logros en los objetivos de conservación de la naturaleza y la generación de servicios ambientales, así como en la eficiencia institucional respecto a la transparencia y bajos costos de transacción en el manejo de los fondos, permitiendo a partir de esto ganar la confianza de instituciones financieras de carácter internacional (de Camino 2006).

12.5.4 Falta de mediciones de biodiversidad

Actualmente existen alrededor de 570.000 ha bajo bosque, lo que permiten asegurar el mantenimiento de la biodiversidad, a lo que se añade los indicios que las plantaciones forestales, el manejo forestal y la protección han contribuido para incrementar la diversidad de fauna (de Camino 2006). Sin embargo, es necesario diseñar una metodología para monitorear y establecer la riqueza y abundancia de especies de biodiversidad que se generan con los PSA.

12.5.5 El Programa Forestal Huetar Norte ha contribuido a mejorar la imagen del país frente al mundo

Tanto Costa Rica como FONAFIFO han recibido el reconocimiento por parte de KfW, del GEF y del Banco Mundial, lo que ha ayudado a mantener el apoyo político al programa de PSA y a socializar a nivel institucional la política de PSA. La difusión de la experiencia por parte de KfW y Banco Mundial ha generado la demanda de otros países por adoptar soluciones similares (de Camino 2006).

12.5.6 Promoción de mejores prácticas por el gobierno de Costa Rica

A partir del programa de PSA y por medio del Ministerio de Relaciones Exteriores y de Culto, Costa Rica ofrece mejores prácticas para la conservación de los recursos naturales y estrategias locales de adaptación al cambio climático a otros países de la región (de Camino 2006).

12.6 Incentivos forestales no financieros

12.6.1 Incentivos para reforestar

Estos incentivos están contemplados en el artículo 29 de la Ley Forestal (No. 7575) y corresponden a la exención del impuesto de bienes inmuebles del área plantada, de tierras incultas y de los activos durante el período de plantación, crecimiento y raleos. Las personas que reforesten sin los recursos provenientes de la deducción del impuesto sobre la renta o de Certificados de Abono Forestal gozarán de exención del impuesto sobre la renta de las ganancias obtenidas por la comercialización de los productos de sus plantaciones.

12.6.2 Regeneración voluntaria de bosques

Los propietarios de terrenos de aptitud forestal desprovistos de bosque que deseen restablecer la cubierta forestal pueden acceder a los siguientes beneficios: entrega de certificados de retribución al propietario por los servicios ambientales que el bosque va a producir; la exoneración del pago de impuesto de bienes inmuebles por las áreas que se estén recuperando; el desalojo de invasores por la autoridad policial en las áreas incentivadas; y el pago del impuesto a los activos por las áreas sometidas al programa de recuperación. Una de las condiciones para optar a este incentivo es inscribir una afectación ante el Registro Público sobre las áreas por un período no menor a 20 años.

12.6.3 Garantías crediticias

Los árboles de los terrenos cubiertos de bosques o plantaciones podrán ser utilizados como garantía de préstamo hipotecario ante el Sistema Financiero Nacional.

12.6.4 Eliminación de permisos de corta para plantaciones

Con la promulgación de la Ley No. 7575, se eliminó la entrega de permisos de corta, transporte, industrialización y exportación para la madera proveniente de plantaciones forestales, sistemas agroforestales o árboles plantados individualmente; por lo que bastará con un certificado de origen de la madera emitido por un regente, el Consejo Forestal de la zona o la municipalidad de su jurisdicción.

12.6.5 Incentivos a la reforestación con recursos propios

Las personas que deseen reforestar podrán obtener los siguientes beneficios: la exención del impuesto de bienes inmuebles, de tierras incultas y de los activos, así como el desalojo de precaristas por parte de la policía de las áreas afectas que se inscriban al Régimen Forestal.

12.6.6 Protección contra desalojos

Los terrenos destinados a la actividad forestal sometidos voluntariamente al Régimen Forestal tendrán como beneficio el compromiso del Estado de realizar los desalojos de invasores en caso de que estos se dieran, haciendo el uso de la autoridad policial.

12.7 Fiscalización

La fiscalización del cumplimiento de los planes de manejo o estudios técnicos se realiza mediante diversas instancias. La primera fiscalización es efectuada por los funcionarios de las oficinas regionales de FONAFIFO.

De igual manera, el personal asignado por el SINAC que ejecuta la estrategia nacional de verificación y cumplimiento de los contratos de PSA puede fiscalizar los planes de manejo, para lo cual FONAFIFO debe suministrar la información sobre modalidades y ubicación de las fincas sometidas.

Cabe destacar que todos los contratos de protección, reforestación y regeneración natural con los beneficiarios se inscriben en el Registro Público de la Propiedad a fin de publicitar la existencia de los mismos, contando a su vez con un Sistema de Información Geográfica (SIG), que permite evidenciar eventuales traslapes y verificar la cabida de cada área inserta en el PSA.

12.8 Auditorías externas

De manera bianual, FONAFIFO contrata empresas consultoras para realizar un análisis de los procesos administrativos y técnicos de los contratos de PSA, así como también para verificar el cumplimiento de metas, contratos y administración de recursos.

12.9 Sistema Nacional de Áreas de Conservación

El SINAC corresponde a un modelo de gestión institucional descentralizado y participativo que ha unido las potestades del MINAET en el campo forestal, vida silvestre y áreas protegidas para planificar y ejecutar procesos dirigidos hacia el manejo sostenible de los recursos naturales del país. Por medio de eso, se ha definido políticas y estrategias de acción integrales para la conservación de los recursos naturales. Fue constituido en el año 1995 mediante decreto ejecutivo y ratificado en la Ley de Biodiversidad No. 7788. Su creación ayudó a dividir al país en 11 áreas de conservación con direcciones regionales y subregionales; la dirección general se encuentra ubicada en la capital metropolitana, San José (SINAC 2000).

Respecto al programa de PSA, al SINAC le corresponde establecer las áreas prioritarias para el programa, de manera que el mismo contribuya a lograr la conectividad de las áreas protegidas por el Estado a partir de bosques en propiedad privada, consolidando así la estrategia del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM); además para planear y ejecutar la estrategia de control y seguimiento de los proyectos, FONAFIFO transfiere anualmente el 2% del presupuesto asignado al programa.

12.10 Referencias bibliográficas

- de Camino, R. 2006. Informe final de consultoría de apoyo: evaluación de resultados 1999 a 2006 Programa Forestal Huetar Norte. 119 p.
- Espinosa, N; Gatica, J; Smyle, J. 1999. El pago de servicios ambientales y el desarrollo sostenible en el medio rural. Documento de trabajo. Serie de Publicaciones Ruta. San José Costa Rica. 88 p.

- FONAFIFO. 2006. Más de una década de acción, San José, Costa Rica. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. 125 p.
- Hartshorn, G; Ferraro, PJ; Spergel, B. 2005. Evaluation of the World Bank-GEF Ecomarkets Project in Costa Rica. November. North Carolina State University. 47p.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007 – The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC (ISBN 978 0521 88009-1 Hardback; 978 0521 70596-7 Paperback).
- Moura Costa, P. La convención sobre el clima y el mercado de las contrapartidas de las emisiones de carbono basadas en las actividades forestales. *Unasyuva* 206, vol. 52, 2001/3 p. 34–40.
- SINAC. 2000. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. 2000. Documento Internet://www.sinac.go.cr/información.
- Unasyuva. 2001. La convención sobre el clima y el mercado de contrapartidas de las emisiones de carbono basadas en actividades forestales, 206, vol. 52.

Capítulo 13

Pagos por servicios ambientales en el municipio de San Pedro del Norte, Nicaragua, y su contribución a la adaptación al cambio climático

Carlos J. Pérez

Resumen

San Pedro del Norte (SPN) es un municipio ubicado en las laderas del norte del departamento de Chinandega, Nicaragua, colinda con el municipio de San Marcos de Colón, Honduras. Varios eventos climáticos, alternados entre sequías y tormentas tropicales, han afectado al municipio. La sequía del 2001 motivó a las autoridades municipales a implementar un proyecto piloto de pago por servicio ambiental (PSA) hídrico para restaurar la microcuenca Paso de los Caballos, localizada en San Pedro de Potrero Grande en Nicaragua. Mediante una Ordenanza Municipal, crearon un Fondo de Servicios Ambientales (FSA) que se implementa desde el 2002. El PSA permitió fortalecer la capacidad institucional en materia de gestión ambiental, mejoró la disponibilidad de agua, contribuyó al mantenimiento del bosque nativo y ha aumentado el capital social del gobierno local. Sin embargo, todavía se requiere fortalecer aún más el FSA para aumentar las áreas de conservación en la microcuenca, pero la población es de bajos ingresos. Se requiere la concertación entre el Plan de Desarrollo Municipal y los mecanismos nacionales de transferencias de recursos financieros a los municipios para que permita fortalecer el FSA. Por los beneficios globales de la regeneración del bosque, habría que explorar la posibilidad de obtener recursos internacionales, pero esta gestión sobrepasa la capacidad actual. Ante escenarios de cambio climático actuales y futuros, el PSA es un mecanismo que fortalece la capacidad adaptativa de los recursos hídricos, pero hace falta mejorar el índice de desarrollo humano.

Palabras claves: eventos climáticos, sequía, microcuenca, gestión ambiental, conservación

Abstract

San Pedro del Norte is a municipality located on the northern hillsides of the department of Chinandega, Nicaragua, bordering with the municipality of San Marcos de Colón, Honduras. Various climate events, alternating between droughts and tropical storms, have affected the territory. The drought of 2001 motivated the authorities to implement a pilot project on payments for environmental services (PES) to restore the micro watershed Paso de los Caballos, located in San Pedro de Potrero Grande in Nicaragua, the main water source. In 2002, upon approval of a municipal ordinance, the local Fund for Environmental Services (FES) was created. This mechanism strengthened the institutional capacity in environmental management, improved water availability, contributed to the maintenance of native forest in the micro watershed and increased the social capital of the local government. However, the FES is small compared to the area needed to significantly increase water capture in the catchment area, and the low income of the population limits asking for additional contributions. To strengthen the FES requires coordination between the Municipal Development Plan, which integrates the amplification of the PES mechanism, and national mechanisms for transferring financial resources to municipalities that will permit them to strengthen the local FES. Since there are global benefits due to forest regeneration, it may be possible to obtain international resources for the FES, but additional capacities are needed to access global environmental mechanisms. The actual and future scenarios of climate change require adaptation measures similar to the PES mechanism implemented in San Pedro del Norte for water resources, but to obtain a greater adaptive capacity, improvement of the human development index is sorely needed.

Key words: climatic events, droughts, micro watershed, environmental management, conservation



Foto: Juan Carlos Miranda (2005)

Barreras de piedra y regeneración natural del bosque en una finca de un pequeño ganadero en San Pedro del Norte

13.1 Introducción

San Pedro del Norte (SPN)—13° 16' N; 86° 52' O—es uno de los 13 municipios del departamento de Chinandega, ubicado en el noroeste de Nicaragua, limitando con el municipio de San Marcos de Colón, departamento de Choluteca, Honduras (figura 13.1). Con una extensión de 72,88 km², está situado en una cordillera de montañas con altitudes que van de 400 a 1.600 msnm. La mayor parte del territorio (91%) son laderas con inclinaciones $\geq 30\%$, y un tercio con pendientes $>50\%$. Según la clasificación de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) los suelos en SPN son predominantemente de clase VII (PDM 2007), altamente vulnerables a la erosión si el uso no es apropiado.

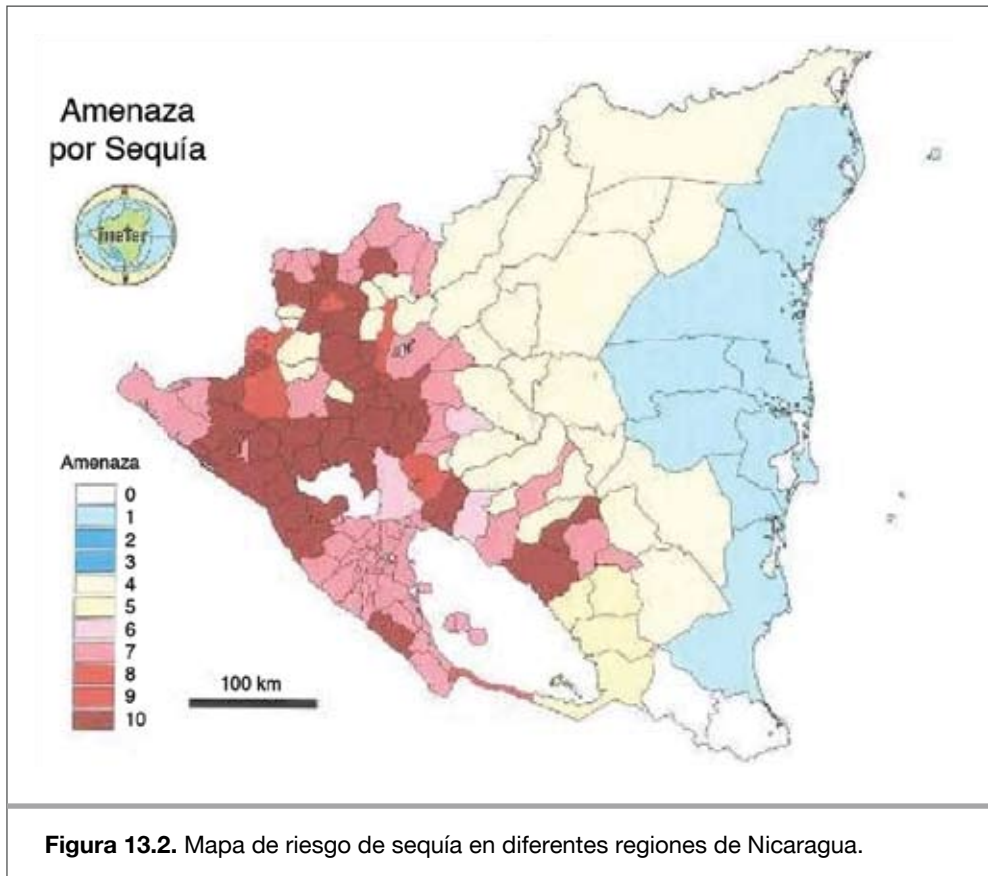
La precipitación total anual (PTA) varía entre 500 y 1.500 mm, con una PTA media de 1.200 mm, con una estación lluviosa de mayo a noviembre y una estación seca que dura entre cinco y seis meses. El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER 2003) clasifica la zona como altamente sensible a la sequía (figura 13.2).



Figura 13.1. Mapa del departamento de Chinandega, Nicaragua (incluye los 13 municipios)
Fuente: INETER (2003)

La población de SPN ha experimentado varios episodios de eventos climáticos extremos (CEPREDENAC 2007). La disponibilidad de agua es crítica para la producción de alimentos y el consumo humano, particularmente durante la estación seca. Con una temperatura anual que oscila entre 23°C y 28°C, la clasificación general del municipio corresponde al bosque seco tropical (Mendoza et al. 2001). Las especies de árboles caducifolios representan el 95% del inventario del bosque y los pinares (*Pinus oocarpa*) el 5% restante. La economía de SPN es altamente dependiente de la producción agropecuaria, particularmente cultivos y ganado.

La población es de aproximadamente 5.100 habitantes (INEC 2005), donde 87% son rurales y solamente 13% urbanos. El Índice de Desarrollo Humano Municipal (IDHM) de los 13 municipios del departamento de Chinandega tiene un rango de 0,492 a 0,784, pero el de SPN es uno de los más bajos 0,506 (PNUD 2002). La política de descentralización en Nicaragua ha ido evolucionando y se destacan dos instrumentos importantes para implementarla: 1) la Ley de



Municipios No. 40 (La Gaceta 1988) de autonomía municipal; y 2) la Ley No. 466 (La Gaceta 2003) de transferencias del presupuesto nacional a los municipios.

13.2 La alcaldía de San Pedro del Norte y la institucionalidad del agua

Hasta el año 2000, la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL) se encargaba de la administración del servicio en SPN. Debido al alto costo de operación y de la baja colección de los pagos de los usuarios, ENACAL decidió cederle la administración al municipio. Éste se convirtió en uno de los primeros ejemplos de la administración descentralizada del servicio de agua en Nicaragua.

Con una situación inicial precaria, en el año 2001 una sequía severa empeoró la crisis del sistema de abastecimiento de agua. Esta situación condujo a la búsqueda de soluciones y fue así como en ese mismo año la municipalidad sometió una propuesta al Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC) para comenzar una acción experimental en el pago por servicios ambientales (PSA). Esta propuesta tenía como objetivo intervenir con mejores prácticas de manejo de suelos en la microcuenca Paso de los Caballos, donde se localiza la captación de agua. La experiencia de PSA se ha desarrollado en el municipio de SPN desde 2002 y se han realizado evaluaciones en 2005 y 2007 sobre los beneficios de la experiencia de PSA concebida en 2001 (PASOLAC 2007).

13.3 Contribución de la experiencia de PSA a la solución de la crisis del agua en SPN

El Comité Ambiental Municipal (CAM) se encargó de la realización de la experiencia de PSA en SPN. Durante el primer año (2001–2002), se realizaron tres estudios preliminares como parte del diseño del mecanismo de PSA local: 1) el diagnóstico de la microcuenca Paso de los Caballos, con el objetivo de establecer las prácticas de conservación de suelos y agua a introducir; 2) la valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos proporcionados por la microcuenca y la inversión necesaria para mejorar las funciones hidrológicas; y 3) un estudio para determinar la disposición de los usuarios del agua a pagar por los servicios del agua, algo que se había perdido debido a razones políticas.

Una vez completados los estudios preliminares, se procedió a la divulgación de los resultados ante la población. El Concejo Municipal aprobó una propuesta de ordenanza municipal que le dió el marco jurídico e institucional al mecanismo local de PSA. Esta ordenanza permitió la creación del Fondo de Servicios Ambientales y su reglamentación. Igualmente se establecieron los procedimientos para firmar contratos con los agricultores localizados en la microcuenca, para que estos recibieran un pago anual a cambio de introducir tres prácticas principales: 1) evitar incendios de pastizales y áreas forestales; 2) promover la regeneración natural del bosque en las laderas de la microcuenca Paso de los Caballos y 3) instalar obras de conservación de suelo y agua para incrementar la captación de agua de lluvia (diques y barreras de piedra).

De las 743 ha que comprende la microcuenca Paso de los Caballos, 76 ha fueron delimitadas como área más crítica. A partir de ésta delimitación, el inicio del PSA se dirigió a la firma de contratos con cinco productores. Durante 2003–2006 la inversión total en 13 ha fue calculada en US\$240 ha⁻¹. Estos fondos incluyen: una instalación inicial de US\$2.000 proporcionados por PASOLAC como un fondo inicial que permitiese fortalecer el Fondo de Servicios Ambientales. La alcaldía ha contribuido con US\$1.150, que corresponden al 5% del ingreso anual de los impuestos locales; los usuarios del agua también han contribuido con US\$140¹⁴ por año, que se recaudan a través de la tarifa de agua. En los contratos firmados por la municipalidad se establece que con el fondo de PSA pagan US\$19/ha/año a los productores (PASOLAC 2007). Esta suma actualmente se considera baja porque los granos básicos han mejorado su precio; por lo tanto, el costo de oportunidad ha aumentado. En un futuro, este monto deberá ser revisado.

Los logros y resultados percibidos por la municipalidad de SPN, los usuarios del agua de la parte baja de la microcuenca y los productores bajo PSA son variados. Se pueden agrupar en logros institucionales, económicos y ecológicos (PASOLAC 2007).

En los aspectos institucionales, uno de los más importantes es la descentralización de la administración del agua a través de la conformación del Comité Local del Agua. Se puede concluir que se ha logrado establecer pautas para lograr la gobernabilidad del agua, dando como resultado un mejor abastecimiento a la población durante todo el año.

La población de SPN ahora está contribuyendo al mantenimiento del sistema de agua y al PSA a través de la tarifa acordada. Desde que el Comité de Agua se creó la tarifa recolectada por casa, que es de aproximadamente US\$2¹⁵ por mes, correspondiente al 85% de los usuarios (n= 140 viviendas). Adicionalmente, la experiencia de PSA mejoró la capacidad de gestión de la municipalidad a tal punto que lograron tener éxito con una propuesta de ampliación del sistema de abastecimiento de agua a través del Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE). Después de firmar un Convenio Intermunicipal Transfronterizo con la municipalidad de San Marcos de Colón (Choluteca, Honduras), se expandió

14 Este monto se obtiene de la tarifa mensual del agua, US\$2.

15 US\$2 es la tarifa del agua mensual y de acá toman una parte para el PSA, hasta totalizar US\$140/año.

el PSA a un productor ubicado en Honduras. En el bosque de este productor, ubicado en la microcuenca La Botija, nace una fuente de agua que ahora también es parte del sistema de abastecimiento de SPN.

Otro de los logros en SPN ha sido el incremento del capital social a partir de la acción de PSA. El municipio de SPN ha logrado mejorar y fortalecer su red institucional, tanto nacional como internacional. Por ejemplo: 1) mejor poder de negociación con el FISE, que se traduce en proyectos aprobados por montos importantes (US\$48.000 en 2006); 2) convenio binacional intermunicipal con el municipio de San Marcos de Colón, Honduras, que le permite establecer convenios con productores ubicados en microcuencas vecinas a SPN; 3) mejores relaciones con otros municipios miembros de la Asociación de Municipios del Norte de Chinandega (AMUNORCHI); y 4) la integración de otras microcuencas están en planes de manejo en el Plan de Desarrollo Municipal formulado en el 2006, y conformación de ocho subcomisiones ambientales alrededor del manejo y conservación de fuentes de agua.

La disponibilidad del agua ha mejorado significativamente, particularmente durante los meses críticos de la estación seca (noviembre–abril), comparado con los años 2003 a 2005, durante las últimas dos estaciones secas (2006 y 2007). El agua está disponible a intervalos de dos días, comparado con los intervalos de ocho a 10 días en el pasado. Según los usuarios, ésta es una señal clara de que el esquema PSA implementado está funcionando. La disponibilidad de agua ha mejorado también para los agricultores ubicados aguas arriba, ya que en la microcuenca se han inventariado unas 85 fuentes de agua, entre pozos, manantiales, quebradas o riachuelos (PASOLAC 2007).

Los beneficios del PSA en SPN fueron estimados durante los estudios preliminares de valoración económica de los bienes y servicios ambientales (Aburto 2005). En este estudio se estimó que con la intervención en la microcuenca, aplicando el plan de manejo establecido durante el diagnóstico biofísico, se logra una tasa de retorno marginal de 118% después de 10 años de implementación de dicho plan. Estimaciones recientes de la producción de agua en el área bajo PSA indican que el aumento es significativo, evolucionando de 1,25 m³/día el 2005 a 12 m³/día el 2007 durante la época seca. No obstante, ésta producción todavía no logra el abastecimiento diario de agua para la población de SPN, pero se resolvió la situación de crisis. La oferta hídrica durante la estación seca de 2005 abastecía 14% de la demanda, mientras que en 2007 se abastecía 32% de la demanda.

Entre los beneficios ecológicos, se destaca la regeneración del bosque en 13 ha bajo PSA; combinado con los 1.220 m de barreras de piedra, ha aumentado la infiltración de agua y reducido la tasa de erosión de suelos. Sin embargo, estos dos parámetros no han sido medidos. Tampoco se ha medido la acumulación de carbono en el bosque regenerado durante los últimos cuatro años. Este monitoreo es esencial para ilustrar los beneficios globales obtenidos por ésta acción de PSA mediante el secuestro de carbono. En un futuro, estos beneficios globales pudiesen ser reconocidos para mejorar los ingresos de los productores que participan en la regeneración natural del bosque.

13.4 Contribución de la experiencia de PSA a la adaptación del cambio climático

Los escenarios futuros de cambio climático en Nicaragua han sido divulgados en la I Comunicación Nacional del Gobierno de Nicaragua (MARENA 2001). Estos escenarios fueron estimados a partir de modelos generales de circulación general de amplia resolución (Ramírez 2005). Los escenarios fueron proyectados para las zonas del litoral Pacífico y Atlántico y proyectan un aumento de la temperatura y una disminución en la precipitación pluvial (cuadro 13.1). El aumento de temperatura podría afectar el bienestar humano, la productividad del trabajo y la producción agropecuaria. También se proyecta un aumento significativo en el índice de la malaria debido a un aumento en la capacidad reproductiva del mosquito que transmite la enfermedad. Estas proyecciones pueden no afectar tanto en SPN debido a la altitud relativa de su localización. Sin embargo, con esas proyecciones la condición de bosque seco tropical puede ser aún más severa (MARENA 2001, Mendoza et al. 2001).

Los escenarios de cambio climático proyectan reducciones en la precipitación (90 a 250 mm menos precipitación/año) para los años 2010, 2050 y 2100.

Estas reducciones serían más significativas en el departamento de León y Chinandega. Si se reduce la precipitación, ésta tendrá efectos en las actividades agropecuarias y en el abastecimiento de agua para la población. Los primeros análisis de la precipitación en Nicaragua durante el período 1961–1995 demuestran tendencias negativas en las regiones norte y noroeste del país (IPCC 2001). Estas proyecciones, conjugadas con el bajo IDHM, aumentan la sensibilidad de la población al cambio climático y variabilidad climática.

Cuadro 13.1. Proyecciones: precipitación y temperatura para Nicaragua

Año	Escenarios					
	Pesimista (is-92a)		Moderado (is-92d)		Optimista (is-92c)	
	Pacífico	Atlántico	Pacífico	Atlántico	Pacífico	Atlántico
	Precipitación (%)					
2010	-8,4	-8,2	-7,9	-7,7	-7,9	-7,7
2050	-21,0	-20,5	-16,9	-16,5	-16,2	-16,2
2100	-36,6	-35,7	-25,3	-24,7	-21,0	-20,5
	Temperatura (°C)					
2010	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7
2050	2,1	1,9	1,7	1,5	1,6	1,5
2100	3,7	3,3	2,6	2,3	2,1	1,9
	Nubosidad (%)					
2010	-3,6	-4,0	-3,4	-3,7	-3,4	-3,7
2050	-9,0	-9,9	-7,2	-7,9	-6,9	-7,6
2100	-15,6	-17,2	-10,8	-11,9	-9,0	-9,9

Fuente: I Comunicación Nacional (MARENA 2001)

Para reducir la vulnerabilidad de la población de SPN al cambio climático, se debe aumentar las áreas de captación de agua en la microcuenca e implementar medidas sociales y económicas que se traduzcan en un IDHM superior al actual. En el caso particular del agua, la capacidad adaptativa de SPN se ha mejorado por dos razones: 1) la experiencia de PSA ha enseñado que al aumentar las áreas de manejo y conservación de suelos y agua, se puede mejorar la captación de agua y por lo tanto la disponibilidad del recurso para la población y la agricultura; y 2) SPN logró capitalizar los recursos del FISE para aumentar el volumen de agua disponible y mejorar la infraestructura de distribución. Este logro proviene de un mejor capital social del municipio.

Un estudio reciente realizado por el MARENA (2008) en la cuenca No. 64, ubicada en los departamentos de León y Chinandega, se refiere a la vulnerabilidad del recurso hídrico y las medidas de adaptación que se deben de implementar.

Una de las medidas se refiere al fomento de prácticas de conservación de suelos y agua con pequeños productores y las municipalidades que comparten dicha cuenca. Para recuperar fuentes de agua, recomiendan el manejo de la regeneración natural de la vegetación en las zonas de recarga hídrica. Estas medidas ya las están implementando en SPN y podrían servir de lección a la cuenca No. 64.

Aunque hace falta más estudios sobre la relación entre regeneración natural del bosque y la recuperación de fuentes de agua en SPN, hay informes que sugieren que la promoción de la regeneración natural de bosques con árboles nativos ha mejorado la hidrología de microcuencas, aumentando así la resistencia de períodos secos prolongados (Innes y Hickey 2006). Además, las prácticas introducidas a través del PSA pueden contribuir a reducir los incendios forestales que en un futuro se pueden ver aumentados por el cambio climático (Rodríguez et al. 2001).

Otras medidas que mejoran la capacidad adaptativa de SPN se pueden observar en el Plan de Desarrollo Municipal (PDM 2007), a través del cual el gobierno local busca fortalecer la infraestructura, generación de ingresos, educación, etc. El PDM incluye la implementación de un conjunto de proyectos y programas que, de implementarse, podrían reducir la vulnerabilidad al cambio climático en el sector agrícola. Algunas de las acciones específicas planeadas incluyen: conservación de suelos y agua; manejo de la fertilidad del suelo; mejor selección de cultivos y fechas de siembra; desarrollo de proyectos de irrigación a pequeña escala con cultivos de mayor valor; producción y procesamiento de plantas medicinales; la apicultura; mejoras en el manejo de pastizales; reducción en quemas de pastizales; y prevención de incendios forestales.

A pesar de que el PDM no ha sido elaborado sobre la base de los escenarios de cambio climático, el gobierno local de SPN ha integrado la experiencia de la población con eventos climáticos extremos pasados. Sin embargo, la implementación de las medidas de adaptación depende de la disponibilidad de recursos financieros, disponibilidad de tecnología y del personal capacitado, acceso a la información y la existencia de arreglos legales, sociales y de organización (Dessai et al. 2005).

Marco jurídico e institucional para la adaptación. La Ordenanza Municipal de PSA, creada en 2002, fue revisada y ratificada en 2006 (PASOLAC 2007). Busca ampliar las zonas de conservación de los recursos hídricos. Otro

instrumento importante es el Plan de Desarrollo Municipal, que es aprobado por el Concejo Municipal, y a la vez, por los distintos sectores socioeconómicos del municipio. En el sentido jurídico e institucional, SPN está fortalecido.

Otro instrumento importante para el municipio de Nicaragua es la Ley No. 466 (La Gaceta 2003: Transferencias de Presupuesto Nacional a las Alcaldías), que permite al gobierno central realizar transferencias del presupuesto nacional a los gobiernos municipales según el PDM. La suma que será transferida a cada municipio considera tres criterios: 1) el tamaño del municipio en términos de población; 2) la extensión del territorio; y 3) la suma de impuestos locales recolectados.

El sistema de transferencias monetarias de la Ley 466 no considera la vulnerabilidad socioeconómica de la población del municipio como criterio para establecer el monto. En un futuro, esta ley podría considerar dicho criterio y así mejorar los ingresos municipales de SPN. La adaptación de los recursos hídricos de SPN podría fortalecerse si una proporción de los fondos municipales se invierte en el FSA; así se podría ampliar la cobertura bajo regeneración natural y área con conservación de suelos y agua en las microcuencas críticas.

El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) puede jugar un rol importante si comunica los resultados de los estudios de cambio climático y escenarios futuros (MARENA 2001, MARENA 2008). Si los escenarios de cambio climático de ambos documentos indican una tendencia hacia una reducción en la disponibilidad de agua y proporcionan advertencias referentes a los riesgos climáticos, entonces las medidas de adaptación y el fortalecimiento de las instituciones deben priorizar a aquellas poblaciones con IDHM bajo, como el caso de SPN.

13.5 Conclusiones

La sequía del año 2001 indujo al gobierno local a diseñar e implementar un mecanismo de PSA para intentar revertir la degradación que presentaban los recursos hídricos críticos. Desde el año 2002 a la fecha, se ha desarrollado una experiencia de PSA hídricos mediante la cual se paga a productores de la microcuenca Paso de los Caballos para que permitan la regeneración del bosque, introducir prácticas de conservación de suelos y agua, y evitar las quemadas de pastizales.

El desarrollo de esta experiencia ha permitido al municipio de SPN fortalecer su institucionalidad para la gestión ambiental, ha incrementado la disponibilidad de agua, ha mejorado la capacidad de gestión de recursos financieros, y ha ganado capital social. Con base en las experiencias adquiridas a través del PSA desde el 2002, el nuevo Plan de Desarrollo Municipal, disponible en el 2007, conlleva lineamientos de manejo de los recursos hídricos mediante la ampliación de las prácticas de conservación de suelos y agua y medidas generales para reducir las quemas de pastizales y los bosques remanentes. Aunque se han recuperado las fuentes de agua, es necesario realizar estudios más precisos de los volúmenes de agua recuperados y el valor económico de estos para estimar el costo-beneficio con mayor certeza.

Esta experiencia de PSA ofrece algunos lineamientos para la adaptación de los recursos hídricos en zonas de bosque seco tropical. Entre los lineamientos están: 1) delimitar la cuenca y realizar un diagnóstico preliminar para definir las prácticas que se quieren introducir y el costo correspondiente de las mismas; 2) buscar la participación de todos los actores que se benefician del agua para que contribuyan al costo del manejo y conservación; 3) formular los mecanismos legales e institucionales locales acorde con las leyes generales de la república y política de descentralización; y 4) realizar las gestiones financieras focalizadas una vez que se han identificado las medidas de adaptación esenciales. Éste es un caso en el que la medida de adaptación del recurso hídrico contribuye a la mitigación del cambio climático mediante el secuestro de carbono, pero todavía no se ha aprovechado este potencial para fortalecer el mecanismo de PSA.

El capital social que ha ganado SPN podría ser aprovechado para incidir en las políticas nacionales que permitan elevar el IDHM.

13.6 Referencias bibliográficas

- Aburto, E. 2005. Valoración económica del servicio ambiental hidrológico de la microcuenca Paso de los Caballos del municipio de San Pedro del Norte, Chinandega. PASOLAC, Nicaragua. 91 p.
- CEPRENAC (Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central). 2007. Resumen de los daños causados por el huracán Mitch. Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres en América Central. Disponible en http://www.ceprenec.org/04_temas/mitch/index.htm.
- Dessai, S; Lu, X; Risbey, JS. 2005. On the Role of Climate Scenarios for Adaptation Planning. *Global Environmental Change* 15:87–97.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) 2003. Political Maps of Nicaragua. National Institute of Territorial Studies–INETER. <http://www.ineter.gob.ni/metadatos/geodesia/nuevos%20metadatos/imagenes/Dpto.%20de%20Chinandega.jpg>.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2005. Estadísticas socio-demográficas del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos–INEC, Gobierno de Nicaragua. <http://www.inec.gob.ni/>.
- Innes, JL; Hickey, GM. 2006. The Importance of Climate Change When Considering the Role of Forests in the Alleviation of Poverty. *International Forestry Review* 8(4):406–416.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press. 1023 p.
- La Gaceta. 1988. Ley No. 40, Ley de Municipios. La Gaceta, Diario Oficial No. 155, del 17 de agosto de 1988; Ley No. 40 reformada el 26 de junio de 1997.
- La Gaceta. 2003. Ley No. 466, Ley de transferencias presupuestarias a los municipios de Nicaragua. La Gaceta, Diario Oficial No. 157 del 20 de agosto de 2003.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). 2001. Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales–MARENA. Managua. Marzo. 127 p.
- MARENA 2008. Proyecto “Fomento de las capacidades para la etapa II de adaptación al cambio climático en Centroamérica, México y Cuba”, PAN10-00014290. Informe Final Técnico: Cuenca No. 64, entre el Volcán Cosigüina y Río Tamarindo. 28 p.

- Mendoza, F; Chévez, M; González, B. 2001. Zonas de vida de Holdridge en Nicaragua en función del cambio climático. *Revista Forestal Centroamericana*, No. 33:17–22.
- OMA. 2006. Ordenanza Municipal Ambiental de San Pedro del Norte, aprobada por el Concejo Municipal en agosto 2006. 31 p.
- PASOLAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central). 2007. Evolución de la experiencia de PSA hídricos en Nicaragua: el caso de la microcuenca Paso de los Caballos, municipio de San Pedro del Norte, Chinandega. Documento No. 534, Serie Técnica 2/2007; Tegucigalpa, Honduras. 45 p.
- PDM. 2007. Plan de Desarrollo Municipal 2006–2018. Aprobado por el Concejo de Desarrollo Municipal de San Pedro del Norte. Febrero.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2002. El desarrollo humano en Nicaragua. 2002: Las Condiciones de la Esperanza. Managua, Nicaragua. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Rodríguez, D; Romero, L; Rapidel, B. 2001. Relación entre incendios forestales, precipitación y temperatura: su aplicación en cuatro escenarios climáticos de Nicaragua. *Revista Forestal Centroamericana*, No. 33:11–16
- Ramírez, P. 2005. Climate, Climate Variability and Climate Change in Central America. Consultancy Report, CATIE, Turrialba, Costa Rica. August. 52.

Capítulo 14

Financiamiento al sector rural en Nicaragua: impactos productivos y ambientales

Marlon J. López González

Resumen

Los sistemas de créditos tradicionales, carentes de asistencia técnica y con altos intereses, han favorecido el desarrollo de la ganadería extensiva y por ende el deterioro ambiental. El financiamiento del Fondo de Desarrollo Local (FDL) que se otorga bajo la modalidad de paquete verde es un crédito seguro y los productores valoran muy bien el servicio de la asistencia técnica. El paquete verde integral está generando lecciones muy positivas de cómo inducir créditos a los productores para asumir tecnologías y estrategias productivas con mayor responsabilidad ambiental.

Palabras claves: créditos, asistencia, desarrollo, ganadería extensiva, estrategias

Abstract

The traditional credit systems, lacking technical assistance and having high interest rates, have favored the development of extensive cattle raising and, hence, environmental deterioration. Financing by the Local Development Fund (LDF) granted as a green package is a safe credit; producers highly value technical assistance service that is included. The comprehensive green package is generating extremely positive lessons in terms of how to introduce credits for producers so that they acquire technologies and productive strategies with greater environmental responsibility.

Key words: credits, assistance, development, extensive cattle raising, strategies



Foto: Marlon J. López González

14.1 Introducción

La ganadería es uno de los rubros de mayor crecimiento y contribución a la economía nacional en Nicaragua. A pesar de su aporte económico y social tan importante, la ganadería extensiva representa uno de los factores que más contribuye a la fragmentación de bosque, pérdida de biodiversidad, degradación de pasturas y deterioro de cuencas productoras de agua (Harvey et al. 2005, Sáenz et al. 2007, Murgueitio et al. 2003). Así mismo, los bajos índices de productividad reflejados en bajas tasas de parición, largos períodos entre partos, producción de leche por vaca y ganancia de peso diario (Gómez et al. 2004)—muy por debajo de los parámetros regionales—hacen que esta actividad se vuelva cada vez menos competitiva en un contexto de mercados globalizados. Es urgente su reconversión hacia sistemas más intensivos y amigables con el medio ambiente.

Hoy en día, los productos con mayor oportunidad comercial son aquellos con mercados que se mueven hacia una mayor calidad y diferenciación, con mayor valor agregado y que ayuden a preservar el medio ambiente. Esto representa una gran oportunidad para una reconversión sostenible de la producción ganadera en el país, que igual exige nuevas formas de producción más eficientes y con mayores estándares de calidad.

Sin embargo, la falta de capital y financiamiento es una de las barreras más importantes que impiden lograr esta reconversión productiva en los pequeños y medianos ganaderos. Este financiamiento debe estar vinculado también, a otros servicios que incentiven las buenas prácticas ganaderas y así mejorar la productividad y los ingresos ganaderos, contribuyendo a reducir la deforestación y degradación ambiental (Sepúlveda et al. 2007).

14.2 Impactos del crédito tradicional al ambiente

La vía de crecimiento del agro en Nicaragua sigue basada en las estrategias extensivas (en el 80% de las unidades de producción) de explotación de los recursos (incorporación de nuevas áreas de bosque a la explotación pecuaria¹⁶). La causa se encuentra en la falta de capital de inversión de mediano y largo plazo que permita procesos de reconversión tecnológica y de intensificación de la producción. Esto conlleva a que los productores priorizen la inversión del dinero prestado directamente en la compra del ganado (y no en el sistema ganadero, pastos e infraestructuras que eviten degradación ambiental) para generar los recursos con lo cual deben pagar el financiamiento. También la falta de liquidez para cumplir con los plazos obliga a incrementar su capacidad productiva y hacer uso de algunos insumos químicos para aumentar, por ejemplo, la productividad de pastos.

Estudios realizados por Nitlapan (2005), un instituto dentro de la Universidad Centroamericana (UCA) de Nicaragua especializado en la investigación, creación y difusión de nuevos modelos y metodologías de desarrollo local rural y urbano, para comparar el impacto financiero y ambiental de fincas ganaderas con o sin crédito han demostrado que hay mucho tradicionalismo en las prácticas productivas de los ganaderos y que el crédito no ha jugado un papel importante en el desarrollo de prácticas intensivas (más amigables) de la ganadería.

¹⁶ Anualmente se convierten entre 117.000 a 150.000 ha de bosque en usos agropecuarios.

El crédito no parece estar jugando un papel muy decisivo en el desarrollo de la infraestructura ganadera. Este estudio demostró que no hubo diferencias en los ingresos agropecuarios entre productores con o sin financiamiento (encuestas HIVOS enero de 2005, citado por Nitlapan).

Sin embargo, se considera que el crédito permite a los productores hacer un uso más intensivo de la tierra y desarrollar prácticas productivas menos dañinas al medio ambiente.

Según Ruiz y Lewis (citado por Nitlapan 2005), el 34% del área total de las fincas ganaderas en el interior del país presentan degradación media a severa y un poco más del 40% de las fincas han disminuido la productividad pecuaria—en el orden del 36% en el período de 1995 al 2002. Con esto los niveles de competitividad se deterioran y, por tanto, se incrementa el riesgo para las entidades financieras; o en caso contrario, se disminuye la clientela que puede ser sujeta a crédito por este tipo de instituciones.

Los productores sujetos a créditos han sido productores intensivos (uso de insumos y maquinarias), dueños de fincas dependientes de agroquímicos y, por tanto, productores de efectos medioambientales negativos. Esto está demostrando que productores que tienen acceso al crédito tienen mayor cantidad de dinero para compra de insumos externos y los que no tienen acceso buscan otras alternativas.

Por otro lado, las actuales políticas de crédito no están aportando a la conservación del medio ambiente; al contrario, están incentivando prácticas negativas. Estas prácticas tienen ya efectos visibles sobre el medio ambiente, pero sobre todo en los niveles productivos. En el mediano plazo harán insostenibles las actividades mismas, creando incertidumbre económica en dos sentidos: primero, para los mismos productores que verán afectados sus resultados económicos; segundo, para las financieras que experimentarán reducciones en las colocaciones de dinero y en las recuperaciones de capital. Las financieras están más interesadas por la sanidad de su cartera que por la salud del medio ambiente. Sin embargo, el impacto a este último afectará negativamente su trabajo de forma ineludible en el corto o mediano plazo.

14.3 Créditos con enfoque ambiental, una experiencia incipiente pero innovadora

Los productos con mayor oportunidad comercial son aquellos con mercados que se mueven hacia una mayor calidad y diferenciación con mayor valor agregado y que ayudan a preservar el medio ambiente, lo cual amerita créditos con características especiales, como por ejemplo, a largo plazo y con bajos intereses. En vista de esto, el Fondo de Desarrollo Local (FDL) de Nicaragua decidió incursionar y apoyar el sector agropecuario para reducir los impactos ambientales negativos y crear mejores alternativas comerciales para los productores.

14.4 ¿Qué es el FDL?

El FDL es una organización sin fines de lucro nicaragüense con trayectoria en la actividad financiera desde 1993. Forma parte de un proyecto del Instituto de Investigación y Desarrollo de Nitlapan. Su nicho de mercado son los micro y pequeños empresarios y se destaca por su capacidad para atender a clientes de áreas rurales. A través de sus 32 oficinas atiende con préstamos individuales y crédito solidario a sus clientes, que en gran parte son pequeños productores agropecuarios (63%) y mujeres de bajos recursos (56%).

Su objetivo es ofrecer productos financieros que contribuyan al desarrollo nacional a través de la capitalización de las familias (principalmente rurales), para lo cual, además de crédito, ofrece servicios no financieros consistentes como asistencia técnica y capacitación. Estos servicios permiten que los pequeños empresarios rurales mejoren sus habilidades productivas, lo que les genera una mejor inserción en el mercado e incremento de sus ingresos.

El FDL ha ido mejorando su desempeño y perfeccionando su modelo hasta lograr resultados sobresalientes en términos de productividad y rentabilidad, que le permiten subvencionar los servicios de capacitación empresarial que brinda a sus clientes. Además de trabajar con la Universidad Centroamericana, lo hace con otras entidades para ofrecer asistencia técnica a sus clientes rurales. A junio de 2008 contaba con 72.700 clientes y con una cartera de US\$53,45 millones. Estos indicadores la convierten en la mayor institución microfinanciera (IMF) no regulada en Nicaragua.

El FDL ha recibido varios reconocimientos internacionales que la convierten en una de las instituciones más transparentes y mejor administradas de América Latina y el Caribe: Premio BCIE a la Gestión en Microfinanzas (2006); Certificado de Transparencia, otorgado por el Grupo Consultivo de Atención a la Pobreza (CGAP, por sus siglas en inglés); y Premio a la Excelencia en Microfinanzas para instituciones no reguladas, otorgado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en el 2005, entre otros. Además, cada año el FDL es evaluado por la empresa calificadora italiana MICROFINANZAS, certificada por el Grupo Consultivo de Atención a la Pobreza. En 2008, por tercer año consecutivo, obtuvo una calificación de AA, que significa muy bueno en desempeño y operatividad.

Como una manera de utilizar las utilidades generadas de sus operaciones para beneficio de clientes de bajos ingresos, y seguir profundizando su impacto en la capitalización y el mejoramiento de la competitividad de los mismos, el directorio de FDL ha decidido implementar una nueva estrategia de oferta de “productos crediticios de desarrollo”. Esta estrategia ofrece tasas de interés menores (entre las más bajas de las IMF no reguladas), con el fin de asegurar un impacto mayor entre los grupos de clientes identificados, tomando en cuenta la innovación de cada producto y los niveles de pobreza y desarrollo de los clientes. Estos productos incluyen el paquete verde, el arrendamiento de sistemas de riego, crédito a grupos solidarios de mujeres rurales y reconversión cafetalera para café especial, entre otros.

14.5 Cartera de inversión y desarrollo

Esta cartera representa al cierre de diciembre de 2007, el 17% de la cartera del FDL, beneficiando a más de 8.200 clientes, con US\$8,2 millones y se concentra en productores agropecuarios. El objetivo es facilitar recursos a mediano y largo plazo necesarios para financiar inversiones de apoyo a procesos de reconversión productiva y mejoras en la productividad.

Dentro del portafolio de productos que se destinan a créditos de inversión, un 53% corresponde a la cartera de desarrollo con seis productos financieros que alcanzan a 7.500 clientes y US\$4,8 millones. Entre éstos se destacan el paquete verde para reconversión ganadera y los créditos de inversión para mujeres rurales. Entre ambos, se alcanza a 5.400 clientes con una cartera de US\$3,8 millones.

14.6 El paquete verde de FDL

El paquete verde responde a la necesidad de los clientes de la cartera activa por una mayor asistencia técnica y de capacitación para reducir los riesgos de la recuperación de la cartera. Consiste en financiar las inversiones que son necesarias en fincas ganaderas, para pasar de una explotación extensiva a una semi-intensiva que se traduce en incremento de la productividad y un impacto positivo en el medio ambiente. Su desarrollo comenzó con fondos donados por FONDEAGRO, el BID y fondos propios del FDL. FONDEAGRO otorgó US\$591.000 para fondos de crédito (según convenio firmado en el año 2003), que establecía la transferencia de estos fondos sujeto al cumplimiento de financiar a pequeños productores del interior del país. El paquete verde tiene 1.637 clientes con US\$2,2 millones de cartera correspondiente al 25% y 46%, respectivamente de la cartera de desarrollo.

Para optar por un crédito del paquete verde, los productores deben haber tenido más de dos créditos con el FDL, tener buen récord de pagos y dinamismo en la ganadería. Para lo cual, se hace un proceso de promoción por zonas y productores potenciales de acuerdo a sus necesidades y récord de crédito. Esta promoción es considerada como un premio a los productores.

Las tasas de interés en los créditos tradicionales del FDL son fijadas por los precios de mercado (intereses de otras financieras) y los costos reales; sin embargo, con el paquete verde se usan modelos únicos de referencia para rentabilizar la economía rural. La amortización de estos bajos intereses (14%–18% dependiendo del destino del préstamo) se hace con las pequeñas ganancias de otras carteras, o sea, es subsidiado con la cartera urbana dado que los bajos intereses sólo permiten sacar los gastos de operación. Retribuye la rentabilidad para dejar beneficio para el desarrollo del país, para constituirse como efecto multiplicador de la aplicación de las tecnologías.

Para enfocarnos en los métodos y estrategias utilizadas en el paquete verde, veremos como estudio de caso a un sector del paquete verde denominado por el FDL, como paquete verde integral.

14.7 Diseño y criterios de selección de participantes en paquete verde integral

El objetivo principal del componente es contribuir al incremento de ingresos de los pequeños ganaderos de la región norte-central del país a través del aumento de la productividad ganadera y el manejo de sus fincas con sostenibilidad ambiental y financiera. El fondo para este paquete es un financiamiento reembolsable de US\$1,5 millones, de los cuales US\$500 mil son recursos del BID destinado para crédito de inversión de mediano plazo en la fincas de los pequeños ganaderos y US\$1 millón de FDL para crédito de corto plazo para capital de trabajo (engorde de novillos). El período a ejecutarse es de tres años.

En el período del componente de financiamiento reembolsable (enero 2007 a junio 2008) en sus dos modalidades de crédito, se desembolsaron US\$553.408,18 a 186 productores en las zonas de Matiguás, Río Blanco, Camoapa, Cuá Boca y Waslala. En crédito de BID Inversión (equipos, infraestructura y pasto) se ha desembolsado US\$196.605,48 en 119 clientes (para un promedio de US\$1.491,53 por productor) y en crédito para capital de trabajo (novillos y alimentación animal) se ha desembolsado US\$356.802,70 en 67 clientes (para un promedio de US\$5.460,93 por productor).

El 88% de la cartera de inversión está a plazo de 19 hasta más de 36 meses y el 97% de la cartera para capital de trabajo está colocado a un plazo de 12 meses.

Los criterios de selección para un crédito, como se mencionó anteriormente, incluyen productores con buen record de crédito en el FDL, pequeños ganaderos y con buen dinamismo en la ganadería. Una vez identificado el cliente se le promociona el paquete verde integral. Adicionalmente, el FDL en conjunto con Nitlapan elaboran un plan de inversión y un plan de finca de acuerdo a lo solicitado por el productor para conocer la viabilidad del crédito. Las tasas de interés son diferenciadas de acuerdo al tipo de inversión; productores con inversión (14%) y productores con capital de trabajo (18%).

14.8 Resultados

14.8.1 Segmentación social de la clientela paquete verde integral

La clientela del paquete verde integral está concentrada en campesinos extensivos, con 69,7 ha y 62 unidades animales¹⁷. Aproximadamente un 67,5% de la clientela del programa pertenecen al sector de campesinos extensivos. El resto de sectores atendidos son finqueros (29%) y pequeños agricultores (3,5%).

Las principales diferencias socioeconómicas entre los sectores sociales financiados por el programa radican en el tamaño de la finca, el stock ganadero y el nivel de capital fijo que manejan. En relación al tamaño de la finca, los finqueros tienen cinco veces más que los pequeños ganaderos, y 2,5 veces más que los campesinos extensivos. Un patrón más o menos similar se sigue en relación al tamaño del hato y el nivel de capital fijo.

De acuerdo a la clasificación de sectores sociales elaborada por Nitlapan (2006), la clientela del FDL–BID se puede segmentar en tres categorías: pequeños ganaderos; campesinos extensivos; y finqueros (cuadro 14.1)¹⁸:

Cuadro 14.1. Principales características de los sectores sociales atendidos por el programa paquete verde integral

Sectores sociales	Área de finca (ha)	Hato (UA)	Capital fijo (\$)
Pequeños ganaderos (14%)	20,1 ± 12,4	22,0 ± 4,4	18.723,3 ± 5.210
Campesino extensivos (55%)	50,7 ± 27,8	48,2 ± 2,8	51.912,7 ± 10.133,4
Campesinos semiextensivos (31%)	129,2 ± 40,8	101,5 ± 8,2	129.100,4 ± 56.133,1
Total	69,7 ± 41,4	61,8 ± 4,8	69.997,4 ± 57.406,2

Fuente: Modificado de López (2008)

¹⁷ 1 Unidad animal (UA)= 400 kg.

¹⁸ Nota: Más adelante se analizan las características particulares de cada uno de estos sectores.

14.8.2 Montos habilitados

En cuanto a montos habilitados, los volúmenes de crédito están muy relacionados con el nivel de capitalización del productor. Así, el monto promedio de crédito otorgado es de aproximadamente US\$3.082; sin embargo, varía dependiendo del nivel de capital del cliente. Para los niveles de capital inferiores a US\$5.000, el monto promedio de crédito otorgado es de US\$516, mientras que para los sectores más capitalizados el quantum de crédito promedio es de US\$3.528. Esto es lógico, dada la naturaleza del programa de financiamiento que privilegia a los sectores que tienen en principio capacidad de pago y segundo, con una mayor oferta forrajera que garantice buenas condiciones de alimentación para los animales (cuadro 14.2).

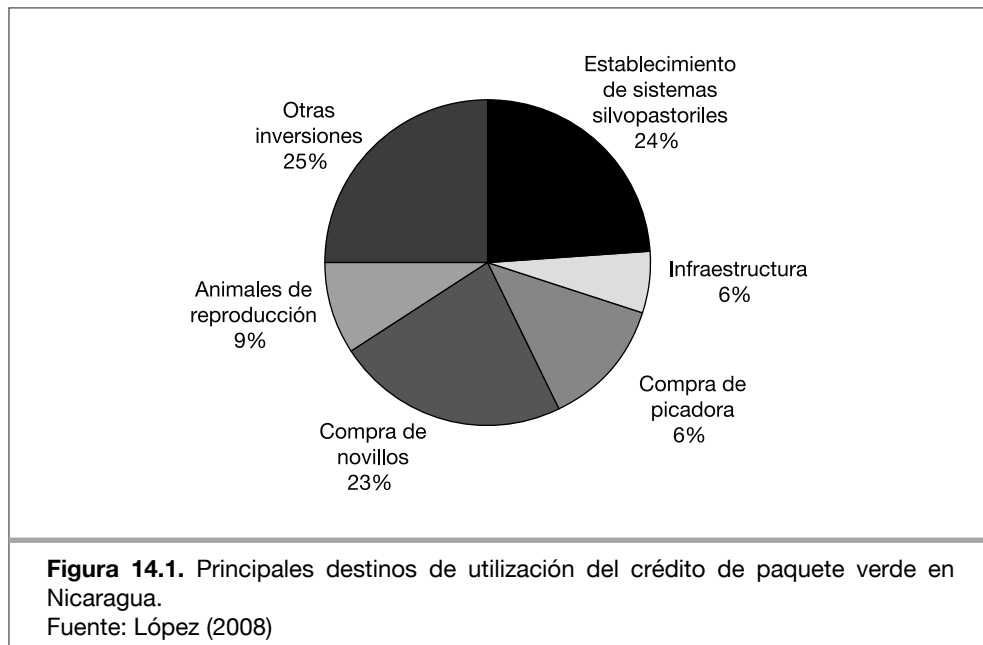
Cuadro 14.2. Montos de crédito promedio según nivel de capitalización

Rangos	Capital (US\$)	Montos promedios (US\$)	Porcentaje (%)
1	Hasta 5.000	516 ± 312	1
2	5.000 hasta 25.000	1.251 ± 772	12
3	25.000 hasta 50.000	2.965 ± 1.777	22
4	Más de 50.000	3.528 ± 4.547	64
Total		3.082 ± 3.827	100

Fuente: FDL (2008)

14.8.3 Uso del crédito

La mayoría de créditos han sido utilizados para compra de ganado: novillos (23%) y animales de reproducción (9%). Luego, en orden de importancia, le siguen el establecimiento de pasturas con árboles y bancos forrajeros (24%), la compra de picadoras (13%) y mejora de infraestructura en general (6%). También se ha utilizado para realizar inversiones muy diversas (25%), desde la compra de un panel solar, hasta mejorar cualquier otra parte de la finca (figura 14.1).



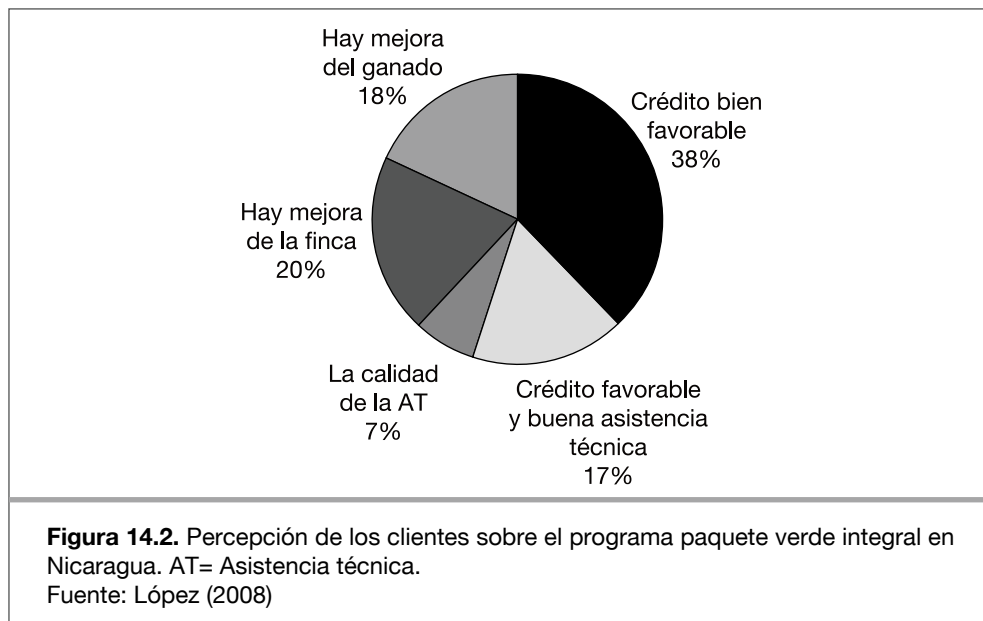
El paquete verde integral está generando lecciones muy positivas de cómo inducir créditos a los productores para asumir tecnologías y estrategias productivas con mayor responsabilidad ambiental. En año y medio de intervención, este programa ha contribuido a que los productores participantes realicen cambios en sus fincas. Los cambios más relevantes son introducción de pastos mejorados, árboles en cercas vivas y liberación de áreas de potreros degradados para regeneración natural. La lógica del proyecto es inducir a cambios de la ganadería tradicional a una ganadería ambiental, lo cual permitiría a los productores no solo producir beneficios ambientales, sino mejorar sus beneficios económicos con una mejor producción, adicionado al apoyo que reciben para la comercialización.

14.8.4 Percepción de los productores sobre el programa paquete verde integral

El programa del paquete verde integral es muy bien visto por los productores. Una encuesta realizada para la línea base de Nitlapan (n=105) muestra que un 92% de los productores asegura estar muy satisfecho con el programa. Solamente un 5% declaró inconformidad y un 2% todavía no observa los resultados del programa para emitir un juicio o ponderación.

La percepción positiva de los clientes del paquete verde integral con respecto al programa se centra en dos grandes grupos de opinión: 1) en relación a las condiciones del tipo de producto financiero recibido y 2) en los resultados obtenidos del mismo. Con respecto al primer grupo, la mayoría de clientes (38%) coincide en señalar como principal satisfacción el tipo de crédito recibido, condiciones (plazos, intereses), la resolución rápida y oportuna de las solicitudes y el trato que reciben en comparación a otras fuentes de financiamiento que operan a nivel local. Otro porcentaje significativo de la clientela (17%) menciona como su principal razón de satisfacción la combinación de ambos servicios (crédito y asistencia técnica) que les ha permitido mejorar; en cambio un porcentaje no menos significativo de los clientes (7%) mencionaron a la asistencia técnica y su calidad como su principal razón de satisfacción con el programa.

El segundo grupo de opinión se centra más en los resultados obtenidos de acuerdo al tipo de financiamiento otorgado. Así, un 20% de los productores habilitados mencionaron como su principal razón de satisfacción la mejoría que han tenido con el programa y que les ha permitido mejorar en general las condiciones de su finca y de su familia, mientras que un 13% puso como principal razón el efecto positivo que está teniendo en el ganado, posiblemente por el tipo de inversión realizada y la asistencia técnica recibida (figura 14.2).



14.9 Conclusiones

Los sistemas de créditos tradicionales, carentes del componente de asistencia técnica y con tasas de interés altas, han favorecido el desarrollo de la ganadería extensiva y por ende el deterioro ambiental. Los cortos plazos de pago obligan a los clientes (usuarios del crédito) a invertir en ganado (y no en el sistema de manera integral) como fuente de generación de divisas para cumplir con sus deudas.

El financiamiento que se otorga bajo la modalidad de paquete verde es un crédito seguro y en términos de la asistencia técnica los productores valoran muy bien el servicio.


El paquete verde integral está generando lecciones muy positivas de cómo inducir créditos a los productores para asumir tecnologías y estrategias productivas con mayor responsabilidad ambiental.

Aunque el paquete verde está siendo innovador, es necesario evaluar su sostenibilidad financiera, dado que los costos de operación en el sector rural pueden ser altos y para garantizar bajas tasas de interés se requiere de subsidios.

14.10 Referencias bibliográficas

- FDL. 2007. Memoria anual 2007. Fondo de Desarrollo Local, FDL. Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua. 40 p.
- FDL. 2007. Informe de avance proyecto Sostenibilidad Financiera y Ambiental de Pequeños Ganaderos, FDL. Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua. 8 p.
- FDL. Agosto 2008. Informe de progreso semestral. Proyecto SP/SF/-06-06-NI. FDL. Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua. 16 p.
- Gómez, R; López, M; Harvey, C; Villanueva, C. 2004. Caracterización de las fincas ganaderas y relaciones con la cobertura arbórea en potreros en el municipio de Belén, Rivas, Nicaragua. *Encuentro*, 36(68):94-113.
- Harvey, CA; Villanueva, C; Villancis, J; Chacón, M; Muñoz, D; López, M; Ibrahim, M; Gómez, R; Taylor, R; Martínez, J; Navas, A; Sáenz, J; Sánchez, D; Medina, A; Vilchez, S; Hernández, B; Pérez, A; Ruiz, F; López, F; Lang, I; Kunth, S; Sinclair, F. 2005. Contribution of Live Fences

- to the Ecological Integrity of Agricultural Landscapes. *Agriculture Ecosystems & Environment* 111:200–230.
- López, M. Agosto 2008. Línea base. Informe de consultoría del proyecto Sostenibilidad Financiera y Ambiental de Pequeños Ganaderos. Nitlapan, Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua. 37 p.
- Murgueitio, E; Ibrahim, M; Ramírez, E; Zapata, A; Mejía, C; Casasola, F. 2003. Usos de la tierra en fincas ganaderas. Guía para el pago de servicios ambientales del proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. Cali, Colombia, CIPAV. 7 p.
- Nitlapan. 2005. Análisis de servicios financieros y sostenibilidad de actividades productivas. Memoria Taller (13 de mayo de 2005, Centro de Convenciones Crowne Plaza). Presentación y discusión de resultados del estudio “Análisis de servicios financieros y su sostenibilidad en las actividades productivas financiadas”. Promovido por ASOMIF con la colaboración de HIVOS. 23 p.
- Sáenz, J; Villatoro, F; Ibrahim, M; Fajardo, D; Pérez, M. 2007. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería de las Américas* 45:37–48.
- Sepúlveda, C; Marín, Y; Ibrahim, M; Ramírez, E. 2007. El pago por servicios ambientales en fincas ganaderas: una percepción de los productores de Matiguás, Nicaragua; *Rev. Encuentro* No. 77. 53–69. 151 p.



CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y España.



Sede Central, CATIE 7170
Cartago, Turrialba, 30501, Costa Rica
Tel.: (506) 2558-2000 Fax: (506) 2558-2060
www.catie.ac.cr

ISBN: 978-9977-57-485-1



9 789977 574851