

## Capítulo 6

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

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

### **Resumen**

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

**Palabras claves:** ganadería, servicios ambientales, conservación, productividad

**Abstract**

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

**Key words:** livestock, environmental services, conservation, productivity



Foto: Grupo GAMMA, CATIE

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

## 6.1 Introducción

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

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

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

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

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

## **6.2 Bancos forrajeros y su importancia en la suplementación animal**

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

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

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

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

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

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<sup>1</sup>Dieta base fue *Hyparrhenia rufa*

<sup>2</sup>Dieta base fue heno de *H. rufa*

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

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

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

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

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

<sup>1</sup>*Paspalum fasciculatum*, *Axonopus compressus* y *Cynodon nlemfluensis*

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

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

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



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

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

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

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

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

Fuente: Souza (2002)

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

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

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

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

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

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

Fuente: Esquivel (2007)

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

## 6.4 Impacto de los sistemas silvopastoriles en el recurso hídrico

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

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

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

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

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

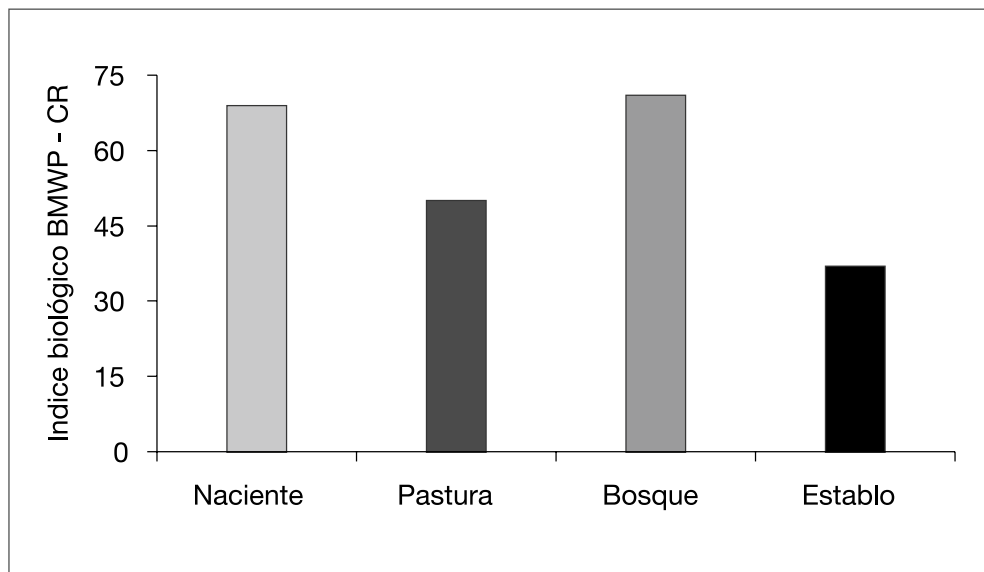
**Cuadro 6.7.** Escorrentía superficial e infiltración de sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

Fuente: Sepúlveda (2008)

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

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

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

Fuente: Sepúlveda (2008)

En general, los productores saben que si la época seca o lluviosa se prolonga en sus fincas, se presentan impactos negativos relacionados con la productividad y rentabilidad. Los impactos los relacionan especialmente con la escasez de alimento, por lo cual el ganado pierde peso y en casos extremos se incrementa la mortalidad. Asimismo, señalan que la sequía provoca un mayor sobrepastoreo sobre las pasturas, lo que trae consigo daños por erosión al suelo y contaminación de las fuentes de agua. Los productores asocian el cambio climático con la no implementación de buenas prácticas agrícolas en fincas<sup>5</sup>.

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

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

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

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

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

Fuente: Sepúlveda (2008)

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

## 6.6 Barreras para la adopción de sistemas silvopastoriles

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



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

## 6.7 Conclusiones

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

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

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

## 6.8 Referencias bibliográficas

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

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

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

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

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

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