

Producción y rentabilidad de sistemas silvopastoriles

Estudios de caso en América Central

CATIE 

Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Producción y rentabilidad de sistemas silvopastoriles

Estudios de caso en América Central

**Cristóbal Villanueva
Muhammad Ibrahim
Gesine Haensel**

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
2010

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 978-9977-57-513-1

634.990972

V716 Villanueva, C.

Producción y rentabilidad de sistemas silvopastoriles : estudios de caso en América Central / Cristóbal Villanueva, Muhammad Ibrahim y Gesine Haensel. – Turrialba, C.R : CATIE, 2010

78 p. : il. – (Serie técnica. Manual técnico / CATIE ; no.95)

ISBN 978-9977-57-513-1

1. Sistemas silvopascícolas – Rentabilidad – América Central
 2. Sistemas silvopascícolas – Servicios ambientales – América Central
 3. Sistemas silvopascícolas – Estudio de casos prácticos – América Central
- I. CATIE II. Título III. Serie.

Revisores técnicos:

Guillermo Detlefsen

Diego Tobar

Fotografías:

Cristóbal Villanueva

Jorge Cruz

Programa Ganadería y Manejo del Medio Ambiente (GAMMA) del CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)

Edición y diagramación: Oficina de Comunicación del CATIE

Diseño gráfico: Enmente

Índice

Introducción	7
Sistemas silvopastoriles	9
¿Qué son los sistemas silvopastoriles?.....	9
¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los sistemas silvopastoriles?	10
¿Qué tipos de sistemas silvopastoriles existen?.....	11
¿Cómo se evalúa la rentabilidad de los sistemas silvopastoriles?.....	13
Tipos de sistemas silvopastoriles.....	17
Árboles dispersos en potreros	17
Cercas vivas	29
Bancos forrajeros	43
Barreras que limitan la adopción de sistemas silvopastoriles.....	65
Mecanismos que contribuyen con la adopción de sistemas silvopastoriles	67
Pago de servicios ambientales en fincas ganaderas	67
Créditos verdes	68
Escuelas de campo	69
Consideraciones finales	72
Bibliografía	73

Índice de cuadros

Cuadro 1. Beneficios de los sistemas silvopastoriles.	11
Cuadro 2. Clasificación de las diferentes opciones de sistemas silvopastoriles.....	12
Cuadro 3. Las cinco especies más abundantes encontradas en el sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros en seis territorios de América Central.	14
Cuadro 4. Las cinco especies más abundantes encontradas en cercas vivas dentro de pasturas en cinco agropaisajes de América Central.....	15
Cuadro 5. Producción de leche y tasa respiratoria en vacas Jersey bajo pastoreo en potreros con y sin sombra en La Fortuna de San Carlos, Costa Rica.	21
Cuadro 6. Densidad de árboles y volumen de madera comercial y no comercial en los diferentes sistemas de producción ganadera en La Fortuna de San Carlos, Costa Rica.	23
Cuadro 7. Presupuesto de finca para el análisis financiero de los diferentes sistemas de producción ganadera en La Fortuna de San Carlos, Costa Rica.	24
Cuadro 8. Rentabilidad de fincas con diferentes sistemas de producción animal en La Fortuna de San Carlos, Costa Rica.	25
Cuadro 9. Costo de establecimiento (US\$ ha ⁻¹) y mantenimiento (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹) del sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros con <i>Arachis pintoi</i> en Muy Muy, Nicaragua.	27
Cuadro 10. Presupuesto parcial (US\$ ha ⁻¹) para el análisis financiero <i>ex ante</i> de la implementación del sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros con <i>Arachis pintoi</i> a partir de una pastura natural en fincas ganaderas en Muy Muy, Nicaragua.	30
Cuadro 11. Costo de establecimiento (US\$ km ⁻¹) y mantenimiento (US\$ km ⁻¹ año ⁻¹) de cercas vivas y cercas muertas.....	35
Cuadro 12. Presupuesto parcial (US\$ km ⁻¹) para el análisis financiero <i>ex ante</i> de la implementación de una cerca viva a partir de una cerca muerta en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica.	37
Cuadro 13. Presupuesto parcial (US\$ ha ⁻¹) para el análisis financiero <i>ex ante</i> de la implementación de cercas vivas enriquecidas con cedro (<i>Cedrela odorata</i>) en fincas ganaderas en Esparza, Costa Rica.	40
Cuadro 14. Rentabilidad de la implementación de árboles en cercas vivas bajo diferentes calidades de sitio en Esparza, Costa Rica.	42

Cuadro 15. Costo de establecimiento (US\$ ha ⁻¹), mantenimiento (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹) y utilización del banco forrajero de <i>Cratylia argentea</i> para corte y acarreo, Esparza, Costa Rica (la siembra se realizó por medio de plántulas).	46
Cuadro 16. Costo de establecimiento (US\$ ha ⁻¹), mantenimiento (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹) y utilización del banco forrajero de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) para corte y acarreo, Esparza, Costa Rica.	47
Cuadro 17. Análisis financiero (US\$ ha ⁻¹) del cambio de pollinaza a banco forrajero de <i>Cratylia argentea</i> + caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) en Esparza, Costa Rica.	49
Cuadro 18. Costos de establecimiento (US\$ ha ⁻¹), mantenimiento y utilización (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹) del banco forrajero de madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>) en fincas ganaderas de Rivas, Nicaragua.	51
Cuadro 19. Producción de leche y tasa interna de retorno (TIR) de fincas con bancos forrajeros de madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>) en Rivas, Nicaragua.	52
Cuadro 20. Análisis financiero (US\$ finca ⁻¹) de la implementación de un banco forrajero de <i>Gliricidia sepium</i> en la finca de Francisco Gallegos en Rivas, Nicaragua.	54
Cuadro 21. Análisis financiero (US\$ finca ⁻¹) de la implementación de un banco forrajero de <i>Gliricidia sepium</i> en la finca de Noel Salinas en Rivas, Nicaragua.	55
Cuadro 22. Costo de establecimiento (US\$ ha ⁻¹) y mantenimiento (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹) de un banco de <i>Leucaena leucocephala</i> en el Petén, Guatemala.	58
Cuadro 23. Resumen de indicadores de rentabilidad en fincas que implementaron el sistema silvopastoril del banco forrajero de <i>Leucaena leucocephala</i> para ramoneo como suplemento alimenticio en fincas ganaderas de El Chal, Petén, Guatemala.	59
Cuadro 24. Análisis financiero (US\$ ha ⁻¹) en la implementación del banco forrajero para ramoneo de <i>Leucaena leucocephala</i> en la finca del señor Basilio Cardona en el Petén, Guatemala.	60
Cuadro 25. Costo de establecimiento (US\$ ha ⁻¹) y mantenimiento (US\$ ha ⁻¹ año ⁻¹) de un banco de leucaena en asocio con pasto mejorado en Esparza, Costa Rica.	63
Cuadro 26. Indicadores productivos y de rentabilidad por el cambio de tecnología de alimentación del ganado en Esparza, Costa Rica.	63

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama simplificado que muestra las principales interacciones entre los componentes leñosos, pasto, ganado y suelo en un sistema silvopastoril.	10
Figura 2. Ingreso neto anual (US\$ ha ⁻¹) obtenido en el sistema con pastura natural y el sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros con <i>Arachis pintoi</i> en Muy Muy, Nicaragua.	28
Figura 3. Gastos de establecimiento y mantenimiento de cercas vivas con y sin pago por servicios ambientales y cercas muertas. CM: cerca muerta; CV: cerca viva sin pago por servicios ambientales; CV+PSA: cerca viva con pago por servicios ambientales durante cuatro años.	36

Introducción

En América Central alrededor de un 40% de las pasturas se encuentran degradadas (Szott et al. 2000), lo cual está asociado a una baja productividad y rentabilidad de las fincas ganaderas (Betancourt et al. 2007, Holmann et al. 2004) y degradación de los recursos naturales. Por ejemplo, en el norte de Guatemala, Betancourt et al. (2007) encontraron reducciones de ingresos por leche que varían de US\$42,0 a US\$157,7 ha⁻¹ año⁻¹ en pasturas con degradación leve y muy severa, respectivamente. Si el escenario es explotado para carne, las reducciones en los ingresos oscilan entre US\$45,9 y US\$144,4 ha⁻¹ año⁻¹ para cada condición de pastura, respectivamente. Asimismo, en paisajes dominados por ganadería, las pasturas degradadas han mostrado una menor respuesta para favorecer el ciclo hidrológico, conservación de biodiversidad y secuestro de carbono en comparación a sistemas forestales y silvopastoriles (Ríos et al. 2007, Sáenz et al. 2007, Ibrahim et al. 2007).

Ante la problemática—en términos de productividad y ambiente—por pasturas degradadas, existen alternativas como los sistemas silvopastoriles, los cuales son sistemas complejos compuestos por componentes leñosos (árboles y/o arbustos), pastos y animales. Según el diseño y manejo, estos sistemas tienen potencial para mejorar los indicadores socioeconómicos de las fincas y para cumplir con funciones ecológicas. Incluso, es una estrategia para la resiliencia a las variaciones en los mercados (por ejemplo, precios y demanda de los productos) y al cambio climático.

A pesar de las ventajas destacadas en los sistemas silvopastoriles, la adopción de esta estrategia ha sido baja, esto debido en gran parte a la falta de capital y conocimiento técnico para el establecimiento y manejo de los sistemas silvopastoriles (Alonzo et al. 2001). En algunos países como Costa Rica, el alto costo de la mano de obra representa una barrera para la adopción de tecnologías silvopastoriles intensificadas, debido a que éstas (por ejemplo, bancos forrajeros) requieren más mano de obra para su

establecimiento y manejo que sistemas convencionales tales como pasturas en monocultivo (Sánchez 2007, Proyecto GEF Silvopastoril 2007). Además requieren de un período relativamente largo para su establecimiento (6–12 meses), lo cual significa una reducción del flujo de caja si el productor no cuenta con alternativas alimenticias locales para mantener la misma carga animal en la finca.

En América Central existen pocas experiencias que muestren datos sobre la rentabilidad de los sistemas silvopastoriles. En este sentido, el presente documento compila estudios de casos de los sistemas silvopastoriles más estudiados en fincas ganaderas de América Central como árboles dispersos en potreros, árboles dispersos en potreros con *Arachis pintoi*, cercas vivas y bancos forrajeros. Los estudios de caso muestran los costos de establecimiento, mantenimiento e indicadores productivos y de rentabilidad. Además, se discuten las barreras que dificultan la adopción de dichos sistemas en fincas ganaderas y algunos instrumentos que han mostrado potencial para favorecer su replicación.

Se espera que este documento sea una herramienta para que productores, técnicos, académicos y tomadores de decisión participen en la masificación de dichos usos sostenibles de la tierra y con ello contribuyan con el mejoramiento de los ingresos de las familias rurales bajo el marco de producción y conservación.

Sistemas silvopastoriles

¿Qué son los sistemas silvopastoriles?

Los sistemas silvopastoriles son una opción de producción pecuaria donde las leñosas perennes (árboles, arbustos o palmas) interactúan, bajo un sistema de manejo integral, con las herbáceas (gramíneas y/o leguminosas) y animales para maximizar los beneficios económicos, sociales y ecológicos (Pezo e Ibrahim 1999). El grado de interacción entre los principales componentes varía según el tipo de sistema silvopastoril (Figura 1).

Por ejemplo, en un banco forrajero de leñosas de corte y acarreo, la interacción fuerte ocurre entre la leñosa y el suelo. La interacción del ganado está relacionada con el consumo del forraje fuera del banco y el retorno del estiércol del corral a la parcela, si este retorno no se realiza, provocará alteraciones en el balance del flujo de nutrimentos del sistema.

Por el contrario, en un sistema de árboles dispersos en potreros las interacciones son más intensas y directas entre los componentes árbol, pasto, suelo y ganado. Lo importantes es entender las interacciones entre los componentes del sistema para implementar un diseño y manejo que permita maximizar la expresión de los efectos positivos y minimizar los negativos. Lo anterior significa el manejo y arreglo espacial de especies leñosas con arquitectura de copas livianas a moderadas para una mayor entrada de luz a los estratos bajos, el uso de pastos tolerantes a la sombra y el manejo de una carga animal y categoría de ganado acorde a las condiciones del sistema (disponibilidad de pasto, edad y especie de la leñosa). En muchos de los casos no se atienden estas relaciones, lo cual deriva en la degradación de las pasturas, baja respuesta del ganado e incluso daños físicos a las leñosas y compactación del suelo por parte del ganado.

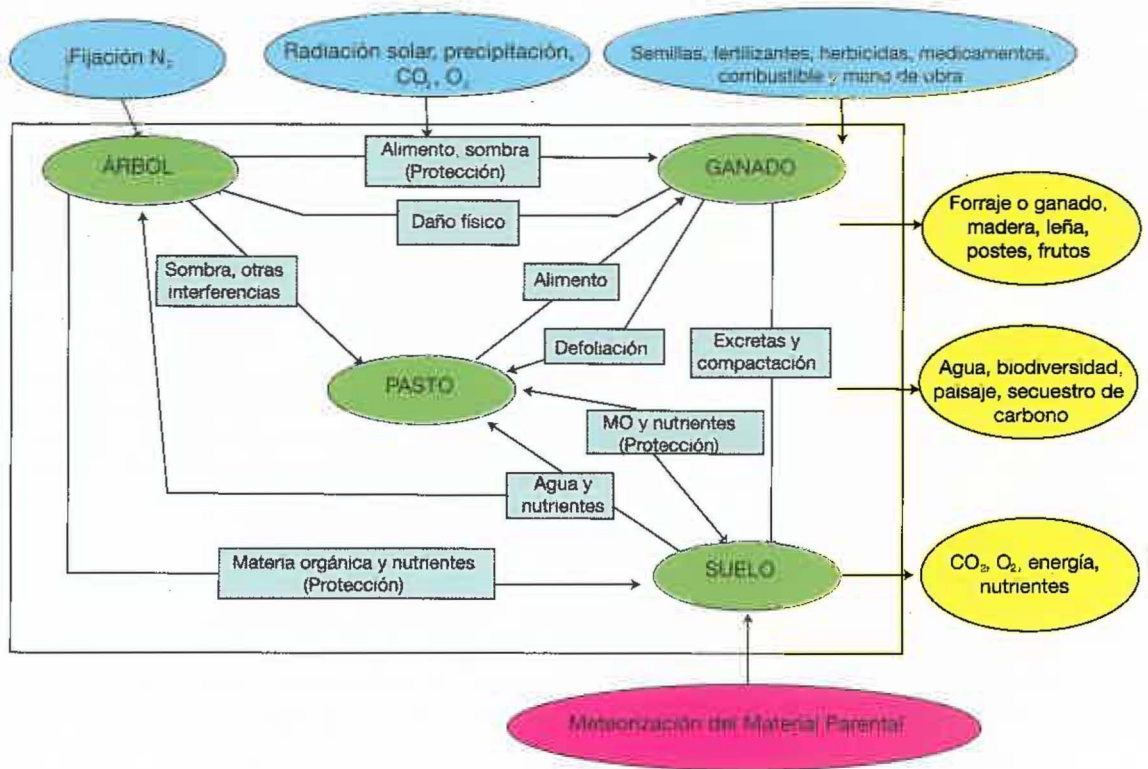


Figura 1. Diagrama simplificado que muestra las principales interacciones entre los componentes leñosos, pasto, ganado y suelo en un sistema silvopastoril.

Fuente: Adaptado de Pezo e Ibrahim (1999).

¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los sistemas silvopastoriles?

Los sistemas silvopastoriles bien diseñados y manejados ofrecen beneficios económicos, sociales y ecológicos, los cuales se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Beneficios de los sistemas silvopastoriles.

Económicos	Sociales	Ecológicos
<ul style="list-style-type: none"> - Aumentan la producción debido a la sombra generada para el ganado - Son fuente de recursos forrajeros para el ganado - Reducen la dependencia y gastos de insumos externos - Permiten mayor estabilidad de la producción - Diversifican los ingresos en las fincas ganaderas - Reducen riesgos económicos y la vulnerabilidad al cambio climático - Incrementan la productividad y la rentabilidad de las fincas ganaderas 	<ul style="list-style-type: none"> - Garantizan la seguridad alimentaria - Mejoran la calidad de vida - Cuentan con mayor sentido de pertenencia de la familia por la finca - Reducen la venta de propiedades - Reducen la migración a centros urbanos - Aumentan la oferta de empleo rural 	<ul style="list-style-type: none"> - Protegen el suelo - Permiten el reciclaje de nutrientes - Desarrollan una restauración ecológica de pasturas degradadas - Protegen las fuentes de agua - Permiten el secuestro de carbono - Reducen la tala de bosques - Facilitan la conservación de la biodiversidad - Muestran una belleza escénica - Permiten una mayor estabilidad ante el cambio climático

Fuente: Villanueva, Ibrahim y Haensel (2010).

Cuando no se cumplen algunos factores tales como el diseño espacial, la selección de especies de pastos y árboles compatibles para las condiciones agroecológicas del sitio, el manejo silvicultural de los árboles, el manejo de los pastos y de los animales, los sistemas silvopastoriles pueden presentar una serie de limitantes que se señalan a continuación:

- Fuerte competencia entre la especies leñosas y herbáceas por luz, agua y nutrientes; lo que puede resultar en una disminución de la productividad del sistema
- Cuando existen pocos árboles en los potreros, mal distribuidos, sin manejo de sombra y alta carga animal, éstas áreas tienden a ser degradadas
- Es posible que las leñosas puedan intoxicar al ganado

¿Qué tipos de sistemas silvopastoriles existen?

Los sistemas silvopastoriles según su distribución espacial se pueden clasificar en sistemáticos y no sistemáticos (Cuadro 2). Los primeros tienen un arreglo espacial uniforme en el terreno, generalmente plantados por el hombre; mientras los del segundo grupo presentan una distribución heterogénea y en general proceden de la regeneración natural.

Cuadro 2. Clasificación de las diferentes opciones de sistemas silvopastoriles.

Sistemas silvopastoriles	
Sistemáticos	No sistemáticos
-Cercas vivas -Bancos forrajeros de leñosas -Cortinas rompevientos -Pasturas en callejones de especies leñosas -Pasturas en plantaciones de frutales -Pasturas en plantaciones forestales	-Árboles dispersos en potreros -Pastoreo en tacotales o charrales

* Bosque secundario joven Fuente: Adaptado de Ibrahim (2008).

El tipo de sistema silvopastoril que se debe elegir en las fincas depende de muchos factores, como por ejemplo:

- Condiciones agroecológicas del sitio
- Sistema de producción
- Tamaño de finca
- Especies leñosas y herbáceas adaptadas y disponibles
- Visión empresarial de la finca
- Tradición productiva
- Conocimiento del productor

Una estrategia para intensificar la producción en fincas con poca extensión de terreno es por medio de bancos forrajeros de leñosas y gramíneas. Similar estrategia se podría utilizar en fincas afectadas por períodos largos de sequía o de lluvias extremas, con el objetivo de mantener una producción constante a lo largo del año. Por otro lado, en fincas grandes es factible el establecimiento y manejo de pasturas en plantaciones forestales o en tacotales.

En América Central las fincas ganaderas presentan o incluyen usos de la tierra con prácticas silvopastoriles tradicionales como los árboles dispersos en potreros y las cercas vivas, los cuales se encuentran en más del 80% de las fincas, según estudios realizados en diferentes zonas agroecológicas (Souza et al. 2000, Villanueva et al. 2003, Villacís et al. 2003, Ruiz et al. 2005).

En ambos sistemas los productores manejan abundante conocimiento local sobre los atributos de las especies seleccionadas y retenidas en la

finca. Ellos prefieren especies que cumplan con ciertos elementos como sombra, producción de productos maderables (leña, madera, postes, otros) y alimento para el ganado (follajes y frutos; Muñoz et al. 2003). De alguna manera este tipo de decisiones influye sobre la composición y la diversidad de especies de árboles dispersos en potreros y cercas vivas. En este sentido, en el sistema de árboles dispersos en potreros cinco especies representan entre el 49% y el 65% de la población de árboles y en el caso de cercas vivas cinco especies conforman entre el 38% y el 94% de los inventarios en algunos sitios de América Central (Cuadros 3 y 4).

¿Cómo se evalúa la rentabilidad de los sistemas silvopastoriles?

Este documento recopila los resultados de diferentes estudios de caso en los cuales se analizó la rentabilidad de incorporar tecnologías silvopastoriles en fincas ganaderas ubicadas en diferentes países de América Central.

En la mayoría de los estudios se utilizó la herramienta del presupuesto parcial para un análisis *ex ante* de la rentabilidad de la inversión, realizando los siguientes pasos: 1) se estimaron los parámetros de producción para la tecnología convencional y la alternativa silvopastoril por hectárea; 2) se calcularon los costos anuales de producción ganadera y los ingresos anuales por la venta de carne y/o leche para ambas tecnologías; 3) se calcularon los costos de establecimiento de la tecnología silvopastoril; 4) se crearon flujos de caja para un período de tiempo que representa la vida útil estimada para la tecnología silvopastoril; y 5) se determinaron diferentes indicadores de rentabilidad como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (relación B/C), considerando la situación de la finca con sistemas silvopastoriles en comparación con la situación de la finca con ganadería convencional.

En este sentido, Gobbi y Casasola (2003) indican que la estimación de la rentabilidad de la inversión en una tecnología silvopastoril así como el tamaño de la inversión son claves para proveer de criterios más sólidos a los productores y a los decisores en cuanto a la factibilidad económica-financiera de invertir en sistemas silvopastoriles.

Cuadro 3. Las cinco especies más abundantes encontradas en el sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros en seis territorios de América Central.

Cañas, Costa Rica		Río Frio, Costa Rica		Rivas, Nicaragua		Matiguás, Nicaragua		Copán Ruinas, Honduras	
Especie	% árboles	Especie	% de árboles	Especie	% de árboles	Especie	% de árboles	Especie	% de árboles
<i>Tabebuia rosea</i>	12,8	<i>Cordia alliodora</i>	25,9	<i>Cordia alliodora</i>	22,7	<i>Guazuma ulmifolia</i>	35,8	Quercus spp	21,5
<i>Guazuma ulmifolia</i>	12,6	<i>Psidium guajava</i>	22,5	<i>Guazuma ulmifolia</i>	15,2	<i>Cordia alliodora</i>	12,9	<i>Byrsonima crassifolia</i>	7,6
<i>Cordia alliodora</i>	12,0	<i>Pentaclethra macroloba</i>	4,7	<i>Tabebuia rosea</i>	7,1	<i>Tabebuia rosea</i>	5,9	Pinus spp	7,2
<i>Acrocomia aculeata</i>	10,2	<i>Citrus sinensis</i>	4,7	<i>Byrsonima crassifolia</i>	6,6	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	5,7	Guazuma ulmifolia	7,1
<i>Byrsonima crassifolia</i>	7,4	<i>Citrus limon</i>	3,1	<i>Gliricidia sepium</i>	6,4	<i>Albizia saman</i>	5,0	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	5,7
Total	55,0		60,9		58,0		65,3		49,1

Fuente: Cañas (Villanueva et al. 2003); Río Frío (Villacís et al. 2003); Rivas (López et al. 2004); Matiguás (Ruiz et al. 2005); Copán Ruinas (Trautman 2007).

Cuadro 4. Las cinco especies más abundantes encontradas en cercas vivas dentro de pasturas en cinco agropaisajes de América Central.

Cañas, Costa Rica		Río Frio, Costa Rica		Rivas, Nicaragua		Matiguás, Nicaragua		Copán Ruinas, Honduras	
Especie	% árboles	Especie	% de árboles	Especie	% de árboles	Especie	% de árboles	Especie	% de árboles
<i>Bursera simaruba</i>	54,2	<i>Erythrina costaricensis</i>	75,6	<i>Cordia alliodora</i>	9,0	<i>Bursera simaruba</i>	50,1	<i>Gliricidia sepium</i>	39,3
<i>Pachira quinata</i>	27,6	<i>Gliricidia sepium</i>	11,1	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8,9	<i>Guazuma ulmifolia</i>	8,7	<i>Bursera simaruba</i>	10,4
<i>Spondias purpurea</i>	3,9	<i>Cordia alliodora</i>	2,8	<i>Myrospermum frutescens</i>	7,1	<i>Pachira quinata</i>	7,1	<i>Erythrina berteroana</i>	8,3
<i>Ficus werckleana</i>	3,8	<i>Bursera simaruba</i>	2,6	<i>Acacia collinsii</i>	7,0	<i>Gliricidia sepium</i>	5,5	<i>Eucaliptus spp</i>	5,2
<i>Tabebuia rosea</i>	2,0	<i>Dracaena fragrans</i>	1,8	<i>Erythrina spp</i>	6,0	<i>Erythrina spp</i>	4,4	<i>Spondias purpurea</i>	4,9
Total	91,5		93,9		38,0		75,8		68,1

Fuente: Costa Rica y Nicaragua (Harvey et al. 2005) y Copán Ruinas, Honduras (Trautman 2007).

El VAN es la diferencia entre los ingresos y egresos de un proyecto expresado en moneda actual. Un proyecto es conveniente cuando su VAN es mayor que cero. Que sea igual a cero no significa que no sea rentable, sino que entrega igual utilidad que la inversión alternativa.

La TIR es la tasa de interés o de descuento a la cual el proyecto iguala su VAN a cero. Si la TIR es mayor que el costo de capital con que se evaluaría el proyecto, entonces el proyecto es atractivo. Si es menor, desde el punto de vista económico, no es recomendable realizarlo (FAO 1994).

La relación B/C de un proyecto representa la división del valor presente de los beneficios futuros por el valor presente de los costos futuros para una determinada tasa de descuento. Un proyecto es considerado económicamente viable cuando presenta una relación B/C superior a 1, y por supuesto, es mejor cuando más grande sea el valor.

Tipos de sistemas silvopastoriles

Árboles dispersos en potreros

Son especies leñosas (árboles, arbustos o palmas) dentro de las pasturas que generalmente proceden de regeneración natural. Sin embargo, en algunos casos, también provienen de plantaciones hechas por el hombre. El objetivo principal del sistema es la producción de leche y/o carne, pero se pueden obtener otros productos derivados del componente forestal como madera, postes, leña, frutos, semillas, otros.

Las pasturas arboladas con densidades entre 20 y 30 árboles ha⁻¹ ofrecen más beneficios a nivel económico y ecológico que aquellas pasturas degradadas con pocos árboles o sin ellos. Desde el punto de vista económico el efecto de la sombra incrementa la producción de leche y/o carne dentro del rango de 10% a 22% en comparación a potreros sin árboles. Esto se atribuye a que la sombra reduce el estrés calórico del ganado, lo que permite gastar menos energía y consumir más alimento. Además, mejoran la calidad del forraje y generan otros productos como frutos y madera (Souza 2002, Betancourt et al. 2003, Restrepo et al. 2004).

En términos ecológicos, en potreros arbolados y con buena cobertura de las pasturas 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 a mejorar la fertilidad del suelo por medio del reciclaje de nutrientes (Sandoval 2005). Para mayor información sobre árboles dispersos en potreros consultar Casasola et al. (2005).

Las pasturas arboladas se pueden manejar en asocio con leguminosas herbáceas como el maní forrajero (*Arachis pintoi*), pegá pega (*Desmodium* spp) y otras similares. Dichos sistemas en asocio han sido estudiados por

mucho tiempo en diferentes ecoregiones de Latinoamérica por el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) y por algunos proyectos del CATIE (Centro-Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Este sistema ofrece ventajas como la fijación de nitrógeno por la leguminosa herbácea y el reciclaje de otros nutrientes para el suelo que permiten una mayor persistencia y calidad de la pastura. Además, se incrementa la productividad animal (leche y/o carne) por el consumo de una dieta de mayor calidad que en una pastura en monocultivo (González 2007).



Árboles en potrero procedentes de regeneración natural.

Estudios de caso

Se presentan dos estudios de caso. El primero relacionado con el efecto de la sombra de los árboles dispersos en potreros sobre la producción de leche y el aporte de madera en los ingresos de la finca. En el segundo se presenta el comportamiento del sistema silvopastoril de árboles dispersos en potreros + *Arachis pintoi*.

Contribución de los árboles dispersos en potreros en la producción de leche y rentabilidad de fincas ganaderas (Souza 2002)

Descripción del estudio

El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto de la sombra sobre la producción de leche en vacas Jersey y conocer la rentabilidad de las fincas, incluyendo la producción de leche, carne y madera. El estudio se llevó a cabo en La Fortuna de San Carlos en Costa Rica, un área clasificada como bosque húmedo premontano tropical, el cual se encuentra a una altitud de 250 msnm con una precipitación pluvial que varía entre 2.000 a 4.000 mm por año y una temperatura media anual de 26°C. Los suelos son de origen volcánico del orden andisoles asociados con inceptisoles, los cuales presentan una textura arenosa limosa.

Las fincas ganaderas son manejadas bajo un sistema semiintensivo con pasto dominado por las especies estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y *Brachiaria* spp. y con suplementación a base de concentrados comerciales, sales minerales y melaza. Las razas de ganado predominantes son Holstein y Jersey. En la zona existen fincas con sistemas de producción mixto (ganadería + agricultura), fincas especializadas en leche y doble propósito (leche + carne).

Los árboles dispersos en potreros están representados por las especies como laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*), guachipelin (*Diphysa robinoides*), higuerones (*Ficus* spp), limón dulce (*Citrus sinencis*), poró (*Erythrina* spp) y madero negro (*Gliricidia sepium*).

Para entender el efecto de la sombra sobre la producción de leche en una finca se seleccionaron 20 potreros, los cuales fueron divididos en dos parcelas iguales: una con árboles y otra sin árboles con un área promedio

de 5.000 m² por parcela. Los potreros fueron manejados con un período de ocupación de un día y medio y de descanso de 28,5 días. También, fueron utilizadas 16 vacas Jersey con las siguientes características: entre tres años y medio a cinco años de edad, con segunda o tercera lactancia y con período de lactancia promedio de 118 días.

Las vacas experimentales (16) fueron manejadas en conjunto con las vacas no experimentales (24) para no trastornar el manejo rutinario de la finca. Ambos grupos de animales fueron divididos equitativamente en los tratamientos. La carga animal estimada fue de 2,2 UA² ha⁻¹. El estudio tuvo una duración de seis meses, cubriendo ambas épocas: lluviosa y seca. Las variables principales medidas fueron la producción de leche, la temperatura rectal y la tasa respiratoria.

Para conocer el aporte de los árboles en los ingresos de las fincas, se seleccionaron 10 fincas de diferentes sistemas de producción: cuatro mixtas, tres especializadas de leche y tres de doble propósito. En estas fincas fueron inventariados los árboles en potreros, luego a las especies de importancia económica como laurel y cedro se les calculó el volumen de madera comercial (≥ 35 cm) y no comercial (< 35 cm) y al primer grupo se le aplicó su respectivo precio según el mercado. El análisis financiero de las fincas se determinó para un período de un año (octubre de 1998 a setiembre de 1999) por medio de los indicadores VAN y la relación B/C.

Efecto de la sombra de árboles dispersos en potreros en la producción de leche

La producción de leche fue 15% superior en las vacas manejadas en potreros bajo sombra que aquellas que se manejaron en potreros sin sombra (Cuadro 5). Esto se atribuye a que la sombra mejora el confort térmico de las vacas, reduciendo el estrés calórico, condición que está relacionada con valores menores en la tasa respiratoria.

Sin embargo, las vacas situadas en potreros sin sombra sufrieron un estrés calórico severo debido al incremento de la temperatura.

² UA: unidad animal, la cual equivale a 400 kg de peso vivo.



Ganado beneficiándose de la sombra de árboles dispersos en potrero.

Cuadro 5. Producción de leche y tasa respiratoria en vacas Jersey bajo pastoreo en potreros con y sin sombra en La Fortuna de San Carlos, Costa Rica.

Variables	Potreros con sombra	Potreros sin sombra
Producción de leche (kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)	12,75	11,06
Tasa respiratoria (respiraciones/minuto)	65	81

Fuente: Souza (2002).

Contribución de los árboles dispersos en potreros al ingreso de fincas ganaderas

El Cuadro 6 presenta la densidad de árboles, el volumen de madera comercial y no comercial y el aporte de la madera en los ingresos de las fincas ganaderas. Las especies maderables con importancia comercial encontradas en las pasturas fueron laurel y cedro, las cuales proceden de regeneración natural y tienen una distribución aleatorizada en las pasturas. La densidad total de árboles fue mayor en los sistemas de producción de lechería especializada y de doble propósito. Mientras, que la mayor densidad de árboles maderables y volumen de madera comercial fue en el sistema de doble propósito. El volumen de madera comercial en los grupos de fincas tuvo un patrón similar al de la densidad.

El bajo volumen de madera comercial encontrado en este estudio se podría asociar a la baja abundancia de árboles de especies maderables, calidad del sitio y la falta de manejo silvicultural de los individuos. Asimismo, en el sistema de producción animal mixto se encontró un bajo volumen de madera no comercial, lo cual refleja que las especies maderables (laurel y cedro) desaparecerán en el futuro porque no existe un número de individuos suficiente para mantener una capacidad de regeneración natural sostenible.

El análisis financiero de los tres diferentes sistemas de producción animal se presenta en el Cuadro 7. En el sistema especializado de leche se observó un alto costo por nutrición y mantenimiento del ganado (concentrados, productos veterinarios, servicios, etc.), lo cual se debió al uso de razas lecheras puras tales como Holstein y Jersey que requieren una buena nutrición para mantener una alta producción.

La producción de leche fue mayor en el sistema especializado de leche en comparación a los otros dos sistemas, pero no fue lo suficientemente alto como para cubrir los costos totales de la finca. El sistema de doble propósito tuvo el menor costo por suplementación alimenticia debido al uso de razas cruzadas para doble propósito (leche y carne).

El sistema de producción mixto mostró el mayor costo en mano de obra permanente que los otros dos sistemas, lo cual estuvo asociado al empleo de mano de obra externa durante el tiempo de cosecha de los cultivos agrícolas.

Cuadro 6. Densidad de árboles y volumen de madera comercial y no comercial en los diferentes sistemas de producción ganadera en La Fortuna de San Carlos, Costa Rica.

Indicadores	Sistema de producción animal		
	Mixto	Lechería especializada	Doble propósito
Densidad de especies maderables (árboles ha ⁻¹) ^a	7,96	11,78	16,7
Densidad de otras especies (árboles ha ⁻¹) ^c	4,5	10,33	3,77
Volumen de madera comercial (m ³ ha ⁻¹) ^{***}	2,1	0,41	3,39
Volumen de madera no comercial (m ³ ha ⁻¹) ^{****}	0,09	3,65	2,29

^a Las especies maderables fueron laurel y cedro. ^b Incluye las especies lagarto (*Zanthoxylum belizense*), surá (*Terminalia oblonga*), gavián (*Pentaclethra macroloba*), poró (*Erythrina* spp), limón dulce (*Citrus limetta*), naranja dulce (*Citrus sinensis*), guayaba (*Psidium guajava*), guava (*Inga* sp) e higuierón (*Ficus* spp). ^c En la madera comercial se incluyeron árboles con un diámetro a la altura del pecho \geq 35 cm. ^{****} Madera no comercial < 35 cm.

Fuente: Souza (2002).

Con respecto a los indicadores financieros, el VAN y la relación B/C mostraron que las fincas con lechería especializada no son rentables bajo las condiciones del estudio. Este escenario podría estar relacionado con la baja productividad de las vacas, las cuales no lograron expresar su potencial genético de producción por las condiciones climáticas difíciles relacionadas con estrés calórico y parásitos. Las fincas con sistemas mixtos y de doble propósito presentaron indicadores positivos (Cuadro 8). Las fincas manejaron vacas con genética lechera + cebú, lo cual contribuye con una mayor adaptación a la zona y por ende un menor costo por litro de leche producido. También, las fincas con estos últimos dos sistemas de producción generaron otros ingresos a partir de cultivos agrícolas y carne (terneros de destete).

Cuadro 7. Presupuesto de finca para el análisis financiero de los diferentes sistemas de producción ganadera en La Fortuna de San Carlos, Costa Rica.

Presupuesto de finca (US\$ ha ⁻¹)	Sistema de producción animal		
	Mixto	Lechería especializada	Doble propósito
Ingreso bruto promedio anual			
Producción de leche	1 197,15	1 531,79	389,17
Producción de cultivos	93,34	0	3,83
Producción de carne*	146,07	156,93	251,50
Producción de cítricos	4,43	0	0
Otros	159,47	5,24	6,49
Postes	3,59	0	0
Utilización de madera	28,97	23,70	9,57
Cambio en el inventario de ganado	483,87	504,20	364,91
Autoconsumo de productos	341,76	147,75	53,73
Total ingreso bruto	2 458,64	2 369,61	1 079,20
Costos variables			
Concentrado y suplementos alimenticios	669,06	885,22	181,51
Costos de mantenimiento [†]	132,71	332,73	86,97
Mano de obra casual	61,04	43,66	10,66
Transporte	21,48	9,01	4,60
Servicios veterinarios e inseminación artificial	10,48	8,80	1,61
Costos generales (combustibles, reparaciones, alquileres, agua, etc.)	113,29	211,94	63,82
Extracción de madera	0	2,86	0,81
Total costos variables	1 008,06	1 494,22	349,98
Costos fijos			
Alquiler de tierra	214,56	183,02	208,34
Mano de obra permanente	481,60	323,27	97,91
Gastos generales (seguros y salarios)	441,82	364,58	76,59
Depreciación (edificios y equipos)	68,52	131,87	30,98
Depreciación (animales)	121,29	198,98	45,49
Total costos fijos	1 327,79	1 201,72	459,31
Total costos variables más costos fijos	2 355,85	2 695,94	809,29

* En este rubro fueron incluidos los costos de producción de cultivos (semillas y fertilizantes), productos veterinarios, ferretería, compra de animales y servicios. [†]Venta de terneros y hembras de descarte.

Fuente: Souza (2002).

Cuadro 8. Rentabilidad de fincas con diferentes sistemas de producción animal en La Fortuna del San Carlos, Costa Rica.

Indicadores	Sistema de producción animal		
	Mixto	Lechería especializada	Doble propósito
VAN* (US\$ ha ⁻¹)	98	-310	256
Relación B/C (US\$)	1,09	0,88	1,36
Aporte de la madera al ingreso total de la finca (%)	1,46	2,73	1,41

*La tasa de descuento utilizada fue 2,68%. VAN: Valor actual neto. B/C: relación costo-beneficio.

Fuente: Souza (2002).

La venta de madera mostró un bajo aporte a los ingresos totales de las fincas (entre 1,41% a 2,73%), mostrando que la explotación de madera es una actividad secundaria para los productores. Este patrón es similar a lo reportado por López et al. (2007) quienes encontraron un aporte al ingreso anual total por venta de madera de árboles dispersos en potreros que varió entre 4,7% y 9% en fincas ganaderas de Nicaragua. Sin embargo, los usos de la tierra ganaderos bajo sistemas silvopastoriles tienen un potencial para producción de madera. Por lo que es necesario continuar con evaluaciones que tomen en cuenta diseños con especies de mayor valor comercial, mayor densidad, manejo de regeneración natural y manejo silvicultural para lograr un aprovechamiento sostenible a lo largo del tiempo.

Además del valor económico considerado en las maderas de aserrío, los análisis consideraron otros productos maderables para uso en la finca, tales como postes y leña. Los resultados financieros del presente estudio mostraron la importancia de promover el uso de especies maderables procedentes de regeneración natural en potreros como estrategia para mejorar los ingresos de las fincas ganaderas. También evidenciaron que la adopción y explotación de los árboles por los productores depende del sistema de producción animal.

Análisis de rentabilidad de la implementación de un sistema silvopastoril de árboles dispersos en potreros con *Brachiaria brizanta* y *Arachis pinto* en el trópico subhúmedo de Nicaragua (Suárez 2009)

Descripción del estudio

El objetivo del estudio fue realizar un análisis financiero *ex ante* de la inversión en un sistema silvopastoril de árboles dispersos en potreros con *Brachiaria brizanta* y maní forrajero (*Arachis pinto*) establecido en una pastura natural o naturalizada (*Paspalum* spp o *Hyparrhenia rufa*) en fincas ganaderas con sistema de doble propósito. El estudio se llevó a cabo en Muy Muy, departamento de Matagalpa, Nicaragua. La zona está clasificada como bosque subhúmedo tropical con una altitud que varía entre 220 a 780 msnm, la precipitación pluvial oscila entre 1.300 a 2.300 mm por año y una temperatura media anual de 25°C.

Para cada uno de los sistemas elegidos (silvopastoril con *A. pinto* y pastura natural) se seleccionaron tres fincas representativas donde los propietarios estuvieron anuentes a colaborar. En estas fincas se recolectó información detallada sobre la producción de leche, ingresos y costos relacionados con la actividad ganadera y la implementación del uso de la tierra seleccionado. En base a estos datos se analizó la rentabilidad de la inversión en términos de VAN y TIR. Los indicadores productivos utilizados para los modelos procedieron del presente estudio y de otros realizados en zonas similares.

Costos de establecimiento y mantenimiento

Los costos de establecimiento y mantenimiento de un sistema silvopastoril con *A. pinto* fue del orden de los US\$269,82 ha⁻¹ y US\$29,70 ha⁻¹año⁻¹, respectivamente (Cuadro 9). El *A. pinto* fue establecido utilizando material vegetativo de semilleros de fincas vecinas, lo cual demandó solamente la mano de obra para la cosecha. En pasturas mejoradas asociadas con *A. pinto* se elimina el control químico de malezas, debido a que la leguminosa, si se establece correctamente, logra cubrir el suelo y dificulta el crecimiento de malezas. Además, el uso de herbicidas elimina la leguminosa, excepto si son herbicidas selectivos de alto costo. Sin embargo, si existen malezas es mejor controlarlas por medio del método manual.

Cuadro 9. Costo de establecimiento (US\$ ha⁻¹) y mantenimiento (US\$ ha⁻¹ año⁻¹) del sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros con *Arachis pintoi* en Muy Muy, Nicaragua.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo en US\$
Establecimiento			
Preparación del terreno con bueyes			32,00
Herbicida (Glifosato)	litros	5,50	54,00
Semilla de pasto <i>Brachiaria brizantha</i>	kg	1,50	21,70
Alambre de púas	rollo*	2,00	52,80
Grapas	kg	1,40	1,80
Mano de obra	jornales	35,84	107,52
Total			269,82
Mantenimiento			
Mano de obra para control de malezas y reparación de cercas	jornales	9,90	29,70
Total			29,70

* Un rollo equivale a 336 m de longitud. Tasa de cambio: US\$1= 20 córdobas nicaragüenses (setiembre de 2008). El jornal ajustado para seis horas día⁻¹hombre⁻¹.

Fuente: Suárez (2009).

Indicadores productivos y rentabilidad

La producción promedio de leche fue de 2,37 kg vaca⁻¹ día⁻¹ para pasturas naturales y 3,70 kg vaca⁻¹ día⁻¹ para el sistema silvopastoril con *A. pintoi*. En general la baja producción está relacionada a que el estudio se llevó a cabo en la época crítica de disponibilidad de forraje y que las vacas tuvieron un alto mestizaje cebuino. Sin embargo, es notable la tendencia a una mayor producción con el sistema silvopastoril con *A. pintoi* relacionado con una mayor disponibilidad y calidad de la pastura. Incluso, le permite soportar una mayor carga animal que el sistema tradicional con pastura natural. González (2007) reportó un cambio positivo en la carga animal de una pastura natural a una pastura de *Panicum maximum* cv Tanzania asociada con *A. pintoi* de 0,7 a 1,82 UA ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente.

El Cuadro 10 presenta el presupuesto parcial para el análisis financiero *ex ante* de la implementación del sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros con *Arachis pintoi* a partir de una pastura natural en fincas ganaderas. El análisis de rentabilidad del modelo arrojó indicadores positivos para el cambio de una pastura natural a un sistema silvopastoril con *A. pintoi*. El período de repago de la inversión para dicha tecnología ocurrió en el segundo año.

El margen bruto promedio anual del sistema silvopastoril con *A. pintoi* fue de US\$272,06, el cual fue más persistente a lo largo del tiempo en comparación con el sistema con pastura natural que generó un ingreso neto promedio de US\$142,86. El sistema silvopastoril con *A. pintoi* refleja importantes beneficios relacionados con una mayor vida útil y un mejor comportamiento económico a lo largo del tiempo; esto desde luego si es acompañado de un correcto plan de manejo que implica monitoreo de carga animal, períodos de ocupación y descanso, control de malezas, entre otros.

Es importante destacar que este sistema presenta una ligera reducción de la productividad animal e ingresos conforme avanza la edad. Este patrón se podría atribuir a la ausencia de un programa completo de fertilización para compensar las exportaciones de nutrientes del sistema. Por el contrario, las pasturas naturales o en monocultivo tienden a declinar su curva de rendimiento (productividad animal e ingresos) a una tasa mayor que el sistema silvopastoril a causa de la degradación del suelo, lo cual repercute en la disponibilidad y en la calidad de forraje a lo largo del tiempo (Figura 2 y Cuadro 10).

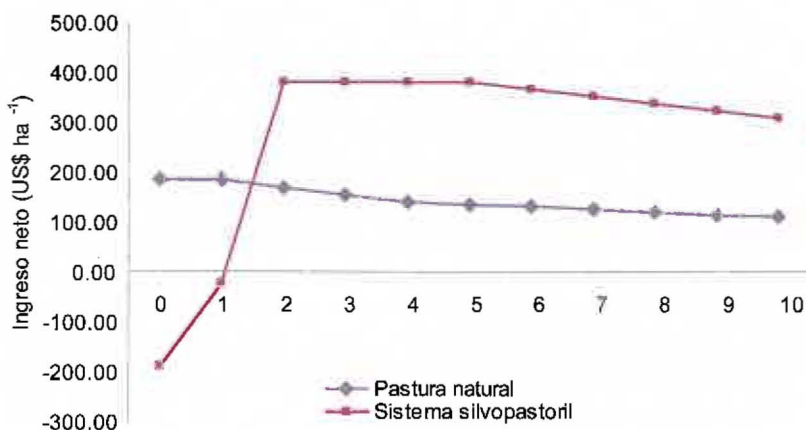


Figura 2. Ingreso neto anual (US\$ ha⁻¹) obtenido en el sistema con pastura natural y el sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros con *Arachis pintoi* en Muy Muy, Nicaragua.

Fuente: Suárez (2009).

En los análisis solamente se están considerando los ingresos derivados de los productos animales (leche y carne). No obstante, existe un potencial para la producción de madera en sistemas silvopastoriles sin detrimento de los indicadores de productividad animal. En este sentido, las fincas ganaderas podrían implementar un plan de manejo silvicultural para el componente forestal procedente de la regeneración natural y/o establecidos para mejorar la rentabilidad de las fincas ganaderas.

La mayoría de las pasturas en monocultivo y sin presencia de cobertura leñosa tienden a degradarse antes de los 10 años de edad. Betancourt et al. (2007) señala que una degradación severa de las pasturas puede significar una reducción en los ingresos superior al 50% del potencial del sistema—sin considerar los impactos sociales y ambientales relacionados a dicho proceso. Es importante señalar que como en toda tecnología para maximizar su rendimiento, se requiere de la consideración de otros factores tales como el buen establecimiento y manejo de los recursos forrajeros, genética, salud y suplemento alimenticio del ganado.

Cercas vivas

Las cercas vivas son un arreglo lineal sembrado con leñosas (árboles, arbustos y palmas) que sirven de soporte al alambre de púas o liso, cuya finalidad es delimitar la propiedad y marcar las divisiones de los diferentes usos del suelo (agricultura, bosques, potrero, etc.) presentes dentro de la misma propiedad (Budowsky 1987). Una cerca viva puede estar constituida de especies leñosas solamente o de una combinación de especies leñosas con postes muertos.

Según la composición de especies y la estructura como la altura y el diámetro de las copas, las cercas vivas pueden ser clasificadas como simples o multiestratos (Murgueitio et al. 2003). Las simples son aquellas que tienen una o dos especies dominantes y manejadas bajo poda a una altura similar. Generalmente las cercas vivas simples se podan una vez por año en zonas de trópico húmedo y cada dos años en zonas de trópico subhúmedo o seco.

Cuadro 10. Presupuesto parcial (US\$ ha⁻¹) para el análisis financiero *ex ante* de la implementación del sistema silvopastoril árboles dispersos en potreros con *Arachis pintoi* a partir de una pastura natural en fincas ganaderas en Muy Muy, Nicaragua.

Pastura natural	Años											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ingreso bruto promedio anual												
Venta de carne (90 kg de peso vivo)	87,86	87,86	83,47	79,29	75,33	73,82	72,35	70,90	69,48	68,09	66,73	
Venta de leche (864 kg)	235,25	235,25	223,49	212,31	201,70	197,66	193,71	189,83	186,04	182,32	178,67	
Total ingreso bruto	323,11	323,11	306,95	291,61	277,03	271,48	266,06	260,73	255,52	250,41	245,40	
Costos												
Insumos para ganado (sales, vitaminas, desparasitantes, vacunas y antibióticos)	25,86	25,86	25,86	25,86	25,86	25,86	25,86	25,86	25,86	25,86	25,86	
Herbicida de manejo (tordon)	37,13	37,13	37,13	37,13	37,13	37,13	37,13	37,13	37,13	37,13	37,13	
Mano de obra (manejo de ganado, pasturas y reparación de cercas)	59,40	59,40	59,40	59,40	59,40	59,40	59,40	59,40	59,40	59,40	59,40	
Gastos de transporte	16,16	16,16	15,35	14,58	13,85	13,57	13,30	13,04	12,78	12,52	12,27	
Total costos	138,55	138,55	137,75	136,98	136,25	135,97	135,70	135,43	135,17	134,92	134,67	
Ingreso neto	184,56	184,56	169,21	154,63	140,78	135,51	130,35	125,30	120,35	115,49	110,73	

Cuadro 10 continúa en página 29

Sistema silvopastoril con <i>Arachis pintoi</i>	Años											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Ingreso bruto promedio anual</i>												
Venta de carne (160 kg de peso vivo)	78,10	109,34	156,20	156,20	156,20	156,20	151,51	146,97	142,56	138,28	134,13	
Venta de leche (1354 kg)	184,33	258,06	368,66	368,66	368,66	368,66	357,60	346,88	336,47	326,38	316,58	
Venta de vaca	312,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total ingreso bruto	262,40	367,40	524,86	524,86	524,86	524,86	509,12	493,84	479,03	464,66	450,72	
Costos												
Costo establecimiento del sistema silvopastoril con <i>Arachis pintoi</i>	269,82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Insumos para ganado (sales, vitaminas, desparasitantes, vacunas y antibióticos)	41,38	41,38	41,38	41,38	41,38	41,38	41,38	41,38	41,38	41,38	41,38	
Mano de obra (manejo de ganado, pasturas y reparación de cercas)	77,23	77,23	77,23	77,23	77,23	77,23	77,23	77,23	77,23	77,23	77,23	
Gastos de transporte	28,74	18,37	26,24	26,24	26,24	26,24	25,46	24,69	23,95	23,23	22,54	
Compra de vaca	253,82	253,82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Costo de oportunidad por no actividad	92,28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total costos	763,27	390,80	144,85	144,85	144,85	144,85	144,07	143,30	142,56	141,84	141,15	
Ingreso neto	-188,45	-23,40	380,01	380,01	380,01	380,01	365,05	350,54	336,47	322,81	309,57	
Ingreso neto incremental	-373,00	-207,95	210,80	225,38	239,23	244,50	234,70	225,24	216,12	207,32	198,84	
Indicadores financieros												
VAN (US\$ ha⁻¹)	554,71											
TIR (%)	29,34											

VAN: valor actual neto. TIR: tasa interna de retorno.

Fuente: Suárez (2009).

Las multiestratos tienen más de dos especies leñosas de diferentes alturas y usos (maderables, frutales, forrajeras, medicinales, ornamentales, etc.). Existen buenos ejemplos en América Central donde especies de uso múltiple como *Bursera simaruba* y *Gliricidia sepium* no se podan frecuentemente y se convierten en corredores biológicos que aumentan la conectividad en paisajes agropecuarios.

Las cercas vivas presentan ventajas económicas y ecológicas demostradas en varios estudios. En la parte económica, el establecimiento de cercas vivas representa un ahorro del 16% en comparación con las cercas muertas (Villanueva et al. 2008). Las cercas vivas enriquecidas con especies maderables y que se encuentren bajo condiciones del trópico húmedo de Costa Rica pueden generar aumentos hasta del 15% en el ingreso de fincas lecheras (Holmann et al. 1992).

En lo ecológico, las cercas vivas multiestratos cumplen una mejor función en la conservación de la biodiversidad que las cercas vivas simples. Esta función se reduce de manera significativa cuando las cercas vivas son podadas de manera total (Lang et al. 2003). Algunos diseños de cercas vivas multiestratos han presentado una mayor abundancia y riqueza de aves que pasturas con alta densidad de árboles (más de 30 individuos ha^{-1}) y similar que los bosques secundarios (Sáenz et al. 2007). Para más información sobre cercas vivas consultar Villanueva et al. (2008) y Harvey et al. (2005).



Cerca viva simple



Cerca viva multiestrato

Estudios de caso

Se presentan dos experiencias que demuestran el potencial económico de las cercas vivas en las fincas ganaderas. La primera es sobre el cambio de cerca muerta a cerca viva, lo cual implica un ahorro para la finca en términos de reducción de gastos desde el establecimiento y posterior manejo. La segunda es sobre el enriquecimiento de cercas vivas con cedro (*Cedrela odorata*).

Rentabilidad del cambio de cerca muerta a cerca viva (Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas)

Descripción del estudio

El objetivo del estudio fue conocer la rentabilidad del establecimiento de cercas vivas a partir de cercas muertas con o sin la aplicación de pago por servicios ambientales (PSA). Éste se llevó a cabo en la zona de Esparza, Costa Rica, dentro del proyecto Enfoque Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas (GEF/Silvopastoril), el cual promovió los sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas por medio de PSA durante un período de cuatro años (Casasola et al. 2007). La zona está clasificada como bosque subhúmedo tropical con una altitud que varía entre 50 a 1.000 msnm, la precipitación pluvial oscila entre 1.500 a 2.000 mm por año y una temperatura media anual de 27°C.

Se seleccionaron cinco fincas y se coordinó con el propietario para registrar toda la información sobre el establecimiento y mantenimiento de cercas vivas y muertas, considerando la experiencia de los productores y el monitoreo en campo. La información se recolectó utilizando encuestas y formatos de campo para el monitoreo. En el establecimiento se monitoreó el rendimiento de la mano de obra en términos de cosecha, ahoyado, puesta de postes y cantidad de alambre utilizado. En el mantenimiento se levantó información correspondiente al número de postes muertos en condición de reemplazo, la longitud de alambre a cambiar y la mano de obra para podas y reparaciones.

Con la información recopilada se formularon presupuestos parciales para evaluar la rentabilidad de invertir en la tecnología de cercas vivas a partir de cercas muertas, con o sin la presencia de PSA, y se determinaron los indicadores VAN y TIR.

Costos de establecimiento y mantenimiento

La cerca muerta tiene un costo de establecimiento mayor que las cercas vivas, lo cual se debe a la cantidad de los postes muertos requeridos. En este caso, los postes muertos son adquiridos fuera de la finca, pero cuando son adquiridos dentro de la finca el costo se reduce tres o cuatro veces según el país centroamericano. Esta razón explica porqué en los últimos años los productores están utilizando menos las cercas muertas.

Las cercas ya existentes están siendo transformadas a cercas vivas a un costo estimado de US\$493 km⁻¹. El costo de mantenimiento es menor en las cercas vivas que en las cercas muertas, lo cual se debe al alto costo de los postes muertos en el mercado. No obstante, las cercas vivas generan más empleo rural ya que el principal gasto está relacionado con la mano de obra para las podas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Costo de establecimiento (US\$ km⁻¹) y mantenimiento (US\$ km⁻¹ año⁻¹) de cercas vivas y cercas muertas.

Concepto	Unidad	Cerca muerta		Cerca viva nueva		Cerca viva a partir de cerca muerta	
		Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo
Establecimiento							
Poste muerto	unidades	667	4.102,05	60	369,0		
Estacones (madero negro y/o jiñocuabe) [*]	unidades			767	345,15	767	345,15
Alambre de púas ^{**}	rollos	10	360,00	10	360,00		
Grapas	kg	7	10,50	7	10,50		
Mano de obra (jornales) ^{***}	jornales	31	190,65	32	196,80	24	147,60
Total			4.663,2		1.281,45		492,75
Mantenimiento							
Manejo de la cerca	jornales	3	18,45	12	73,80	12	73,80
Poste muerto	unidades	17	104,64				
Alambre	rollos	0,1	3,60	0,10	2,09	0,10	2,09
Grapas	kg	0,1	0,15	0,10	0,14	0,10	0,14
Total			126,84		76,03		76,03

* En estacones incluye un 15% de replantes. La distancia de siembra entre estacones fue de 1,50 m. Los postes muertos y estacones incluyen los costos de aprovechamiento en la finca.

** Un rollo equivale a 336 m.

*** Un jornal equivale a seis horas día⁻¹hombre⁻¹. Tasa de cambio US\$1= 488 colones costarricenses (mayo de 2007).

Fuente: Proyecto GEF-Silvopastoril (2007).

Indicadores de rentabilidad

El Cuadro 12 presenta el presupuesto parcial para la implementación de una cerca viva a partir de una cerca muerta en fincas ganaderas. La evaluación financiera fue proyectada para un período de 10 años.

Las cercas vivas son una estrategia que implica menores gastos en el establecimiento y mantenimiento que las cercas muertas en fincas ganaderas (Cuadro 11 y Figura 3). Los indicadores de rentabilidad VAN y TIR por el cambio de una cerca muerta a una cerca viva con o sin PSA fueron de US\$87,85 y US\$225,85 ha⁻¹ y de 16,1% y 32,1%, respectivamente, siendo mayor cuando se aplica el PSA. Esto refleja la importancia del PSA como herramienta para la promoción de cercas vivas con mayor complejidad en estructura y diversidad, las cuales favorecen la conservación de la biodiversidad en paisajes dominados por la ganadería.

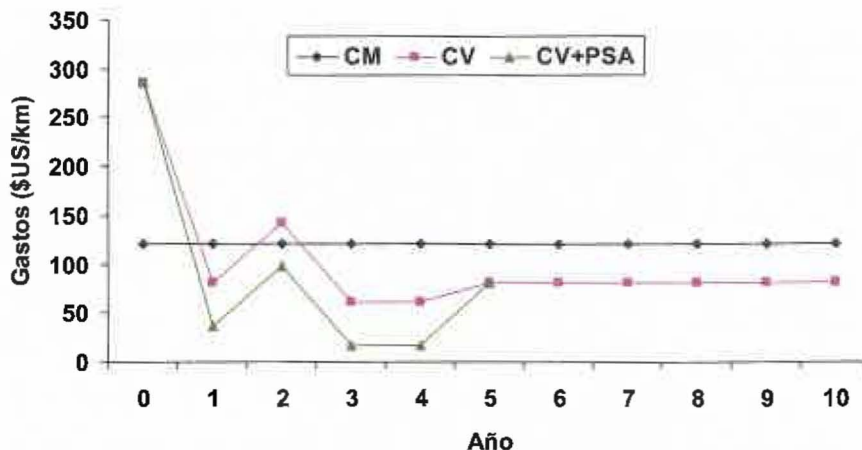


Figura 3. Gastos de establecimiento y mantenimiento de cercas vivas con y sin pago por servicios ambientales y cercas muertas. CM: cerca muerta; CV: cerca viva sin pago por servicios ambientales; CV+PSA: cerca viva con pago por servicios ambientales durante cuatro años.

Fuente: Proyecto GEF-Silvopastoril (2007).

Las cercas vivas contribuyen en el incremento de la productividad ganadera (carne y/o leche) por medio de la sombra y como fuente de forraje para la alimentación del ganado, por lo que es una alternativa potencial dentro de los diseños de finca para la adaptación al cambio climático con énfasis en sequía. La función de la sombra de las cercas vivas es similar a la de los árboles dispersos en potreros para reducir el estrés calórico del ganado en ambientes tropicales.

Las cercas vivas con predominio de *Erythrina berteroana* y *G. sepium* tienen un potencial de producción de forraje para alimentación animal que varía entre 3,5 a 6,0 t de materia seca km⁻¹ (Romero et al. 1993). Vacas lecheras suplementadas con forrajes de leñosas han logrado producciones de leche de 7,3 y 7,4 kg vaca⁻¹ día⁻¹ para *E. poeppigiana* y *G. sepium*, respectivamente (Camero et al. 2001). En América Central la mayoría de las cercas vivas contienen especies leñosas con potencial forrajero que ameritan ser parte del plan de alimentación de fincas ganaderas.

Cuadro 12. Presupuesto parcial (US\$ km⁻¹) para el análisis financiero *ex ante* de la implementación de una cerca viva a partir de una cerca muerta en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica.

Sistema	Años										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cerca viva											
Total ingresos sin PSA*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total ingresos con PSA	0	45,00	45,00	45,00	45,00	0	0	0	0	0	0
Costos											
Costo de establecimiento de una cerca viva a partir de una cerca muerta	354,00	69,62	69,62	0	0	0	0	0	0	0	0
Materiales para mantenimiento (postes, alambre y grapas)	0	0	0	0	0	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23
Mano de obra para mantenimiento (podas y reparación de alambres)	0	0	61,48	61,48	61,48	73,78	73,78	73,78	73,78	73,78	73,78
Total costos	354,00	69,62	131,10	61,48	61,48	76,01	76,01	76,01	76,01	76,01	76,01
Cerca muerta											
Costos											
Costo de establecimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Materiales para mantenimiento (postes, alambres y grapas)	114,55	114,55	114,55	114,55	114,55	114,55	114,55	114,55	114,55	114,55	114,55
Mano de obra para mantenimiento (reemplazo de postes y reparación de alambres)	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30
Total costos	126,85	126,85	126,85	126,85	126,85	126,85	126,85	126,85	126,85	126,85	126,85
Ahorro cerca muerta vs cerca viva	-227,15	57,33	-4,25	65,37	65,37	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84
Ahorro cerca muerta vs cerca viva con PSA	-227,15	102,22	40,75	110,37	110,37	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84	50,84
Indicadores financieros**	Sin PSA	Con PSA									
VAN (US\$ ha⁻¹)²	87,85	225,85									
TIR (%)	16,1	32,1									

*PSA: pago por servicios ambientales. ** VAN: valor actual neto. TIR: tasa interna de retorno.

Fuente: Proyecto GEF Silvopastoril (2007)

Enriquecimiento de cercas vivas con cedro (*Cedrela odorata*, Chagoya 2004)

Descripción del estudio

El objetivo de este estudio fue realizar un análisis financiero *ex ante* para explorar la rentabilidad de la incorporación de árboles maderables en cercas vivas en fincas ganaderas de Esparza, en la región del Pacífico central de Costa Rica. La región pertenece a la zona de vida bosque subhúmedo tropical, con una altitud que varía entre 50 a 1.000 msnm, la precipitación pluvial oscila entre 1.500 a 2.000 mm por año y una temperatura media anual de 27°C.

La especie más común en las cercas vivas en la zona es la *Bursera simaruba*, la cual fue enriquecida con árboles maderables de *Cedrela odorata*. Este modelo de árboles en cercas vivas se caracteriza por el establecimiento de 132 árboles en 400 metros lineales (longitud que equivale al perímetro de una hectárea de forma cuadrada) para un primer aprovechamiento a los 10 años, quedando 66 árboles para un turno final. Se determinaron los costos e ingresos para cada uno de los sistemas evaluados: cercas vivas enriquecidas con maderables y cercas vivas sin maderables. Los indicadores de rentabilidad determinados fueron VAN, TIR y relación B/C. La tasa de descuento utilizada fue de 6,56%.

Costos de establecimiento y mantenimiento

El costo de establecimiento de 400 m de cercas vivas con árboles de cedro fue de US\$104,70, de los cuales el 38,68 % correspondió al pago de plántulas. Los costos de mantenimiento de la cerca viva indican mayores gastos en los primeros tres años por actividades como el control manual de malezas, fertilización, podas de formación de árboles y asistencia técnica. Por otro lado, los costos del cuarto al décimo año fueron menores que los primeros tres años. El manejo en estos años incluyó podas de formación de árboles y un raleo en el décimo año (Cuadro 13).

Indicadores productivos y rentabilidad

La inversión en la incorporación de árboles maderables en cercas vivas resultó rentable para escenarios que simulaban diferentes calidades de sitio

(Cuadro 14). El rendimiento de madera varió según la calidad del sitio de 34,68, 50,14 y 99,55 m³ ha⁻¹ ciclo⁻¹ de 25 años (asumiendo un perímetro de 400 m de longitud en una hectárea) para los sitios de mala, regular y buena calidad, respectivamente. Los resultados indican que la selección de la calidad del sitio es muy importante para la productividad y rentabilidad de la actividad maderera. Además, la incorporación de maderables en cercas vivas constituye una opción potencial en fincas ganaderas.

El pago por servicios ambientales es un mecanismo de incentivo que podría mejorar la rentabilidad de la inversión y motivar la implementación de cercas vivas enriquecidas con maderables.



Pago por servicios ambientales para la difusión de los sistemas silvopastoriles.

Cuadro 13. Presupuesto parcial (US\$ ha⁻¹) para el análisis financiero ex ante de la implementación de cercas vivas enriquecidas con cedro (*Cedrela odorata*) en fincas ganaderas en Esparza, Costa Rica.

Cercas vivas enriquecidas con árboles maderables	Años												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-24	25	
<i>Ingreso bruto</i>													
Venta de machos (287 kg peso vivo)	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80
Venta de madera ^a													2 362,50
<i>Total ingreso bruto</i>	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	3 138,30
<i>Costos</i>													
Engorde de machos	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70
Mantenimiento de pasturas	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
Establecimiento y manejo de maderables													
Preparación de terreno	19,30												
Compra de árboles	40,50												
Plantación de árboles	6,90												
Fertilización	13,30	21,80	29,40										
Control de malezas	6,90	6,90	6,90										
Poda de formación	2,30	2,30	2,30	3,50	3,50	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60			
Asistencia técnica	15,50	15,50	15,50										
Raleo										7,0			
<i>Total costos</i>	237,40	179,20	186,80	136,20	136,20	137,30	137,30	137,30	137,30	144,30	132,70		132,70
<i>Ingreso neto</i>	538,40	596,60	589,00	639,60	639,60	638,40	638,40	638,40	638,40	631,50	643,10		3 005,60

Cuadro 13 continúa en página 41

Continuación Cuadro 13

Cercas vivas sin maderables	Años											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-24	25
<i>Ingreso bruto</i>												
Venta de machos (287 kg peso vivo)	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80
<i>Total ingreso bruto</i>	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	775,80	3 138,30
<i>Costos</i>												
Engorde de machos	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70	115,70
Mantenimiento de pasturas	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
<i>Total costos</i>	132,70	132,70	132,70	132,70	132,70	132,70	132,70	132,70	132,70	132,70	132,70	132,70
<i>Ingreso neto</i>	643,10	643,10	643,10	643,10	643,10	643,10	643,10	643,10	643,10	643,10	643,10	643,10
<i>Ingreso neto incremental (cercas vivas con maderables vs cercas vivas sin maderables)</i>	-104,70	-46,50	-54,10	-3,50	-3,50	-4,60	-4,60	-4,60	-4,60	-11,60	0	2 362,5

* El rendimiento utilizado corresponde para un sitio de mala calidad. Tasa de descuento: 6,56%. US\$1= 430 colones de CR.

Fuente: Chagoya (2004).

Cuadro 14. Rentabilidad de la implementación de árboles en cercas vivas bajo diferentes calidades de sitio en Esparza, Costa Rica.

Indicadores	Calidad del sitio		
	Mala	Regular	Buena
VAN (US\$ ha ⁻¹)	275,60	490,70	1 178,40
TIR (%)	10,60	12,40	15,80
Relación B/C (US\$)	2,33	3,37	6,69

VAN: Valor actual neto. B/C: relación beneficio costo.

Fuente: Chagoya (2004).



Cerca viva enriquecida con una especie de alto valor comercial como la teca (*Tectona grandis*).

Bancos forrajeros

Es un sistema de cultivo en el cual las leñosas perennes crecen en bloque compacto y con alta densidad para maximizar la producción de fitomasa de alta calidad nutritiva (Pezo e Ibrahim 1999). Este sistema silvopastoril constituye una alternativa para la intensificación de la ganadería en menos área de la finca, incluso en algunas fincas contribuiría a la liberación de áreas marginales con mayor vocación para la conservación de los recursos naturales.

La implementación de este sistema en las fincas ganaderas podría reducir la presión a las pasturas y con ello evitar su degradación prematura, especialmente en períodos críticos como sequías y lluvias prolongadas.

Algunos estudios en bancos forrajeros han demostrado que ofrece una serie de beneficios económicos, sociales y ambientales que se explican en los próximos párrafos.

A nivel económico, los bancos forrajeros favorecen el incremento en la producción de leche entre 10% a 20% (Ibrahim et al. 2001). En lo social generan empleo rural, especialmente cuando los bancos forrajeros son manejados bajo corte y acarreo que implican actividades de corte, acarreo, picado y ofrecimiento al ganado (Sánchez 2007). En la parte ecológica se reportan resultados de bajo impacto para la conservación de la biodiversidad (Sáenz et al. 2007) y fijación de carbono (Ibrahim et al. 2007). Estos servicios se podrían mejorar con el diseño de bancos forrajeros diversificados con otras especies leñosas como maderables o frutales compatibles con la leñosa forrajera.

Sobre esos diseños existen experiencias exitosas en Colombia con mejores respuestas en la generación de servicios ambientales (Cárdenas 1999). Sin embargo, cumplen una función sobresaliente en la conservación del suelo, ya que contribuyen con una menor escorrentía y mayor infiltración de agua comparado con pasturas degradadas y pasturas arboladas e incluso similar a los bosques secundarios (Ríos et al. 2007).

Los bancos forrajeros de corte y acarreo que son podados frecuentemente pueden degradarse en el corto plazo debido a la fuerte exportación de nutrientes del sistema, por lo que es importante definir un programa de fertilización según los análisis de suelos para mantener un balance entre el flujo de nutrientes.

Estudios de caso

En esta sección se presentan experiencias de diferentes tipos de bancos forrajeros como corte y acarreo, ramoneo y ramoneo + pastoreo en diferentes zonas agroecológicas de América Central. Cada uno de ellos presenta una descripción de la zona de estudio, los costos de establecimientos, mantenimiento y los indicadores productivos y de rentabilidad. En el caso de los bancos de corte y acarreo se agrega dentro de los costos el rubro de utilización (corte, transporte, picado y ofrecimiento del forraje).

Banco forrajero de *Cratylia argentea* bajo corte y acarreo (Sánchez 2007)

Descripción del estudio

En el presente estudio fue evaluada la rentabilidad de los bancos forrajeros como alternativas de suplementación para vacas doble propósito durante la época seca (125 días) en Esparza, Costa Rica. Uno de los factores que más limita la producción de carne y leche en la región es la baja disponibilidad y calidad de los forrajes durante esta época. El estudio compara un banco forrajero proteico energético compuesto por la leñosa de corte y acarreo *Cratylia argentea* y la gramínea caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) con suplementos comerciales como la pollinaza (es la cama de los galpones y generalmente se realiza con la cascarilla de arroz en combinación con las heces de los pollos de engorde en un ciclo de cinco o seis semanas). El área de estudio corresponde a una zona de vida bosque subhúmedo tropical, con una altitud que varía entre 50 a 1.000 msnm, la precipitación pluvial oscila entre 1.500 a 2.000 mm por año y una temperatura media anual de 27°C. Además, existe una marcada sequía estacional entre enero y mayo.

Para el estudio se consideró un banco forrajero de *C. argentea* y caña de azúcar de una hectárea, en una proporción de 65% de caña de azúcar y 35% de *C. argentea*. La especie leñosa tuvo una densidad de siembra de 20.000 plantas ha⁻¹ o sea 1 m entre hileras y 0,5 m entre plantas, siendo aprovechada por primera vez a los 10 meses después de establecida, luego la frecuencia de cortes fue cada tres meses a una altura de corte entre 0,8 a 1 m. La caña de azúcar fue aprovechada por primera vez a los 10 meses después de establecida y luego en ciclos anuales. Para el presente estudio se estimó que una hectárea de banco forrajero de *C. argentea* + caña de

azúcar permite la suplementación de 15 vacas en producción (con genética de las razas pardo suizo y brahman) por 125 días durante la época seca (enero a mayo).

El manejo de banco comprende el corte, acarreo, picado y ofrecimiento del forraje al comedero. Esta operación demanda 2,64 horas día⁻¹ para suplementar 15 vacas, ofreciéndoles alrededor de 150 kg de materia fresca de *C. argentea* + caña de azúcar (59,06 kg de materia seca; 65% de caña de azúcar y 35% de *C. argentea*), el equivalente a 10 kg de biomasa fresca por vaca por día (3,94 kg de MS).

Además del banco forrajero proteico energético, la finca tuvo potreros con predominio de las especies jaragua (*Hyparrhenia rufa*), jengibrillo (*Paspalum notatum*) *Brachiaria brizantha*, *B. decumbens* y estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Antes de implementar el banco forrajero en el plan de alimentación la finca utilizó la suplementación de 4,9 kg de materia fresca de pollinaza (4,2 kg de MS) por vaca por día durante 125 días de la época seca.

Con los datos tomados se realizaron modelos financieros *ex ante* para conocer la rentabilidad, utilizando los indicadores VAN y TIR del sistema de alimentación con banco forrajero proteico energético en lugar de la suplementación con pollinaza. Para el banco se consideró una vida productiva de 10 años.

Costos de establecimiento, mantenimiento y utilización

Los costos de establecimiento, mantenimiento y utilización del banco forrajero para corte y acarreo de *C. argentea* equivalen a US\$1.133,95 y US\$351,06 ha⁻¹, respectivamente. Mientras para la caña de azúcar los montos fueron de US\$884 y US\$722 ha⁻¹, respectivamente. En *C. argentea*, aproximadamente un 73,06% del costo total de establecimiento corresponde a gastos por mano de obra y en caña un 28% (Cuadros 15 y 16).

Cuadro 15. Costo de establecimiento(US\$ ha⁻¹), mantenimiento(US\$ ha⁻¹ año⁻¹) y utilización del banco forrajero de *Cratylia argentea* para corte y acarreo, Esparza, Costa Rica (la siembra se realizó por medio de plántulas).

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo
Establecimiento			
Semilla	kg	5	150,00
Herbicida (glifosato)	litros	4	34,32
Fertilizantes (15-15-15)	kg	454,54	121,20
Llenado y siembra de bolsas	jornales*	19	128,64
Aplicación de herbicidas	jornales	8	63,33
Ahoyado y siembra	jornales	92	622,92
Aplicación de fertilizante	jornales	2	13,54
Total			1.133,95
Mantenimiento/ utilización			
Control de malezas manual	jornales	4	27,08
Podas de uniformización	jornales	6	40,62
Corte, acarreo, picado y ofrecimiento	jornales	25	169,30
Ensilaje (2.000 kg)	jornales	6,7	85,31
Electricidad			12,50
Sacos			16,25
Total			351,06

*Un jornal fue ajustado para seis horas día⁻¹ hombre⁻¹. Tasa de cambio: US\$1=480 colones costarricenses (agosto de 2005).

Fuente: Sánchez (2007).

Los bancos forrajeros de corte y acarreo tanto de leñosas como gramíneas demandan un alto número de jornales para el mantenimiento, el cual incluye control de malezas y la utilización para alimentar el ganado (corte, acarreo, picado y ofrecimiento). La demanda total para cumplir con estas operaciones es de 42 y 59 jornales ha⁻¹ año⁻¹ para la *Cratylia* y caña de azúcar, respectivamente. La mayoría de la mano de obra es para cumplir con las actividades de utilización del forraje para alimentar el ganado que corresponden al 78% y 88% del total para *Cratylia* y caña de azúcar, respectivamente. Lo anterior evidencia el impacto social de los bancos forrajeros por medio de una oferta de empleo importante en las comunidades rurales.

Cuadro 16. Costo de establecimiento (US\$ ha⁻¹), mantenimiento (US\$ ha⁻¹ año⁻¹) y utilización del banco forrajero de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para corte y acarreo, Esparza, Costa Rica.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo
Establecimiento			
Preparación del terreno	horas	6	100,00
Herbicidas (Glifosato)	litros	4	34,33
Semilla	toneladas	10	469,10
Mano de obra (siembra y aplicación de herbicidas)	jornales*	21	142,12
Total			745,55
Mantenimiento/ utilización			
Control de malezas manual	jornales	7	47,4
Corte, acarreo, picado y ofrecimiento	jornales	52	352,1
Electricidad			12,50
Total			412,00

* Un jornal fue ajustado a seis horas día⁻¹ hombre⁻¹. Tasa de cambio: US\$1= 480 colones costarricenses (agosto de 2005).

Fuente: Sánchez (2007).

Indicadores productivos y rentabilidad

La producción de leche bajo la suplementación de pollinaza fue de 4 kg vaca⁻¹ día⁻¹ y se incrementó a 5 kg vaca⁻¹ día⁻¹ con la alternativa de suplementación con el banco forrajero de *C. argentea* + caña de azúcar. Ambas estrategias de suplementación tuvieron como dieta basal potreros dominados por las especies jaragua, jengibrillo, brachiarias y estrella.

El Cuadro 17 presenta el análisis de inversión financiera de bancos forrajero de *C. argentea* + caña de azúcar a partir de pollinaza en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. El análisis financiero arrojó que la inversión en dicha tecnología es rentable con un VAN y una TIR de US\$362 ha⁻¹ y 17%, respectivamente. Lo cual refleja la importancia de la implementación de bancos forrajeros de corte y acarreo para la alimentación de vacas de doble propósito en la época seca.

La inversión de las tecnologías de alimentación se paga durante el año cinco, éste es un período relativamente largo que afecta el flujo de caja de las pequeñas y medianas fincas ganaderas, por lo qué para este tipo de innovaciones tecnológicas es importante analizar el uso de mecanismos

que ayuden a reducir el período de pago de la inversión como lo puede ser el uso de créditos con bajas tasas de interés o el PSA durante el período crítico.



Banco forrajero de corte y acarreo de *Orizyia argentea* y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) como estrategia de alimentación de ganado en períodos críticos como sequías o lluvias prolongadas.

Cuadro 17. Análisis financiero (US\$ ha⁻¹) del cambio de pollinaza a banco forrajero de *Cratylia argentea* + caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en Esparza, Costa Rica.

Cratylia + caña de azúcar	Años											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ingreso bruto												
Total ingreso bruto por venta de leche	2 100	2 625	2 625	2 625	2 625	2 625	2 625	2 625	2 625	2 625	2 625	2 625
Costo de inversión												
Establecimiento del banco	904,10											
Picadora de forraje	650,00											
Total costo de inversión	1 554,1											
Costos												
Pollinaza	450,96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mano de obra para mantenimiento del banco	0	481,35	481,35	481,35	481,35	481,35	481,35	481,35	481,35	481,35	481,35	481,35
Insumos para mantenimiento del banco	0	137,45	137,45	137,45	137,45	137,45	137,45	137,45	137,45	137,45	137,45	137,45
Electricidad	0	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Total costos	0	643,80	643,80	643,80	643,80	643,80	643,80	643,80	643,80	643,80	643,80	643,80
Ingreso neto	94,94	1 981,20	1 981,20	1 981,20	1 981,20	1 981,20	1 981,20	1 981,20	1 981,20	1 981,20	1 981,20	1 981,20
Suplementación con gallinaza												
Ingreso bruto												
Total ingreso bruto por venta de leche	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100
Costos												
Pollinaza	412,5	412,5	412,5	412,5	412,5	412,5	412,5	412,5	412,5	412,5	412,5	412,5
Mano de obra	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46	38,46
Total costos	450,96	450,96	450,96	450,96	450,96	450,96	450,96	450,96	450,96	450,96	450,96	450,96
Ingreso neto	1 649,04	1 649,04	1 649,04	1 649,04	1 649,04	1 649,04	1 649,04	1 649,04	1 649,04	1 649,04	1 649,04	1 649,04
Ingreso neto incremental cratylia vs pollinaza	-1554,1	332	332	332	332	332	332	332	332	332	332	332
Indicadores financieros												
VAN (US\$ ha⁻¹)	362,24											
TIR (%)	17%											

* VAN: Valor actual neto. TIR: tasa interna de retorno.

Banco forrajero de madero negro (*Gliricidia sepium*) manejado bajo corte y acarreo (López 2005)

Descripción del estudio

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la rentabilidad de bancos forrajeros de madero negro (*Gliricidia sepium*) en fincas ganaderas ubicadas en Rivas, Nicaragua. La zona en mención es clasificada como bosque seco tropical, con una altitud que varía entre 100 a 200 msnm, la precipitación pluvial promedio anual es de 1.400 mm distribuidos entre mayo y noviembre y una temperatura media anual de 27°C.

Se seleccionaron seis fincas para evaluar el impacto de los bancos forrajeros de madero negro como suplemento en la producción de leche. En estas fincas se llevó a cabo un monitoreo para recolectar información sobre los costos e ingresos a las fincas relacionadas con la implementación de bancos forrajeros. En cada finca la rentabilidad fue evaluada bajo los escenarios con proyecto (implementación de banco forrajero de madero negro) y sin el proyecto (sistema tradicional basado en pasturas solamente) por medio del indicador TIR. El análisis tomó 12 años como vida útil de la tecnología y consideró como costo de oportunidad de la tierra el equivalente a su alquiler para otros usos alternativos y el costo de oportunidad de la mano de obra familiar.

Costos de establecimiento, mantenimiento y utilización

El costo promedio de inversión del banco forrajero de madero negro fue de US\$458,98 ha⁻¹ (rango 329,8 a 640,0). El costo de mantenimiento y utilización fue de US\$123,78 ha⁻¹ año⁻¹ (rango 46,0 a 314,1) y US\$261,04 ha⁻¹ año⁻¹ (rango 175,0 a 490,0), respectivamente (Cuadro 18). Las variaciones entre fincas están relacionadas con la estrategia tecnológica aplicada para el establecimiento, mantenimiento y utilización. Por ejemplo, el costo del establecimiento tiende a ser más costoso cuando el área seleccionada presenta una densa vegetación leñosa y además las plantas son establecidas por medio de viveros. En el caso de la utilización, los costos serán más bajos para aquellos productores que lo ofrecen al ganado forraje entero sin picar.

Cuadro 18. Costos de establecimiento (US\$ ha⁻¹), mantenimiento y utilización (US\$ ha⁻¹ año⁻¹) del banco forrajero de madero negro (*Gliricidia sepium*) en fincas ganaderas de Rivas, Nicaragua.

Variable	Fincas					
	Francisco Gallegos	Noel Salinas	Armando Centeno	Ana Lacayo	Armando Aviles	Calixto Guillén
Costos de establecimiento	356,4	379,8	425,1	640,0	622,8	329,8
Costos de mantenimiento *	314,1	109,4	115,9	46,3	98,8	58,3
Costos de utilización **	306,3	175,0	490,0	175,0	245,0	175,0

* Costos relacionados con control de maleza, fertilización y podas de formación. ** Costos por corte, acarreo, picado y ofrecimiento en comederos al ganado. Tasa de cambio: US\$1=17,5 córdobas nicaragüenses (octubre 2005).

Fuente: López (2005).

Indicadores productivos y rentabilidad

La producción de leche en las fincas que implementaron bancos forrajeros de madero negro varió entre 1,3 y 4,7 kg vaca⁻¹ día⁻¹. La variación entre fincas estuvo asociada a diferencias como la genética de los animales y la calidad de las pasturas. En este sentido, las fincas que presentaron la mayor producción de leche por vaca tuvieron mayor grado de genética lechera (holstein o pardo suizo) y más del 70% de las pasturas fueron pasturas mejoradas como *Brachiaria* spp y estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Esto concuerda con lo señalado por Holmann y Estrada (1997), quienes reportan que la magnitud de la respuesta al uso de los bancos de proteínas como suplemento está condicionada por el potencial genético del rebaño para la producción de leche. En general, el suministro de forraje de la leñosa a las vacas incrementó la producción de leche en un 27%, comparado con el sistema tradicional que no utiliza suplementación alimenticia.

La TIR varió entre 7,3% y 16% en el grupo de fincas consideradas en el estudio que implementaron banco forrajero de madero negro (Cuadro 19). Esto indica que la implementación no sería rentable si los productores tuvieran que tomar créditos con tasas mayores a 7,3% y 16%, respectivamente, para cubrir los gastos de la inversión. El período de recuperación de la inversión en bancos de madero negro fue entre uno y ocho años. La TIR como el tiempo de recuperación de la inversión depende

de los costos iniciales de inversión y de la eficiencia en la producción de leche. En este sentido, las fincas con las mayores TIR (13% y 16%) fueron aquellas con menor costo de establecimiento de la tecnología y mayor producción de leche por vaca. Estas fincas son las que logran recuperar la inversión en un período de uno y cinco años, respectivamente.

Cuadro 19. Producción de leche y tasa interna de retorno (TIR) de fincas con bancos forrajeros de madero negro (*Gliricidia sepium*) en Rivas, Nicaragua.

Indicador	Fincas					
	Francisco Gallegos	Noel Salinas	Armando Centeno	Ana Lacayo	Armando Aviles	Calixto Guillén
Producción de leche vendible (kg vaca ⁻¹ día ⁻¹)	4,77	3,44	3,64	1,30	2,93	2,41
TIR (%)	16,0	13,0	12,0	11,0	9,0	7,3

TIR: tasa interna de retorno. Tasa de cambio: US\$1=17,5 córdobas nicaragüenses (octubre de 2005).

Fuente: López (2005).

Los Cuadros 20 y 21 contienen el análisis financiero de la implementación del banco forrajero de *G. sepium* en las fincas de los productores Francisco Gallegos y Noel Salinas, similar proceso se llevó a cabo en las otras cuatro fincas. Dichas fincas son las que presentaron las mejores respuestas en producción de leche por vaca y TIR, lo cual se debe a la innovación tecnológica implementada en términos de establecimiento y manejo de pasturas mejoradas, uso de bancos forrajeros de *G. sepium* para la suplementación alimenticia del ganado en la época seca y la selección de vacas por su producción de leche. Es evidente que para potenciar el efecto de los sistemas silvopastoriles es importante el mejoramiento de los otros componentes de las fincas tales como las pasturas, la genética, la salud animal y la gerencia administrativa.

El uso del banco de forraje permitió reducir los costos de producción y aumentó la disponibilidad de forraje de mayor calidad en la época seca, esto último en conjunto con el buen manejo de las pasturas mejoradas contribuyó a incrementar la carga animal de la finca con más de 2,0 UA ha⁻¹. Por otro lado, el sistema genera beneficios sociales ya que ofrece mayores oportunidades de empleo para la mano de obra local en comparación a los sistemas tradicionales a base de solo pastoreo.

Es importante resaltar que a pesar de que los bancos forrajeros de madero negro son rentables, esta rentabilidad y adopción es muy sensible al aumento en el precio de la mano de obra y a la reducción en el precio de la leche. Por ejemplo, se determinó que si el costo de la mano de obra aumenta un 30%, la TIR se reduce en las fincas en una escala de 3% a 9%. Bajo esas condiciones la mayoría de productores corren riesgo al establecer bancos forrajeros de leñosas y podrían optar por buscar otras alternativas de suplementación más rentables como concentrado comercial o pollinaza. Igualmente, si el precio de la leche se reduce en un 30% los bancos forrajeros dejan de ser rentables para algunas de las fincas del estudio.



Banco de madero negro (*Glyricidia sepium*) manejado bajo corte y abarreo.

Cuadro 20. Análisis financiero (US\$ finca⁻¹) de la implementación de un banco forrajero de *Gliricidia sepium* en la finca de Francisco Gallegos en Rivas, Nicaragua.

Con proyecto	Años												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingreso bruto													
Total ingreso bruto por venta de leche		9 593,75	11 907,945	11 907,945	11 907,945	11 907,945	11 907,945	11 907,945	11 907,945	11 907,945	11 907,945	11 907,945	11 907,945
Costos de inversión	356,35												
Costos													
Corte, acarreo y distribución		306,25	306,25	306,25	306,25	306,25	306,25	306,25	306,25	306,25	306,25	306,25	306,25
Aplicación de herbicidas		4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38
Chapias		33,13	33,13	33,13	33,13	33,13	33,13	33,13	33,13	33,13	33,13	33,13	33,13
Aplicación de estiércol		76,56	76,56	76,56	76,56	76,56	76,56	76,56	76,56	76,56	76,56	76,56	76,56
Combustible		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Insumos alimenticios		3 732,52	3 732,52	3 732,52	3 732,52	3 732,52	3 732,52	3 732,52	3 732,52	3 732,52	3 732,52	3 732,52	3 732,52
Total costos		4 352,83	4 352,83	4 352,83	4 352,83	4 352,83	4 352,83	4 352,83	4 352,83	4 352,83	4 352,83	4 352,83	4 352,83
Ingreso neto	-356,35	5 240,92	7 555,12	7 555,12	7 555,12	7 555,12	7 555,12	7 555,12	7 555,12	7 555,12	7 555,12	7 555,12	7 555,12
Sin proyecto													
Ingreso bruto													
Total ingreso bruto por venta de leche		9 593,75	9 593,75	9 593,75	9 593,75	9 593,75	9 593,75	9 593,75	9 593,75	9 593,75	9 593,75	9 593,75	9 593,75
Costos													
Insumos alimenticios		6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90
Total costos		6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90	6 981,90
Ingreso neto		2 612,00	2 612,00	2 612,00	2 612,00	2 612,00	2 612,00	2 612,00	2 612,00	2 612,00	2 612,00	2 612,00	2 612,00
Ingreso neto incremental	-356,35	2 628,92	4 943,12	4 943,12	4 943,12	4 943,12	4 943,12	4 943,12	4 943,12	4 943,12	4 943,12	4 943,12	4 943,12
Indicador financiero													
TIR (%) ^{**}	16												

^{*}El precio de la leche fue de \$US 0,25 kg⁻¹ en el período de estudio. ^{**} TIR: tasa interna de retorno.

Fuente: López (2005).

Cuadro 21. Análisis financiero (US\$ finca⁻¹) de la implementación de un banco forrajero de *Girardinia septum* en la finca de Noel Salinas en Rivas, Nicaragua.

Con proyecto	Años												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingreso bruto													
Total ingreso bruto por venta de leche*		1 200,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00
Costos de inversión	379,79												
Costos													
Corte, acarreo y distribución		175,00	175,00	175,00	175,00	175,00	175,00	175,00	175,00	175,00	175,00	175,00	175,00
Aplicación de herbicidas		4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38
Chapias		35,01	35,01	35,01	35,01	35,01	35,01	35,01	35,01	35,01	35,01	35,01	35,01
Podas		43,75	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75	43,75
Aplicación de estiércol		26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25	26,25
Insumos alimenticios		199,15	199,15	199,15	199,15	199,15	199,15	199,15	199,15	199,15	199,15	199,15	199,15
Total costos		483,53	483,53	483,53	483,53	483,53	483,53	483,53	483,53	483,53	483,53	483,53	483,53
Ingreso neto	-379,79	716,47	1 016,47	1 016,47	1 016,47	1 016,47	1 016,47	1 016,47	1 016,47	1 016,47	1 016,47	1 016,47	1 016,47
Sin proyecto													
Ingreso bruto													
Total ingreso bruto por venta de leche		1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00	1 200,00
Costos													
Insumos alimenticios		323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33
Total costos		323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33	323,33
Ingreso neto		876,67	876,67	876,67	876,67	876,67	876,67	876,67	876,67	876,67	876,67	876,67	876,67
Ingreso neto incremental	-379,79	-160,20	139,80	139,80	139,80	139,80	139,80	139,80	139,80	139,80	139,80	139,80	139,80
Indicador financiero													
TIR (%)	13												

*El precio de la leche fue de US\$ 0,25 kg⁻¹ en el período de estudio. ** TIR: tasa interna de retorno.

Fuente: López (2005).

Banco forrajero de leucaena (*Leucaena leucocephala*) para ramoneo (Turcios 2008)

Descripción del estudio

El objetivo del estudio fue evaluar la suplementación del banco de leucaena para ramoneo sobre la producción de leche en vacas doble propósito en la zona de El Chal, Petén, Guatemala. La zona es clasificada como bosque húmedo tropical, con una altitud de 123 msnm, la precipitación promedio anual es de 1.796 mm y una temperatura media anual de 26°C. En muchos casos, el ganado de la zona se encuentra en una situación de subalimentación, especialmente durante el período seco, pues prácticamente no se tienen estrategias de alimentación suplementaria o complementaria (por ejemplo, conservación de forrajes, bancos forrajeros de leñosas y/o gramíneas) para los períodos de escasez de forrajes.

Para conocer el efecto de la leucaena en la producción de leche fue establecido un ensayo en tres fincas. El ensayo tuvo dos sistemas de alimentación: 1) pastoreo + acceso a banco de leucaena para ramoneo de tres a cinco horas y 2) solo pastoreo. Los potreros estuvieron dominados por las especies de pasto *Brachiaria brizantha* y *B. decumbens*, especies que también estuvieron presentes en el banco de leucaena. El banco de leucaena se estableció en un potrero donde ya había pasto establecido con las especies referidas anteriormente. El tamaño del banco de leucaena fue de una hectárea y se utilizó un año después de su establecimiento. La densidad de plantas fue mayor a 15.000. En este ingresaban 25 vacas en producción durante cinco a siete días cada 30 a 35 días.

En cada finca se seleccionaron cinco vacas en producción, lo más uniforme posible en edad, edad de lactancia, número de partos, genética (perfil racial) y manejo en finca. Estas cinco vacas fueron evaluadas en los dos sistemas de alimentación ya que no todo el tiempo tuvieron acceso a la leucaena. En el ensayo se midieron variables como consumos de alimento, producción de leche por vaca, producción de leche por hato y calidad de la leche. Sin embargo, en este estudio de caso solo se hará referencia a la producción de leche por vaca.

Los registros de producción de leche se llevaron a cabo en el inicio de la época seca, en el término medio de la época seca, en el inicio de lluvias y

término medio del período de lluvias. En cada período, la producción de leche se registró en un ciclo de cada sistema de alimentación. La duración del ciclo varió en cada finca, pero el criterio fue registrar la producción de leche en la segunda mitad del tiempo que duró cada ciclo. Por ejemplo, si el período del sistema de pastoreo + acceso a banco de leucaena para ramoneo fue de seis días, tres días fueron de adaptación y tres de toma de datos.

Los datos fueron analizados para conocer la producción de leche por vaca y la rentabilidad de cada sistema de alimentación en términos de VAN y TIR, considerando 12 años como período de vida útil del banco forrajero.

Costos de establecimiento y mantenimiento

Los costos de establecimiento y mantenimiento del banco de leucaena equivalen a US\$718,49 y US\$28 ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 22). El costo de establecimiento del banco de leucaena no incluye el monto de la pastura ya que esta fue establecida anteriormente; sin embargo, para la zona representa un costo de aproximadamente US\$200,00 ha⁻¹. El costo de mantenimiento está relacionado con la poda de uniformización del banco de leucaena (generalmente entre 0,8 a 1 m de altura) para eliminar tejido vegetal dañado y para estimular a la planta a una mayor producción y calidad de forraje. Esta práctica suele suceder en las fincas cada uno o dos años.

Indicadores productivos y rentabilidad

La producción promedio de leche experimentó un cambio importante de 3,72 a 4,34 kg vaca⁻¹ día⁻¹ cuando las vacas estuvieron a solo potrero y potrero + banco de leucaena, respectivamente. Además, se incrementó la carga animal al cambiar del sistema de alimentación de solo potrero al sistema con acceso a la suplementación con banco forrajero de leucaena. El mayor efecto de la suplementación del banco de leucaena en la producción de leche ocurrió en pleno período de lluvias, porque las vacas mostraron un incremento en la producción de leche del 23,8 % en comparación al manejo de solo potrero sin acceso al banco de leucaena. Esto se debe a que las vacas con acceso al banco de leucaena tienen una mayor disponibilidad de nutrientes para satisfacer las funciones de mantenimiento y producción. También, que la leucaena es apetecida en todo momento por el ganado en comparación a otras leñosas forrajeras que solo son consumidas en alto grado en la época crítica de disponibilidad de pasto.

Cuadro 22. Costo de establecimiento (US\$ ha⁻¹) y mantenimiento (US\$ ha⁻¹ año⁻¹) de un banco de *Leucaena leucocephala* en el Petén, Guatemala.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo
Establecimiento			
Herbicida glifosato	litros	6,14	59,19
Herbicida 2-4D	litros	5,00	24,11
Semilla de leucaena	kg	6,00	92,98
Protección de semilla de leucaena contra insectos y hongos	kg	0,21	9,47
Control de zompopos con mirex	kg	0,29	3,44
Insecticida biológico	litros	1,62	53,81
Fertilizante 20-20-0	kg	117,00	55,10
Alambre de púas para protección del banco	rollos*	4,00	82,65
Grapas para protección del banco	kg	5,00	6,20
Cuerda o pita para marcar	unidades	2,6	3,10
Mano de obra (limpieza de terreno, control de malezas y podas de formación de la leucaena)	jornales**	68,00	328,44
Total			718,49
Mantenimiento			
Poda	jornales	5,00	28,00
Total			28,00

* Un rollo tiene 336 metros de longitud. ** El jornal equivale a ocho horas día⁻¹ hombre⁻¹ a un costo de US\$5,25. Tasa de cambio: \$US1= 7,58 quetzales (setiembre de 2008).

Fuente: Turcios (2008).

El Cuadro 23 presenta los indicadores de rentabilidad de tres fincas que implementaron bancos forrajeros de leucaena para ramoneo como complemento de la dieta base de pasto *Brachiaria brizantha* y *B. decumbens*. Los indicadores fueron positivos, lo que refleja que la inversión en este tipo de sistema silvopastoril es rentable. Asimismo, en el Cuadro 24 se detalla el análisis financiero de la finca del señor Basilio Cardona, la cual tuvo los mayores indicadores financieros que las otras dos fincas. Por otro lado, en dicha finca se encontró que la inversión se recupera en un período de cuatro años, y tal como se mencionó anteriormente, se requiere de un sistema de incentivo para reducir el período de repago.

Cuadro 23. Resumen de indicadores de rentabilidad en fincas que implementaron el sistema silvopastoril del banco forrajero de *Leucaena leucocaphala* para ramoneo como suplemento alimenticio en fincas ganaderas de El Chal, Petén, Guatemala.

Indicador	Fincas		
	Basilio Cardona	Alvaro Solares	Juan Ramirez
VAN (US\$ ha ⁻¹)	1.277,96	508.27	190.00
TIR (%)	28,00	22,00	17,00

*VAN: Valor actual neto. TIR: tasa interna de retorno.

Fuente: Turcios (2008).



Banco forrajero de leucaena (*Leucaena leucocaphala*) manejado bajo ramoneo.

Cuadro 24. Análisis financiero (US\$ ha⁻¹) en la implementación del banco forrajero para ramoneo de *Leucaena leucocephala* en la finca del señor Basilio Cardona en el Pután, Guzmala.

Sistema pastura en monocultivo	Años												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingreso bruto													
Ingreso por venta de leche	151,68	303,36	303,36	303,36	303,36	303,36	288,20	273,03	257,86	242,69	227,52	212,35	197,19
Ingreso por venta de carne	70,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	133,00	126,00	119,00	112,00	105,00	98,00	91,00
Total ingreso bruto	221,68	443,36	443,36	443,36	443,36	443,36	421,20	399,03	376,86	354,69	332,52	310,35	288,19
Costos													
Establecimiento de la pastura	300,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manejo de la pastura	0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0
Reparación de cercas	0	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Manejo del ganado	23,09	46,17	46,17	46,17	46,17	46,17	46,17	46,17	46,17	46,17	46,17	46,17	46,17
Manejo sanitario del ganado	25,10	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19
Total costos	348,19	172,36	172,36	172,36	172,36	172,36	172,36	172,36	172,36	172,36	172,36	172,36	172,36
Ingreso neto	-126,50	271,00	271,00	271,00	271,00	271,00	248,83	226,66	204,50	182,33	160,16	137,99	115,82
Sistema leucaena + pasto													
Ingreso bruto													
Ingreso por venta de leche	0	606,73	606,73	606,73	606,73	606,73	606,73	606,73	594,59	582,46	570,32	558,19	546,06
Ingreso por venta de carne	0	151,20	151,20	151,20	151,20	151,20	151,20	151,20	148,18	145,15	142,13	139,10	136,08
Total ingreso bruto	0	757,93	757,93	757,93	757,93	757,93	757,93	757,93	742,77	727,61	712,45	697,29	682,14
Costos													
Establecimiento del banco de leucaena	918,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manejo del sistema		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Poda de la leucaena		42,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
Reparación de cercas		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Manejo del ganado		70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Manejo sanitario del ganado		50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19	50,19
Total costos	918,49	202,19	188,19	188,19	188,19	188,19	188,19	188,19	188,19	188,19	188,19	188,19	188,19
Ingreso neto	-918,49	555,74	569,74	569,74	569,74	569,74	569,74	569,74	554,58	539,42	524,26	509,10	493,95
Ingreso neto incremental	-1044,99	284,74	298,74	298,74	298,74	298,74	320,91	343,07	350,08	357,09	364,10	371,11	371,11
Indicadores financieros													
VAN (US\$ ha⁻¹)	1277,96												
TIR (%)	28												

*VAN: valor actual neto. TIR: tasa interna de retorno.

Fuente: Turcios (2008).

Banco forrajero de leucaena (*Leucaena leucocephala*) para ramoneo y pastoreo (Jiménez 2007)

Descripción del estudio

En esta investigación fue comparada la ganancia de peso de terneros destetados entre el sistema silvopastoril banco forrajero de leucaena para ramoneo y pastoreo y el sistema tradicional de pastoreo con suplementación de pollinaza. El banco forrajero estuvo conformado por la leñosa *Leucaena leucocephala* en asocio con el pasto *Brachiaria brizantha*. Mientras en el sistema tradicional, el potrero tuvo igualmente el pasto anterior.

Este estudio se llevó a cabo en una finca ganadera de doble propósito, ubicada en Esparza, Costa Rica. El área de estudio corresponde a una zona de vida bosque subhúmedo tropical, con una altitud que varía entre 50 a 1.000 msnm, la precipitación pluvial oscila entre 1.500 a 2.000 mm por año y una temperatura media anual de 27°C. Además, existe una marcada sequía estacional entre enero y mayo.

La finca estableció el banco forrajero de leucaena para pastoreo y ramoneo en una área de 1,76 ha y se utilizó un año y medio después de su establecimiento. El diseño del sistema silvopastoril fue de surcos dobles separados a 3 m, la distancia entre surcos fue de 1 m y entre plantas de 0,5 m., con lo cual se logra una densidad de 10.000 plantas ha⁻¹. El pasto fue sembrado un año después del establecimiento de la leucaena. El sistema silvopastoril fue dividido en ocho apartos de 2.200 m² cada uno por medio de cercas eléctricas con dos hilos de alambre galvanizado. Igual número de apartos fueron diseñados para el sistema tradicional.

Para el ensayo fueron seleccionados 12 terneros destetados: seis para el sistema de banco forrajero para ramoneo y pastoreo y seis para el sistema tradicional de pastoreo de *B. brizantha* con suplementación de pollinaza. Los terneros tuvieron una genética con predominio de las razas brown swiss y brahman, con una edad promedio de 12 meses y peso vivo promedio de 194 kg. El manejo de ambos sistemas en estudio fue por medio de un sistema de pastoreo rotacional. En la época seca, se tuvo un período de ocupación de seis días y de descanso de 42 días; mientras en la época de lluvias fue siete y 49 días el período de ocupación y descanso, respectivamente. En el sistema tradicional, los terneros recibieron una

suplementación de pollinaza de 3,99 kg de materia fresca ternero⁻¹ día⁻¹ en la época seca (3,42 kg de materia seca) y de 1,71 kg de materia fresca ternero⁻¹ día⁻¹ (1,47 kg de materia seca) en la época de lluvias.

En los terneros fue monitoreado el peso vivo de inicio en el ensayo y luego mensualmente. Al final con los datos levantados se calculó la ganancia diaria de peso vivo por animal y la ganancia total de peso vivo por animal en el período de estudio. También, se realizaron análisis financieros para determinar la TIR y el VAN al pasar del sistema tradicional al sistema mejorado con leucaena.

Costos de establecimiento y mantenimiento

El costo de establecimiento y mantenimiento del banco forrajero de leucaena equivale a US\$1.074 y US\$21,51 ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 25). El costo de establecimiento es alto y repercute en la adopción de este tipo de sistema silvopastoril. Sin embargo, existen estrategias como la siembra de cultivos acompañantes como maíz (*Zea mays*) o frijol (*Phaseolus vulgaris*) en el período de establecimiento del banco forrajero para reducir o cubrir totalmente los costos de establecimiento de la leñosa. En este sentido, Cruz y Nieuwenhuyse (2008) en un estudio en el Petén, Guatemala, reportan que el cultivo de maíz cubrió los costos de establecimiento del banco forrajero de leucaena y generó una ganancia de US\$58 ha⁻¹ para el productor.

Indicadores productivos y rentabilidad

En el Cuadro 26 se presentan los indicadores productivos y de rentabilidad por el cambio de tecnología de alimentación del ganado. La ganancia diaria de peso vivo fue similar en los diferentes sistemas de alimentación. Sin embargo, el banco forrajero de leucaena es una estrategia de alimentación con recursos de la finca y enmarcada dentro del contexto de producción sostenible. Con ello se evita la dependencia de insumos externos que varían en disponibilidad, calidad y precios. Además, con el uso de pollinaza se podría comprometer la salud animal y pública, incluso la calidad de la canal. Este último punto amerita mayor atención en las futuras investigaciones con sistemas silvopastoriles. Los resultados de un análisis financiero indican que la implementación del banco forrajero para ramoneo y pastoreo es rentable.

Cuadro 25. Costo de establecimiento (US\$ ha⁻¹) y mantenimiento (US\$ ha⁻¹ año⁻¹) de un banco de leucaena en asocio con pasto mejorado en Esparza, Costa Rica.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo
Establecimiento			
Preparación mecanizada del terreno	horas	5,5	120,0
Herbicidas (glifosato)	litros	4,7	35,22
Alambre de púas (protección del banco)	rollos	1	36,0
Grapas	kg	1,0	1,76
Semilla de leucaena	kg	2,26	32,89
Fertilización (20-20-0)	kg	135,0	150,0
Mano de obra	jornales	60	698,92
Subtotal leucaena			1.074,79
Establecimiento de pasto			226,0
Total establecimiento			1.300,79
Mantenimiento			
Poda*	jornales	2,0	21,51
Total mantenimiento			21,51

* La poda inicia a partir del segundo año de establecida. Tasa de cambio: US\$1=550 colones costarricenses (setiembre de 2008). El jornal fue ajustado para seis horas día⁻¹ hombre⁻¹.

Cuadro 26. Indicadores productivos y de rentabilidad por el cambio de tecnología de alimentación del ganado en Esparza, Costa Rica.

Indicador ¹	Sistema de alimentación	
	Pastoreo + pollinaza	Banco forrajero de leucaena para ramoneo y pastoreo
Carga animal (UA ha ⁻¹)	1,9	2,13
Ganancia de peso (kg animal ⁻¹ día ⁻¹)	0,57	0,58
VAN (US\$ ha ⁻¹)		480
TIR (%)		33

* VAN: valor actual neto. TIR: tasa interna de retorno.

Fuente: Jiménez (2007).



Banco forrajero de leucaena (*Leucaena leucocephala*) manejado bajo ramoneo y pastoreo.

Barreras que limitan la adopción de sistemas silvopastoriles

A pesar de los muchos beneficios que brindan los sistemas silvopastoriles, existe también una cantidad de factores que constituyen una barrera a la adopción y difusión de dichos sistemas en América Central y en otras regiones del mundo. Para reducir estas barreras, es importante que se promueva tecnologías silvopastoriles que se ajustan a las condiciones socioeconómicas y ecológicas de cada lugar.

Un riesgo conocido en la adopción de sistemas silvopastoriles lo constituye la inversión en términos de capital, mano de obra y el relativo largo tiempo de espera durante el establecimiento. Los sistemas donde se establecen árboles en potreros o bancos forrajeros de ramoneo requieren el no uso de la pastura durante el establecimiento del componente silvopastoril. Esto puede tener impactos negativos sobre la producción animal—y consecuentemente sobre el ingreso de la finca—si el productor no cuenta con alternativas alimenticias, lo que crea un desincentivo de implementar estas tecnologías (Dagang y Nair 2003). Muchas opciones forrajeras tienden a ser más rentables en fincas pequeñas donde existe abundante mano de obra familiar con un bajo costo de oportunidad, ya que el 41% al 72% del costo total de establecimiento de estas opciones lo representa la mano de obra (Holmann 2002).

El problema de la falta de recursos económicos está agravado por la carencia de conocimiento de los finqueros sobre los beneficios locales ofrecidos por los sistemas silvopastoriles, tales como la reducción en la dependencia de los fertilizantes químicos y pesticidas, ahorro en agua para irrigación, protección del suelo y aumento de la fertilidad, y el potencial de ingresos adicionales provenientes de la cosecha de frutas, leña y madera (Pagiola et al. 2004). Otros factores identificados como limitantes en la adopción de sistemas silvopastoriles son la incertidumbre en los mercados, la pobre genética de los animales, la falta de servicios de asistencia técnica, poca experiencia en ganadería, bajos índices de escolaridad e incentivos

para inversión en ganadería amigable con el ambiente (Alonzo et al. 2001, López et al. 2007).

Existen una serie de factores a tomar en cuenta para aumentar el nivel de adopción de los sistemas silvopastoriles: 1) los objetivos del productor y acceso a los recursos; 2) identificación y manejo de especies que ofrezcan múltiples productos (conocimiento local); 3) uso de cultivos acompañantes durante el establecimiento de árboles; 4) selección de sistemas silvopastoriles dependiendo del grado de degradación de la pastura. Adicionalmente, es importante que el productor asuma que el problema principal no es la baja productividad de los pastizales, sino la consecuencia de un manejo ineficiente de los recursos (Dagang y Nair 2003).



Promoción de sistemas silvopastoriles con créditos verdes.

Mecanismos que contribuyen con la adopción de sistemas silvopastoriles

Existen experiencias sobre herramientas que han motivado la adopción de sistemas silvopastoriles tales como pago por servicios ambientales, créditos verdes y la capacitación participativa de productores por medio de la metodología de escuelas de campo. Cada una de las herramientas tiene un nicho específico de acción: por ejemplo, el pago por servicios ambientales se puede implementar en zonas críticas para la conservación de recursos naturales (bosques para conservación de fuentes de agua o zonas de amortiguamiento de áreas protegidas para la conservación de biodiversidad) y de esa manera lograr sus sostenibilidad en el tiempo.

Para lograr una mayor replicación de los sistemas silvopastoriles, se debe pensar en estrategias de desarrollo integral que busquen la complementariedad de las estrategias en referencia, ya que una por si sola no cumplirá dicho cometido. En este sentido, es importante la capacitación y la asistencia técnica como eje transversal en el pago por servicios ambientales y el crédito, con el fin de asegurar la mayor cantidad y calidad de cambios adoptados por los productores.

Pago de servicios ambientales en fincas ganaderas

El Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas fue ejecutado en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. El proyecto trabajó en promover sistemas silvopastoriles y usos de la tierra para la conservación en fincas ganaderas, por medio del pago de servicios ambientales. El objetivo fue mejorar el bienestar de las familias rurales y la generación de servicios ambientales globales como la conservación de la biodiversidad y captura de carbono.

Los servicios ambientales para la conservación de biodiversidad y captura de carbono son externalidades positivas que no son consideradas por los productores en la toma de decisiones durante el diseño de planes de fincas. Esto reduce la probabilidad de adopción de prácticas que generan tales beneficios, incluyendo los sistemas silvopastoriles. El reconocimiento de este problema ha resultado en el desarrollo de sistemas en los cuales se les paga a los productores por los servicios que ellos generan. La simple lógica del pago por servicios ambientales radica en incentivar a los productores para que adopten los usos de la tierra con mayor potencial para la generación de servicios ambientales (Pagiola et al. 2004).

En cada uno de los países donde se llevó a cabo el proyecto fueron seleccionadas alrededor de 135 fincas ganaderas distribuidas en tres grupos: 1) fincas control (sin pago ni asistencia técnica), 2) fincas con pago y 3) fincas con pago más asistencia técnica. La metodología del pago por servicios ambientales en fincas ganaderas se explica con más detalle en Murgueitio et al. (2003).

En Colombia, los sistemas silvopastoriles de mayor adopción en fincas ganaderas fueron los bancos forrajeros de leucaena para ramoneo y pastoreo y las cercas vivas. En Costa Rica y Nicaragua fueron las pasturas mejoradas con árboles y las cercas vivas. En los tres países los cambios adoptados partieron en su mayoría de pasturas degradadas y cercas muertas, respectivamente. Es evidente que los productores seleccionaron aquellos usos con enfoque productivo y que paralelamente pueden contribuir con la conservación de la biodiversidad, en varios niveles, según la complejidad en estructura y diversidad (Casasola et al. 2007, Zapata et al. 2007).

Créditos verdes

El crédito verde es una estrategia diseñada y ejecutada por el Fondo de Desarrollo Local (FDL) en Nicaragua. Dicha organización cuenta con una red de 32 sucursales en 14 departamentos de Nicaragua. El FDL trabaja de manera paralela con el Instituto de Investigación y Desarrollo (Nitlapan) de la Universidad Centroamericana. El objetivo es facilitar el crédito como factor de política importante para reducir la pobreza y promover el espíritu empresarial entre los agricultores.

El FDL dentro de la línea de créditos agropecuarios cuenta con los siguientes productos financieros: crédito individual, crédito solidario, engorde de novillos y paquete verde. Este último está encaminado a desarrollar una ganadería competitiva y amigable con el ambiente por medio de una tasa de interés del 43% menor que la tasa comercial en el país. La parte de capacitación, asistencia técnica y gestión de la comercialización de los productos es cubierta por Nitlapan por medio de la metodología de escuelas de campo. Este servicio es pagado por el productor: 60% lo financia FDL y el 40% lo financia Nitlapan por medio de sus proyectos.

Los productores interesados deben cumplir con una serie de requisitos tales como llenar la aplicación; tener la escritura de propiedad de la finca; cumplir con un curso básico de entrenamiento sobre producción animal sostenible, el cual es diseñado y ejecutado por los técnicos de Nitlapan; diseñar el plan de innovaciones en la finca con los recursos del crédito, y propios si es el caso. El plan debe contemplar al menos una buena práctica agropecuaria que contribuya con la conservación de los recursos naturales (por ejemplo, sistemas silvopastoriles, manejo de desechos-orgánicos, captación y distribución del recurso agua, etc.).

El FDL tiene una cartera mayor a US\$52 millones y más de 78.000 clientes, de los cuales el 63% son créditos agropecuarios. Esto la convierte en la institución de crédito rural más grande de Nicaragua. Los niveles de recuperación de los créditos son buenos ya que se tiene un promedio de 90,7% de repago de la cartera (FDL 2008).

Escuelas de campo

A fines del año 2003, el CATIE con el apoyo financiero del gobierno de Noruega, y con la participación de una red de socios locales (instituciones gubernamentales, ONG, instituciones de enseñanza, grupos de productores), inició la aplicación de la metodología de escuelas de campo para agricultores (ECA) en el proyecto “Desarrollo Participativo de Alternativas de Uso Sostenible de la Tierra en Áreas de Pasturas Degradadas en América Central”. Este proyecto se desarrolló con productores ganaderos en tres zonas piloto de Guatemala, Honduras y Nicaragua (El Chal, Petén; Olanchito, Yoro y Muy Muy, Matagalpa, respectivamente), enfatizando el mejoramiento de sistemas ganaderos de

pequeños y medianos productores a través de la búsqueda de formas de uso sostenible de la tierra en áreas de pasturas degradadas, aplicando métodos participativos de experimentación y aprendizaje grupal.

Las ECA son una metodología de capacitación vivencial basada en los principios de educación de adultos. Esta metodología está orientada en el aprendizaje por descubrimiento por medio de la observación y experimentación, el análisis grupal de resultados y la toma de decisiones, con el fin de desarrollar la capacidad gerencial en los productores y sus familias. Las ECA se enfocan en temas que son relevantes para los productores y están orientadas en la solución de problemas y en la generación de impactos en el mejoramiento del nivel de vida de las familias productoras.

Generalmente, las ECA incluyen un grupo de 20 a 30 productores que se reúnen regularmente durante un tiempo definido para validar/aprender nuevas opciones de producción con la ayuda de un facilitador. En los cultivos la duración de la ECA corresponde al ciclo completo desde la preparación del suelo hasta la postcosecha. En el caso del proyecto del CATIE con productores ganaderos en América Central los grupos estuvieron constituidos por 15 a 25 jefes o jefas de familia, pero además se promovió la participación de los cónyuges, los hijos y otros miembros del hogar, pues se reconoce que todos participan en el proceso de toma de decisiones. Es más, en algunos casos, los adultos son analfabetos y los niños y jóvenes ayudan en el registro de información (Pezo et al. 2007).

Por otra parte, según la experiencia del proyecto, la implementación de las ECA con familias ganaderas definitivamente tiene un impacto mayor que la capacitación tradicional⁴. Cuando se comparan las dos formas de capacitación para productores, el proyecto concluyó que en un ciclo de unos dos años se logra lo siguiente:

- Se mejoran las habilidades y destrezas para reconocer las limitantes y oportunidades.
- Frecuentemente hay un cambio en la actitud de innovación o de experimentación del productor o la productora que participa activamente en la ECA.

⁴ Capacitación tradicional es una mezcla un poco al azar de la charla y las visitas del técnico o especialista, quienes dicen o explican al productor cómo mejorar su actividad productiva a través de la adopción de alguna tecnología.

- Los participantes adquieren más destrezas para captar aprendizajes de otras experiencias y para exponer sus propias experiencias (se dan cuenta que las acciones de capacitación no son una pérdida de tiempo).
- Los datos que ellos recolectan sobre costos e impactos en su producción, le sirven de apoyo para la toma de sus decisiones y para ajustar las prácticas que probaron o conocieron en visitas a fincas. Además, les posiciona mejor como promotores.
- Las visitas de intercambio ejercen una presión positiva sobre los compromisos de las familias de los productores para asistir a las capacitaciones y para trabajar sobre acuerdos específicos en sus parcelas como parte de los compromisos con el grupo.
- Los productores se dan cuenta que ellos pueden ser fuente de cambio en su comunidad y que deben de compartir algunos bienes o material vegetativo con otros.
- Los cambios en la finca no resultan “un regalo”, sino son resultados del compromiso de la familia del productor (Aguilar et al. 2009).



Capacitación participativa con escuelas de campo para motivar la adopción de usos sostenibles de la tierra.

Consideraciones finales

Los sistemas silvopastoriles predominantes en fincas ganaderas son los tradicionales de árboles dispersos en potreros y cercas vivas. Mientras, los sistemas silvopastoriles mejorados como los bancos forrajeros de leñosas para corte y acarreo, ramoneo o ramoneo + pastoreo tienen una menor presencia en las fincas ganaderas.

Los sistemas silvopastoriles bien diseñados y manejados tienen un potencial para mejorar los indicadores económicos, sociales y ambientales de las fincas ganaderas y el paisaje, los cuales son pilares fundamentales para lograr la producción animal sostenible.

Existe una baja adopción de los sistemas silvopastoriles mejorados (por ejemplo, bancos forrajeros de leñosas), debido al alto costo de establecimiento, alta demanda de mano de obra, poco o ningún conocimiento del sistema y la falta de modelos de finca exitosos en las diferentes zonas agroecológicas. Sin embargo, este tipo de sistemas tienen un potencial para la intensificación de la producción animal y con ello la liberación de zonas críticas en fincas ganaderas (zonas de recarga hídrica, fuentes de agua, zonas frágiles a deslizamientos, otras).

Para la replicación de los sistemas silvopastoriles se necesitan políticas locales, regionales y nacionales que logren los mayores beneficios para los grupos sociales de los territorios. En este sentido, existen herramientas que han logrado impacto en la adopción de sistemas silvopastoriles como los son el pago por servicios ambientales y los créditos verdes con el acompañamiento de programas de capacitación y asistencia técnica.

Bibliografía

- Aguilar, A; Cruz, J; Pezo, D; Flores, JC; Nieuwenhuys, A; Piniero, M. 2009. ¿Cómo trabajar con familias ganaderas y sus instituciones para lograr una ganadería sostenible y más productiva? Las experiencias del proyecto CATIE-Noruega/Pasturas Degradadas con procesos de aprendizaje participativo en América Central. 98 p. En prensa.
- Alonzo, Y; Ibrahim, M; Gómez, M; Prins, K. 2001. Potencial y limitaciones para la adopción de sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cayo, Belice. *Agroforestería en las Américas* 8(30):21–27.
- 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): 4–51.
- Budowsky, G. 1987. Living Fences en Tropical America, a Widespread Agroforestry Practice. In HL Gholz ed. *Agroforestry: Realities, Possibilities and Potentials*. Martinus Nijhoff publishers. p. 169–178.
- 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, G. 1999. Composición y estructura aviar en sistemas de producción agropecuaria en el Valle del Cauca, Colombia. En VI Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Fundación CIPAV, Cali, COL. 1 disco compacto, 8 mm.
- Casasola, F; Ibrahim, Barrantes, J. 2005. Los árboles en los potreros. Serie cuadernos de campo. Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 19 p.
- 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.
- Chagoya, JL. 2004. Investment Analysis of Incorporating Timber Trees in Livestock Farms in the Subhumid Tropics in Costa Rica. Mag. Sc. Thesis. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 140 p.
- 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.
- FAO (1994). Capacitación en planificación y gerencia en acuicultura: manual-guía. Apoyo a las actividades regionales de acuicultura para América Latina y el Caribe. Hernández Rodríguez, A; (ed.), Yanez Ramos, A: (ed.). Project reports No. 18. p. 156.
- FDL (Fondo de Desarrollo Local, NI). 2008. Productos financieros (en línea). Managua, NI. Consultado 20 oct. 2008. Disponible <http://www.fdl.org.ni/productos.es>
- Gobbi, JA; Casasola, F. 2004. Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39–40)52–60.
- González, A. 2007. Flujos de nutrientes y sus implicaciones para la sostenibilidad en sistemas silvopastoriles con y sin *Arachis pintoi* en Muy Muy, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 176 p.
- Harvey, CA; Villanueva, C; Villacís, J; Chacón, M; Muñoz, D; López, M; Ibrahim, M; Taylor, R; Martínez, JL; Navas, A; Sáenz, J; Sánchez, D; Medina, A; Vilchez, S; Hernández, B; Pérez, A; Ruiz, F; López, F; Lang, I; Kunth, S; Sinclair, FL. 2005. Contribution of Live Fences to the Ecological Integrity of Agricultural Landscapes in Central America. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111: 200–230.
- Harvey, CA; Villanueva, C; Ibrahim, M; Gómez, R; López, M; Kunth, S; Sinclair, FL. 2008. Productores, árboles y producción ganadera en paisajes de América Central: implicaciones para la conservación de la biodiversidad. En *Evaluación y Conservación de Biodiversidad en Agropaisajes de Mesoamérica*. C. Harvey y J.C. Sáenz (Eds.). INBio. Costa Rica. p. 97–224.
- Holmann, F; Romero, F; Montenegro, J; Chana, C; Oviedo, E; Baños, A. 1992. Rentabilidad de sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: Primera aproximación. Turrialba 42(1):79–89.

- Holmann, F; Estrada, RD. 1997. Alternativas agropecuarias en la región pacífico central de Costa Rica: Un modelo de simulación aplicable a sistemas de doble propósito. En Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito. Eds. C Lascano; F Holmann. Cali, Colombia, CIAT. 285 p.
- Holmann, F. 2002. El uso de modelos de simulación como herramienta para la toma de decisiones en la promoción de nuevas alternativas forrajeras: el caso de Costa Rica y Perú. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 10(1):35–45.
- Holmann, F; Argel, P; Rivas, L; White, D; Estrada, RD; 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. CIAT, DICTA, ILRI. Cali, Colombia 34 p. (Documento de trabajo, no. 196).
- 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 Ruffa* in the Subhumids Tropics of Costa Rica. Agroforestry Systems no.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 no.45:27–36.
- Ibrahim, M. 2008. Sistemas Silvopastoriles. Curso de la Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- 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.
- Lang, I; Gormley, LH; Harvey, CA; Sinclair, FL. 2003. Composición de la comunidad de aves en cercas vivas del Río Frío, Costa Rica. Agroforestería en las Américas no. 10:86–92.
- López, M; Gómez, R; Harvey, CA; Villanueva, C. 2004. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de Rivas, Nicaragua. Encuentro 36:114–133.
- 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. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 92 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.
- López, F; López, M; Gómez, R; Harvey, C; Villanueva, C; Gobi, J; Ibrahim, M; Sincalir, F. 2007. Cobertura arbórea y rentabilidad de fincas ganaderas en Rivas y Matiguas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* (45):101–108.
- Muñoz, D; Harvey, CA; Sinclair, FL; Mora, J; Ibrahim, M. 2003. Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39–40):61–68.
- Murgueitio, E; Ibrahim, M; Ramírez, E; Zapata, A; Mejía, C; Casasola, F. 2003. Usos de la tierra en fincas ganaderas. ed 1. Cali, Colombia. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. 97 p.
- Pagiola, S; Agostini, P; Gobbi, J; de Haan, C; Ibrahim, M; Murgueitio, E; Ramírez, E; Rosales, M; Ruiz, JP. 2004. Paying for Biodiversity Conservation Services in Agricultural Landscapes. Environment Department Paper No. 96, World Bank, Washington.
- Pezo, D; Ibrahim, M. 1999. Sistemas Silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 276 p. (Materiales de enseñanza, no. 44).
- 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. En II Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. IV Foro de Pastos y Forrajes. Trabajo PF-01. La Habana, 26–29 noviembre. ICA. 13 p.
- Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas (GEF Silvopastoril). 2007. Informe Anual 2006–2007. 136 p.
- 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* no. 41–42:29–36.
- Ríos, JN; Andrade, H; Ibrahim, M; Jiménez, F; Sancho, F; Ramírez, E; Reyes, B; Woo, A. 2007. Escorrentía superficial e infiltración en sistemas silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* no. 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, U.S.A. p. 205–210.

- Ruiz, F; Gómez, R; Harvey, C. 2005. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de Matiguás, Nicaragua. TROPITECNICA-Nitlapan. 40 p.
- 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.
- 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 no.45:37–48.
- Sandoval, I. 2005. Producción de hojarasca y reciclaje de nutrientes de dos especies arbórea y dos gramíneas en pasturas de Muy Muy, Nicaragua. Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 160 p.
- 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.
- 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 Humid Tropics. PhD. Thesis. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. irr.
- Suárez, JC. 2009. Análisis de rentabilidad en los sistemas tradicionales de producción y la incorporación de los sistemas silvopastoriles en fincas de doble propósito, Matagalpa, Nicaragua. Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 105 p.
- Szott, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The Hamburger Connection Hangover: Cattle Pasture Land Degradation and Alternative Land Use in Central America. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 71 p. (Serie Técnica / Informe técnico, no. 313).
- Trautman, B. 2007. Factores que influyen en el diseño, implementación y manejo de los sistemas silvopastoriles con características que favorezcan la conservación de la biodiversidad en Copán, Honduras. Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 172 p.
- 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. Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 125 p.
- Villacís J; Harvey, C; Ibrahim, M; Villanueva, C. 2003. Relaciones entre la cobertura arborea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frio, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 10(39/40):17–23.
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Harvey, C; Esquivel, H. 2003. Tipologías de fincas con ganadería bovina y cobertura arbórea en pasturas en el trópico seco de Costa Rica. Agroforestería en las Américas 10(39-40):9–16.

- Villanueva, C; Ibrahim, M; Casasola, F. 2008. Valor económico y ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 36 p.
- Zapata, A; Murgueítio, E; Mejía, C; Zuluaga, CA; Ibrahim, M. 2007. Impacto del pago de servicios ambientales en la adopción de sistemas silvopastoriles en paisajes ganaderos de la cuenca media del río La Vieja, Colombia. Agroforestería en las Américas no. 45:86–92.

En América Central existen alrededor de 13 millones de hectáreas destinadas para usos ganaderos de las cuales alrededor de un 50% se encuentran en proceso avanzado de degradación. Esto significa bajos indicadores de productividad animal e impactos negativos para el ambiente. Los sistemas silvopastoriles constituyen una alternativa para transformar los sistemas tradicionales de producción ganadera en modelos sostenibles y resilientes ante los cambios en el mercado y el clima. El presente manual técnico recopila algunas experiencias en América Central sobre los sistemas silvopastoriles cercas vivas, árboles dispersos en potreros y bancos forrajeros. Para cada sistema se describe la estructura y funciones, costos de establecimiento y mantenimiento, indicadores de producción y análisis de rentabilidad.

Con esta publicación el proyecto CATIE-Noruega/Pasturas Degradadas espera contribuir a la reflexión, discusión y toma de decisiones para el desarrollo de sistemas de producción ganadera que cumplan funciones productivas y de conservación para un mayor bienestar de las familias vinculadas directa e indirectamente con el sector ganadero.

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.



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Sede Central CATIE 7170, Cartago, Turrialba 30501, Costa Rica
Tel. (506) 2558-2000 • Fax (506) 2558-2060

www.catie.ac.cr



ISBN: 978-9977-57-513-1



9 789977 575131