

## 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 centroamericana

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 <sup>3</sup> /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 <sup>1</sup> (N=89)	Santa Lucía <sup>2</sup> (N=86)	San Ramón <sup>3</sup> (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

<sup>1</sup>Departamento de Estelí; <sup>2</sup>Depto. de Boaco; <sup>3</sup>Depto. 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/m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> 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.