

## Avances de Investigación

# Árboles dispersos en potreros en fincas ganaderas del Pacífico Central de Costa Rica

Cristóbal Villanueva<sup>1</sup>; Diego Tobar<sup>1</sup>; Muhammad Ibrahim<sup>2</sup>; Francisco Casasola<sup>1</sup>; José Barrantes<sup>3</sup>; Randall Arguedas<sup>3</sup>

**Palabras claves:** abundancia; diversidad; especies amenazadas; índice de valor de importancia; sistemas silvopastoriles.

### RESUMEN

Los árboles en potrero cumplen funciones productivas y ecológicas en las fincas ganaderas; sin embargo, existe una tendencia hacia la reducción de su riqueza, abundancia y diversidad, debido al comportamiento animal y al manejo que realizan los productores en los potreros activos. Por lo tanto, es importante estudiar el componente arbóreo en potreros para definir estrategias que lleven a mantener e incrementar los niveles de cobertura arbórea, buscando un balance entre productividad y conservación. Se estudió la composición, riqueza, abundancia y estructura de árboles dispersos en pasturas activas de *Brachiaria brizantha* y su relación con los sistemas de producción bovina en la región de Esparza, Costa Rica. Se seleccionaron al azar 53 potreros que fueron clasificados según el sistema de producción de las fincas. En cada potrero se realizó un censo de todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho (dap)  $\geq 5$  cm. Se determinó la abundancia, riqueza, índice de diversidad de Shannon, índice de valor de importancia de las plantas (IVI), curva de acumulación de especies, cobertura de copa de los árboles, densidad de árboles, área basal, distribución de clases diamétricas de especies abundantes, escasas y en peligro de extinción. Se identificaron un total de 2881 individuos, pertenecientes a 68 especies y 35 familias en un área de muestreo de 70,5 ha. Según el IVI, las seis especies más importantes fueron *Acrocomia aculeata* (coyol), *Tabebuia rosea* (roble de sabana), *Cordia alliodora* (laurel), *Psidium guajava* (guayaba), *Cedrela odorata* (cedro) y *Enterolobium cyclocarpum* (guanacaste). En este grupo, existen especies para madera, alimentación animal (frutos) y árboles de sombra para el ganado. La densidad promedio de árboles fue de  $51 \pm 5,8$  individuos  $ha^{-1}$  (cobertura arbórea promedio de  $16,8 \pm 1,4\%$ ), lo cual es elevado en comparación con otros ecosistemas similares. Los sistemas de producción de doble propósito y carne mostraron diferencia significativa en su índice de diversidad de Shannon ( $1,67 \pm 0,07$  vs.  $1,46 \pm 0,11$ , respectivamente). Se concluye que un gran porcentaje de pasturas manejadas activamente contienen recursos arbóreos que cumplen diferentes funciones en los sistemas de producción ganadera. Pocas especies arbóreas son dominantes en los potreros, lo cual podría estar relacionado con la adaptación a las condiciones agroecológicas de las pasturas y las preferencias de los productores por retener estas especies claves en pasturas.

**Dispersed trees in pastures of cattle farms in the Central Pacific region of Costa Rica**

**Key words:** abundance; diversity; index of value of importance; silvopastoral systems; threatened species.

### ABSTRACT

Trees in pastures fulfill productive and ecological functions in cattle farms. However, there is a trend to reduce their richness, abundance and diversity through animal behaviour and active pasture management by farmers. Therefore, it is important to study the tree component in pastures to define strategies for maintaining and increasing the tree cover to reach a balance between productivity and conservation. The composition, richness, abundance and structure of trees dispersed in pastures established with *Brachiaria brizantha* grass and their relation to cattle production systems in Esparza, Costa Rica, were studied. A total of 53 pasture plots were randomly selected and classified according to cattle production systems. A census for trees with diameter at breast height of 5 cm or more was carried out in all selected pasture plots. The abundance, richness, Shannon diversity index, index of value of importance (IVI), species accumulation curve, tree cover, tree density, basal area, and diameter class distribution of abundant and threatened species were determined. A total of 2881 individuals were identified, belonging to 68 species and 35 families in a sampling area of 70.5 ha. According to the IVI, the six most important tree species were *Acrocomia aculeata*, *Tabebuia rosea*, *Cordia alliodora*, *Psidium guajava*, *Cedrela odorata*, and *Enterolobium cyclocarpum*. Many of these species are used for timber, fodder production, and as shade trees in pastures. Mean tree density was  $51 \pm 5.8$  individuals  $ha^{-1}$  (a mean tree cover of  $16.8 \pm 1.40\%$ ), which is relatively high compared to similar ecosystems. The Shannon index was significantly different between dual purpose (meat and milk) and beef cattle production systems ( $1.67 \pm 0.07$  vs.  $1.46 \pm 0.11$ , respectively). We conclude that a large percentage of actively managed pastures contain tree resources that have different functions in cattle production systems, but only a few species are dominant, which may be related to the adaptation of these species to ecological conditions in grazing systems, and to farmer's preference in the retention of key species in pastures.

<sup>1</sup> Investigadores del Grupo Ganadería y Manejo del Medio Ambiente – CATIE, Sede Central. Apdo. 7170, Turrialba, Costa Rica. Correos electrónicos: cvillanu@catie.ac.cr, dtobar@catie.ac.cr, fcasasol@catie.ac.cr.

<sup>2</sup> Director del Grupo Ganadería y Manejo del Medio Ambiente – CATIE, Sede Central. Apdo. 7170, Turrialba, Costa Rica. Correo electrónico: mibrahim@catie.ac.cr

<sup>3</sup> Ministerio de Agricultura de Costa Rica, región Pacífico Central, Esparza, Costa Rica. Correos electrónicos: jbaranticos@costarricense.cr, randallarguedas@costarricense.cr

## INTRODUCCIÓN

En Centroamérica, una de las principales causas de la fragmentación del paisaje es la ganadería extensiva, caracterizada por bajos índices de producción, manejo incorrecto de pasturas y degradación del recurso suelo. Esto ha generado una gran presión sobre los recursos naturales (Szott et ál. 2000). Por otro lado, la inestabilidad de los mercados de la leche y la carne y los altos costos de producción en sistemas convencionales han creado la necesidad de buscar alternativas como los sistemas silvopastoriles, los cuales pueden mejorar la productividad y sostenibilidad ganadera sin detrimento del medio ambiente (Botero et ál. 1999, Souza de Abreu 2002). Diversos estudios han evidenciado el efecto positivo de los árboles en potrero sobre la productividad animal (Souza de Abreu 2002, Restrepo et ál. 2004); la producción de forraje en la época seca (Casasola et ál. 2001); contribución a la conservación de la biodiversidad (Harvey y Haber 1999); secuestro de carbono (Chacón et ál. 2006) y protección del suelo contra la erosión hídrica (Ríos et ál. 2006).

En las pasturas existen árboles dispersos o agrupados provenientes de la regeneración natural y/o remanentes de la vegetación original. El mantenimiento y arreglo espacial de los árboles en potreros depende de diversos factores socioeconómicos, culturales y biofísicos (Muñoz et ál. 2003). Actualmente, existen pocos estudios que hayan caracterizado la composición, riqueza y estructura de los árboles presentes en los potreros activos (Esquivel et ál. 2003, Souza de Abreu 2002). Existe una tendencia hacia la reducción en la riqueza, la abundancia y la diversidad de árboles en potreros, debido a la selectividad animal y al manejo que realizan los productores en sus potreros activos. Por esta razón, es importante estudiar el componente arbóreo en potreros para definir estrategias que lleven a mantener e incrementar los niveles de cobertura arbórea. Este manejo debe ser coherente con las condiciones socioeconómicas, culturales y biofísicas de las comunidades, procurando lograr un equilibrio entre productividad y conservación. De la misma forma, es crucial la investigación y el mejoramiento de la asistencia técnica a productores, buscando la concientización sobre el manejo racional del recurso arbóreo en las fincas ganaderas.

El objetivo del presente estudio fue caracterizar el componente arbóreo (composición, abundancia, riqueza, diversidad y estructura) en pasturas activas con pasto *Brachiaria brizantha*. Asimismo, se pretende conocer el impacto de los sistemas de producción sobre la diversidad y estructura de la cobertura arbórea en potreros. Los re-

sultados servirán de base para el diseño de estrategias que mantengan y/o incrementen el componente arbóreo en fincas, con lo cual se podría generar servicios ambientales y mejorar las condiciones socioeconómicas de las familias ganaderas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la región de Esparza, Puntarenas, perteneciente a la región del Pacífico Central de Costa Rica. La región pertenece a la zona de vida Bosque Subhúmedo Tropical (Holdrige 1967), con una altitud de entre 50 y 1000 m, temperatura media anual de 27 °C y una humedad relativa entre 65 y 80%. La precipitación anual varía entre 1500 y 2000 mm, con una época seca de diciembre a abril. Los terrenos del área de estudio presentan una pendiente de entre 0 y 30%.

Los principales usos de la tierra en el área de estudio son las pasturas (66%) y los bosques (bosques secundarios, riparios y fragmentos de bosques; 28%). La actividad predominante en el paisaje de Esparza es la producción ganadera, principalmente bajo cría y engorde (63%), seguida por sistemas doble propósito (leche y carne; 34%); y fincas con producción mixta (agricultura y ganadería; 3%). Las especies de pastos más utilizadas son *B. brizantha* e *Hyparrhenia rufa*. Existe una diversidad de razas de ganado bovino en la zona de Esparza, con predominancia de Brahmán, cruces de Brahmán con Indobrasil en fincas de producción de carne y animales cruzados como cebú (Brahmán o Brahmán con Indobrasil) con razas lecheras (Holstein o Pardo suizo) en fincas doble propósito.

### Caracterización de los árboles dispersos

Se seleccionaron al azar 53 potreros (70,5 ha) con pasto *B. brizantha*, con buena condición y cobertura de suelo, usando la base de datos de usos de la tierra del Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas (proyecto GEF- Silvopastoril) para la zona de Esparza. Se llevó a cabo un censo de los árboles con diámetro a la altura del pecho (dap)  $\geq 5$  cm en cada potrero. Se identificó la especie de cada individuo, el arreglo espacial (individual y en grupo: cuando se tocan las copas de dos o más árboles), se midió el dap, la altura de fuste, la altura total, y se estimó el área de copa mediante la medición perpendicular del diámetro mayor y el menor, considerando como una sola copa los árboles en grupo. En el caso de árboles de difícil identificación en el campo, se llevaron muestras vegetales al herbario de la Universidad Nacional de Costa Rica para su identificación.

Las especies arbóreas identificadas fueron clasificadas según los usos potenciales para madera, leña, forraje y consumo humano (Jiménez et ál. 2002). Se estimó la abundancia (número de individuos por especie), riqueza (número de especies), frecuencia (número de potreros en los cuales se encontró cada especie), dominancia relativa (porcentaje del área basal de la especie respecto al área basal total), densidad de árboles (número de árboles ha<sup>-1</sup>) y cobertura arbórea con base en las mediciones de campo. El área de cobertura arbórea fue calculada utilizando la formula de la elipse ( $A = \pi * \text{radio1} * \text{radio2}$ )<sup>4</sup> y el porcentaje total de la cobertura arbórea por potrero fue estimado de la suma de todas las áreas de las copas de los árboles existentes dividida entre el área total del potrero de referencia.

El número de especies arbóreas en las pasturas activas se estimó realizando una curva de acumulación de especies y considerando el esfuerzo de muestreo. Con este análisis, se estimó el número esperado de especies para el área, el porcentaje detectado y el esfuerzo de muestreo necesario para alcanzar el valor esperado (Soberón y Llorente 1993). Se consideró como unidad muestral el número de individuos censados y como variable de respuesta el número de especies de árboles registradas en los potreros. El número de especies esperadas y el esfuerzo necesario se obtuvieron al ajustar el modelo de acumulación de especies de Clench (Soberón y Llorente 1993) con un procedimiento de regresión no lineal en el programa InfoStat (InfoStat 2004).

Se calculó el índice de valor de importancia de cada especie de planta (IVI) con base en su abundancia, domi-

nancia y frecuencia relativa (Mongue 1999). El índice de diversidad de Shannon fue calculado para cada potrero utilizando el programa Species Diversity & Richness V 3,0 (Seaby y Henderson 2002). Se empleó un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis para evaluar las diferencias de las variables de estructura del componente arbóreo (cobertura, área basal y densidad de árboles) e índice de diversidad entre sistemas de producción (carne y doble propósito). Se realizaron análisis de regresión y correlación entre las variables de estructura de la cobertura arbórea y características biofísicas de los potreros (tamaño y pendiente del potrero). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el programa InfoStat.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición florística

Se registraron un total de 2881 individuos, pertenecientes a 68 especies y 35 familias en un área de muestreo de 70,5 ha. El número de especies resultó un poco menor al encontrado en el Parque Nacional Santa Rosa (75 especies), ubicado en el pacífico seco de Costa Rica (Gillespie et ál. 2000). Esto podría reflejar que los paisajes ganaderos cumplen un papel importante en la conservación de la diversidad de especies arbóreas. La familia con el mayor número de especies fue Fabaceae/Papilionoideae, con 7 especies (10,3%), mientras que la familia con mayor abundancia de individuos fue Aracaceae, con 518 individuos (18% de los individuos; Cuadro 1). El índice promedio de diversidad de Shannon a nivel de potrero fue de  $1,61 \pm 0,1$ , mayor al encontrado por Villanueva et ál. (2003a) y López et ál. (2004) en fincas ganaderas de

**Cuadro 1.** Distribución de riqueza y abundancia de especies arbóreas en las familias con más de tres especies registradas en los potreros de Esparza, Costa Rica

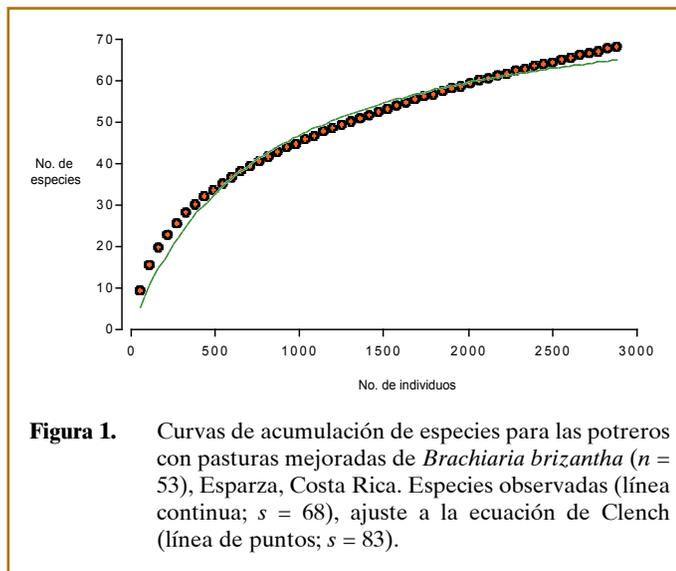
Familia	Riqueza		Abundancia	
	Número de especies	%	Absoluta	Relativa
Fabaceae/Papilionoideae	7	10,3	381	13,2
Fabaceae/Caesalpinioideae	5	7,4	33	1,2
Myrtaceae	4	5,9	242	8,4
Anacardiaceae	4	5,9	187	6,5
Fabaceae/Mimosoideae	4	5,9	106	3,7
Arecaceae	3	4,4	518	18,0
Bignoniaceae	3	4,4	346	12,0
Meliaceae	3	4,4	166	5,8
Lauraceae	3	4,4	111	3,9
Moraceae	3	4,4	13	0,5
Sapotaceae	3	4,4	5	0,2

<sup>4</sup>  $\pi = 3,1416$

bosque tropical seco. Esto podría indicar que los ganaderos de la zona están conservando una alta diversidad de especies arbóreas, ya que perciben la importancia de este componente producto de la relevancia del componente arbóreo en las fincas ganaderas.

### Curvas de acumulación de especies

La curva de acumulación de especies mostró un suave aumento al finalizar el muestreo (Figura 1), lo cual indica que faltaron algunas pocas especies por registrar. Esto evidencia que el área muestreada fue apropiada para el inventario arbóreo. El esfuerzo de muestreo registró un 82% de las especies arbóreas esperadas en el área de muestreo; se encontró un ajuste significativo de la curva de acumulación de especies en pasturas mejoradas ( $r = 0,99$ ;  $p < 0,0001$ ) de acuerdo con el modelo de Clench. Estos resultados expresan confianza en el muestreo para caracterizar con gran exactitud la composición, riqueza, biodiversidad y estructura arbórea en los potreros de las fincas de la zona de estudio.



### Índice de valor de importancia (IVI)

El IVI permitió identificar las 13 especies de árboles con mayor importancia ecológica en potreros con pasturas mejoradas (Cuadro 2). Solo 18 especies de árboles presentaron valores de IVI por encima de su media ( $1,5 \pm 0,3$ ; Cuadro 2), mientras que 50 especies presentaron valores inferiores.

El dominio de las especies abundantes en la región puede estar asociado a la alta producción de semillas y facilidad para propagarse mediante la regeneración natural (Esquivel 2004). La dispersión de semillas de coyol, guayaba, guanacaste y nance es realizada en la región por

mamíferos medianos y pequeños; mientras que otras especies como roble de sabana, laurel y cedro amargo son dispersadas por el viento. Muñoz et ál. (2003) indican que los productores prefieren retener estas especies en los potreros porque desempeñan funciones económicas importantes en la finca como fuente de madera, sombra para el ganado y frutos para alimentación animal en la época seca.

Las especies escasas y en peligro de extinción han sido las más afectadas por la sobreexplotación y los disturbios fuertes en el manejo de potreros, tales como el sobrepastoreo, las quemadas y el uso indiscriminado de herbicidas. Además, existen otros factores que han influido en las decisiones de los productores sobre la abundancia de especies arbóreas en potreros. Por ejemplo, el cenízaro es una especie con buena producción y dispersión de semillas por el ganado bovino; sin embargo, los productores prefieren mantener densidades bajas (alrededor de 1 árbol  $ha^{-1}$ ) por el efecto de la copa (grande y densa) en la producción de pasto. Lo mismo sucede con el guanacaste. Sin embargo, cabe señalar que la reducción de pasto no se debe únicamente a la relación entre sombra y pasto, sino que existe un efecto fuerte de los animales al utilizar dichas áreas como sombra. La caoba y el cocobolo son especies con alta presión de aprovechamiento, debido a su alto valor comercial. Además, la gran incidencia de ataques del barrenador de las meliáceas (plaga que afecta las plantas jóvenes) en caoba ha provocado un fuerte impacto negativo en sus poblaciones (Hilje et ál. 1991). Esto ha incidido en la reducción de árboles semilleros en fincas ganaderas.

Es necesario implementar algunas estrategias acordes con las condiciones edafoclimáticas, socioeconómicas y culturales de las comunidades, con el objetivo de promover la restauración de las especies escasas y en vías de extinción. Los incentivos a los productores para que mantengan el componente arbóreo en sus fincas podría ser una estrategia para conservar la biodiversidad vegetal en las fincas ganaderas. La experiencia del proyecto GEF-Silvopastoril evidencia el éxito de esta estrategia (Casasola et ál. 2006). El pago por servicios ambientales en este proyecto ha promovido la retención y el manejo de la regeneración natural y el establecimiento de este tipo de especies arbóreas en potreros (árboles dispersos y/o cercas vivas). La transferencia de tecnología silvopastoril es importante para fomentar el mantenimiento del recurso arbóreo en potreros. Algunos autores han encontrado incrementos en la producción animal de hasta un 15% debido a la disminución del estrés calóri-

**Cuadro 2.** Abundancia (A), dominancia (D), frecuencia (F) e índice de valor de importancia (IVI) de las especies arbóreas más comunes en potreros activos de Esparza, Costa Rica ( $n = 53$ )

Especie arbórea	Porcentaje (%)			
	A	F	D	IVI
<b>Especies abundantes</b>				
<i>Acrocomia aculeata</i> (coyol)	16,5	8,8	17,6	14,3
<i>Tabebuia rosea</i> (roble de sabana)	11,5	8,4	6,1	8,7
<i>Cordia alliodora</i> (laurel)	9,1	5,8	5,4	6,8
<i>Psidium guajava</i> (guayaba)	7,9	6,4	4,6	6,3
<i>Cedrela odorata</i> (cedro amargo)	5,5	6,0	5,6	5,7
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (guanacaste)	1,8	3,8	10,3	5,3
<i>Guazuma ulmifolia</i> (guácimo ternero)	4,2	4,2	7,1	5,2
<i>Mangifera indica</i> (mango)	1,9	2,4	8,3	4,2
<i>Byrsonima crassifolia</i> (nance)	3,5	3,2	4,1	3,6
<i>Persea americana</i> (aguacate)	3,8	1,2	5,5	3,5
<i>Myrospermum frutescens</i> (guachipelín ratón)	5,7	2,0	2,7	3,5
<i>Citrus</i> spp. (cítricos)	2,6	5,0	1,6	3,1
<i>Anacardium occidentale</i> (marañón)	4,2	3,4	1,1	2,9
<b>Especies escasas</b>				
<i>Samanea saman</i> (cenízaro)	1,6	2,8	0,6	1,7
<i>Schizolobium parahyba</i> (gallinazo)	0,8	2,2	0,2	1,1
<i>Acosmium panamense</i> (guayacán)	0,1	0,4	0,0	0,2
<i>Exostema</i> sp. (quina)	0,1	0,4	0,5	0,3
<b>Especies en Peligro</b>				
<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba)	0,2	0,8	0,3	0,4
<i>Dalbergia retusa</i> (cocobolo)	0,3	0,4	0,2	0,3
Otras especies	34,0	41,7	28,1	34,6
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

co en potreros arbolados (Restrepo et ál. 2004, Souza de Abreu et ál. 2000). Igualmente, la producción de frutos como fuentes de alto valor alimenticio y de bajo costo en la época seca es otra ventaja de tener árboles en potreros (Casasola et ál. 2001, Zamora et ál. 2001).

En la literatura se han reportado diferentes usos potenciales para las especies arbóreas registradas. La mayoría de las especies tiene usos maderables (postes, madera de aserrío) y para leña; otras, en menor proporción, como forrajeras y para el consumo humano (Cuadro 3). El uso maderable de las especies arbóreas es uno de los principales criterios que consideran los productores en la toma de decisiones sobre la selección y retención de árboles en potrero (Muñoz et ál. 2003, Villanueva et ál. 2003b).

#### Patrones estructurales de los árboles en potrero

El 35% de los árboles se encuentran aislados y el 65% se encuentran formando pequeños grupos al conectar sus

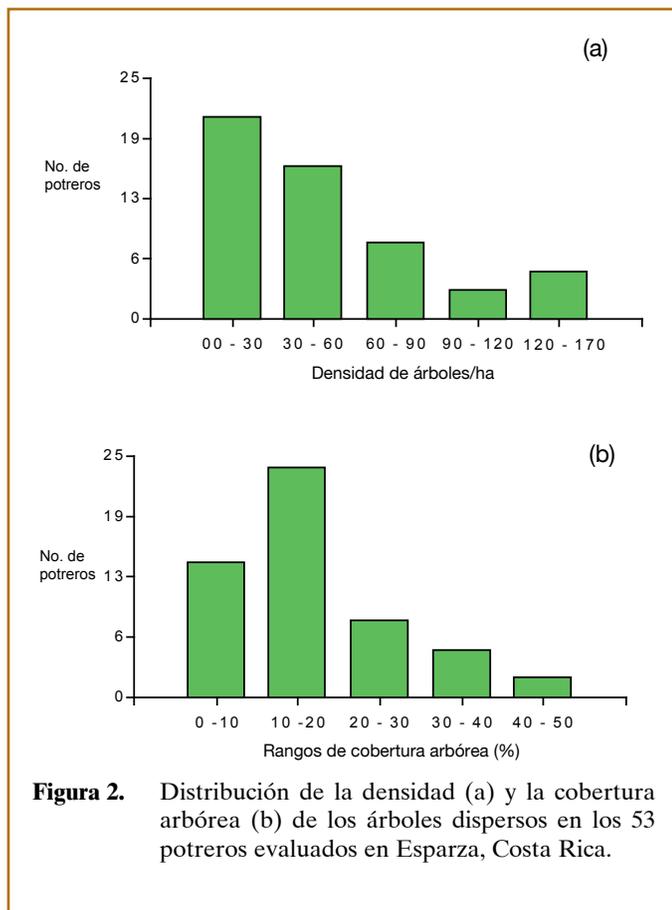
copas. La cobertura arbórea promedio por potrero fue de  $16,8 \pm 1,4\%$ , mientras que la mayoría de potreros (45%) tuvieron una cobertura arbórea de entre 10 y 20% (Figura 2b). La densidad promedio de los árboles fue de  $51,0 \pm 5,8$  individuos  $ha^{-1}$ , variando entre 6 y 170 individuos  $ha^{-1}$ . El 40% de los potreros presentaron densidades menores a 30 árboles  $ha^{-1}$  (Figura 2a). La cobertura arbórea en potrero fue mayor que la regis-

**Cuadro 3.** Principales usos potenciales anotados para las especies de árboles registradas en las pasturas mejoradas en Esparza, Costa Rica

Principales usos potenciales <sup>a</sup>	No. de especies	% del total de especies ( $n = 68$ )
Madera	42	61,8
Leña	38	55,9
Forraje	11	16,2
Consumo humano	10	14,7

<sup>a</sup> Clasificados según Jiménez et ál. (2002)

trada en otros paisajes agropecuarios similares al de Esparza. Villanueva et ál. (2003a) encontraron en fincas ganaderas del bosque tropical seco de Costa Rica una cobertura arbórea en potrero de entre el 3 y 12%, variando según el sistema de producción. La variación de cobertura y densidad de los árboles en las pasturas puede deberse a decisiones del productor relacionadas con el manejo de las pasturas y al fuerte aprovechamiento (sin restitución) de árboles para satisfacer en las fincas las necesidades de madera de aserrío y postes (Villanueva et ál. 2003b).

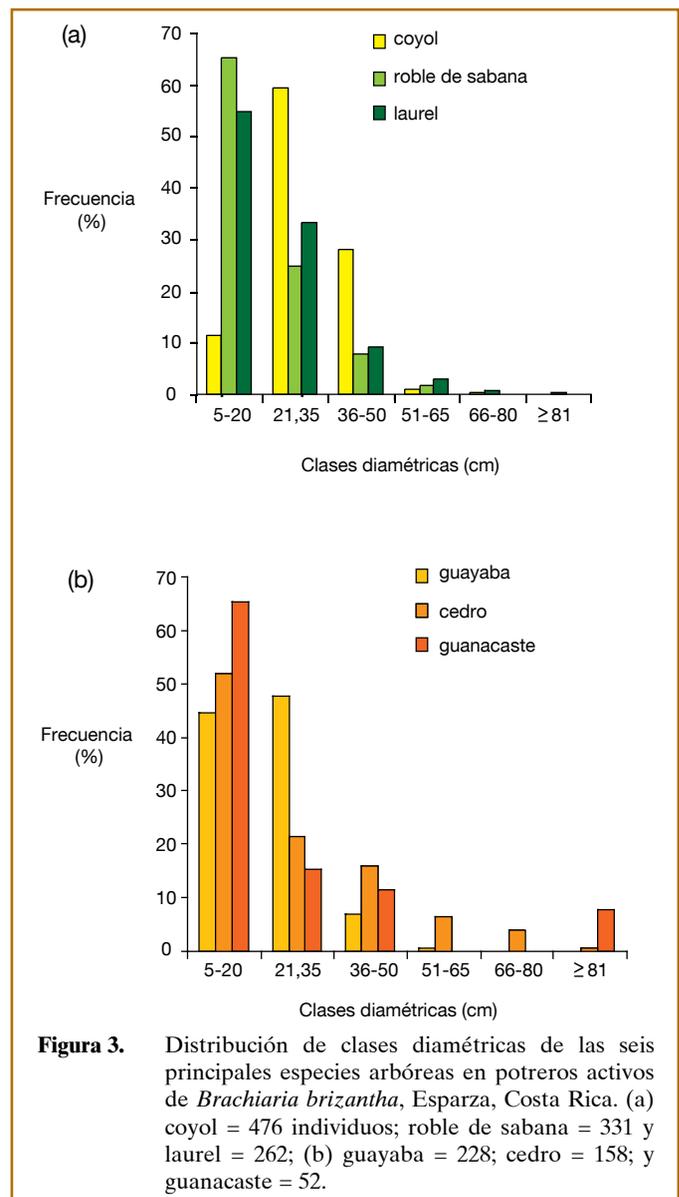


**Figura 2.** Distribución de la densidad (a) y la cobertura arbórea (b) de los árboles dispersos en los 53 potreros evaluados en Esparza, Costa Rica.

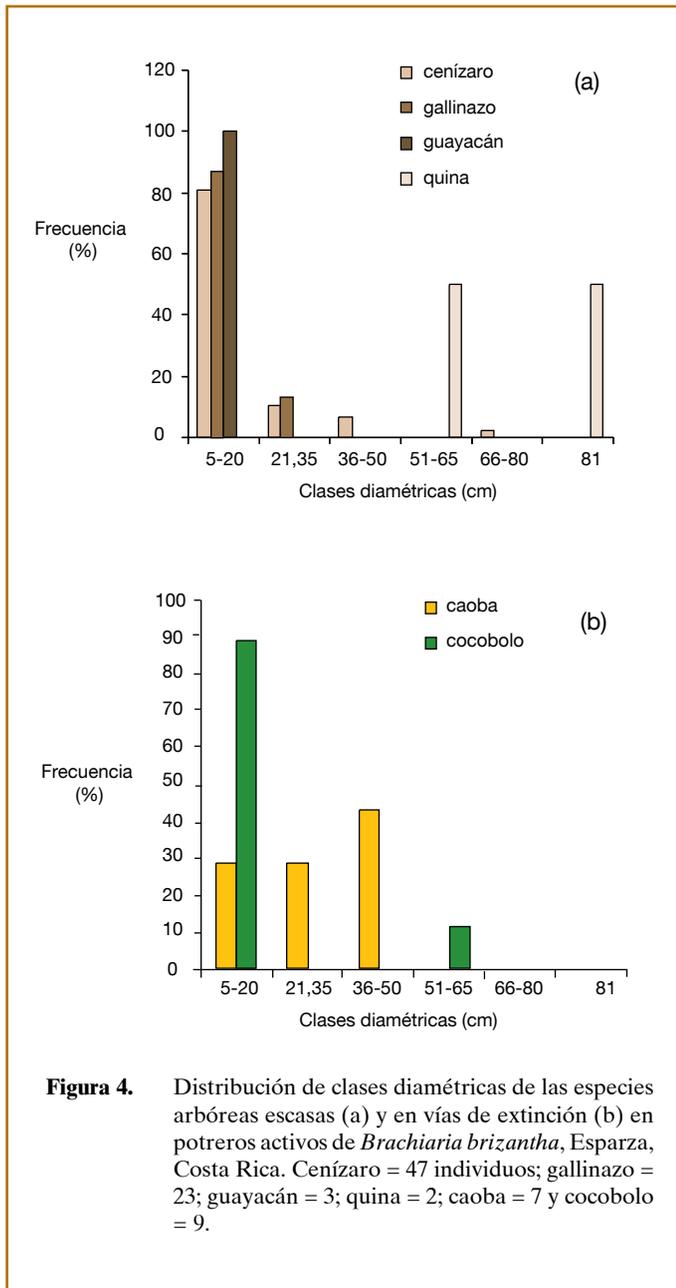
Las seis especies con el mayor valor de IVI en las pasturas activas (Figura 3) mostraron una buena distribución de la población de individuos en las diferentes clases diamétricas. Lo anterior refleja que existe una regeneración natural importante para la sustitución de los árboles aprovechados o muertos. Fue evidente que la mayoría de los árboles son aprovechados antes de alcanzar 51 cm de dap. Especies como el roble de sabana, caoba y guanacaste mostraron una regeneración natural alta pero menos del 50% llegan a la clase 21-35 cm. Este patrón se podría atribuir al efecto del control de malezas general en los potreros, eliminación directa por el productor por

mala calidad de individuos y para reducir la sombra al pasto (raleos) y consumo y/o daño por los animales.

Las especies arbóreas escasas y en vías de extinción fueron representadas por una baja proporción en relación con el censo general de árboles (menor al 1,7%); además, de acuerdo con su distribución diamétrica, parece que la persistencia de estas especies no está asegurada en el mediano plazo (Figura 4). Las principales amenazas que enfrentan en la región podrían ser su pobre producción y dispersión de semillas, lento crecimiento y la sobreexplotación de las poblaciones por su alto valor comercial, como en el caso del cenízaro, la caoba y el cocobolo. Por eso, es necesario fomentar estrategias que propicien la restauración de estas especies mediante la regeneración natural o la plantación.



**Figura 3.** Distribución de clases diamétricas de las seis principales especies arbóreas en potreros activos de *Brachiaria brizantha*, Esparza, Costa Rica. (a) coyol = 476 individuos; roble de sabana = 331 y laurel = 262; (b) guayaba = 228; cedro = 158; y guanacaste = 52.



### Diversidad y estructura de la cobertura arbórea según el sistema de producción

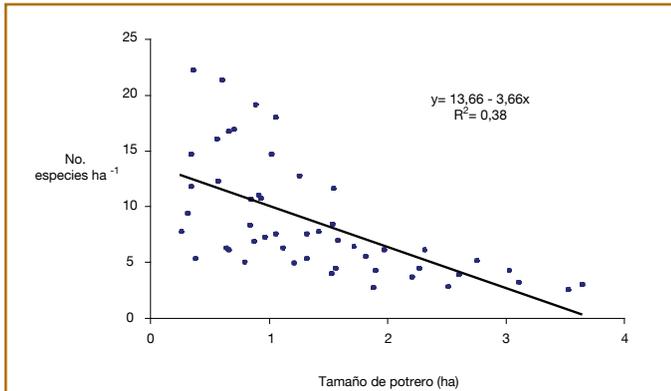
Los sistemas de producción de carne y doble propósito no presentaron diferencia significativa para la cobertura arbórea, densidad y área basal ( $p > 0,05$ ). En contraste, el índice de diversidad de Shannon en sistemas doble propósito fue significativamente mayor al de producción de carne ( $p < 0,05$ ; Cuadro 4). Estos resultados reflejan que el manejo de la cobertura vegetal en términos de la estructura de la vegetación no está influenciado por el sistema de producción. La mayor diversidad en fincas doble propósito se debe a que los productores buscan un número de especies elevado para asegurar una gran variedad de productos arbóreos como madera, postes, frutos y follaje para alimentación animal. En otros estudios similares, los sistemas de producción han afectado las variables de estructura y diversidad de la vegetación en potrero, siendo los sistemas de producción de doble propósito donde el componente arbóreo tiene una mayor importancia (Souza de Abreu et ál. 2000, Ruiz et ál. 2005).

Se encontró que el tamaño de los potreros explicó el 38% de la variación en la riqueza de árboles por unidad de área (ha). A medida que se incrementa el tamaño del potrero, la riqueza de especies por unidad de área tiende a disminuir (Figura 5). Acharya (2006) encontró un patrón similar en sistemas agrícolas de subsistencia en Nepal. La mayor diversidad de árboles en potreros pequeños obedece a la importancia del componente arbóreo en la estrategia de vida de los productores. Sin embargo, es pertinente dar un mayor énfasis para futuras investigaciones a los factores biofísicos, culturales, socioeconómicos, ambientales y de historia de uso de la tierra para así identificar las variables que más determinan la estructura y diversidad de la cobertura arbórea en potreros activos.

**Cuadro 4.** Resumen de variables estructurales y de diversidad a nivel de sistemas de producción en potreros activos de *Brachiaria brizantha* en Esparza, Costa Rica

Variables	Sistema de producción	
	Doble propósito	Carne
Cobertura arbórea (%)	16,4 ± 1,8 a	17,8 ± 2,1 a
Densidad de árboles (individuos ha <sup>-1</sup> )	47,7 ± 7,2 a	58,9 ± 9,6 a
Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	4,3 ± 0,7 a	4,3 ± 0,8 a
Diversidad Shannon	1,7 ± 0,1 a	1,5 ± 0,1 b

Nota: Letras iguales dentro de la misma fila indican no diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) según Kruskal- Wallis.



**Figura 5.** Impacto del tamaño de los potreros activos en el número de especies por unidad de área en Esparza, Costa Rica.

## CONCLUSIONES

En potreros activos de fincas ganaderas, la mayoría de los árboles pertenecen a un número reducido de especies. Estas especies son mantenidas gracias a atributos como su rusticidad ante el manejo de las pasturas, alta producción y fácil dispersión de semillas, obtención de productos como madera de aserrío, postes, sombra y forraje para el ganado, principalmente en la época seca.

Las especies escasas o en vías de extinción, como cenízaro, guayacán, gallinazo, quina, caoba y cocobolo, cuentan con un reducido número de fuentes semilleras y de no considerarse alternativas que incentiven su restauración podrían desaparecer en el mediano plazo. Una posibilidad para la conservación de estas especies en paisajes agropecuarios podría ser el pago por servicios ambientales para propiciar la regeneración natural, la siembra y protección de plántulas, como señala la experiencia del proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas en Centroamérica y Colombia y FONAFIFO en Costa Rica.

Las características estructurales del componente arbóreo no fueron afectadas por el sistema de producción, con excepción de la diversidad de especies en doble propósito (carne y leche). Ni la pendiente ni el tamaño de los potreros afectaron el componente arbóreo. Sin embargo, se encontró que en potreros pequeños la riqueza de especies por unidad de área tiende a aumentar. Se recomienda identificar algunas variables biofísicas, socioeconómicas, culturales e históricas del uso de la tierra que puedan explicar los patrones de la vegetación arbórea en potreros. Se deben hacer esfuerzos para incentivar el mantenimiento e incremento de la



*Acrocomia aculeata* (coyol), especie predominante en potreros de Esparza, Costa Rica (foto: Proyecto GEF-Silvopastoril)

población arbórea en fincas ganaderas, lo cual debe ser llevado a cabo de manera coherente con las estrategias de vida de los productores.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Acharya, KP. 2006. Linking trees on farms with biodiversity conservation in subsistence farming systems in Nepal. *Biodiversity and conservation* 15:631-646.
- Casasola, F; Ibrahim, M; Harvey, C; Kleinn, C. 2001. Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotenté, Estelí, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10(30):17-20.
- \_\_\_\_\_; Ibrahim, M; Villanueva, C; González, A. 2006. Efecto del pago de servicios ambientales sobre los cambios de los usos de la tierra en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. *In*

- IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible (Cuba). Memoria. p. 102.
- Botero, J; Ibrahim, M; Bouman, B; Andrade, H; Camargo, JC. 1999. Modelaje de opciones silvopastoriles sostenibles para el sistema ganadero doble propósito en el trópico húmedo. *Agroforestería en las Américas* 6(23):60-62.
- Chacón, M; Ibrahim, M; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F. 2006. Determinación de carbono en diferentes sistemas de usos de la tierra en Centroamérica. *In* Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible (4) y Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible (3) (Cuba). Memoria. p. 106.
- Esquivel, H; Ibrahim, M; Harvey, C; Villanueva, C; Benjamin, T; Sinclair, F. 2003. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10 (39-40): 24-29.
- Esquivel, J. 2004. Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos en Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 127 p.
- Gillespie, TW; Grijalva, A; Farris, CN. 2000. Diversity, composition, and structure of tropical dry forests in Central America. *Plant Ecology* 147:37-47.
- Harvey, CA; Haber, WA. 1999. Remanent trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems* 44: 37 – 68.
- Holdridge, LR. 1967. Life zone ecology. Costa Rica, Centro Científico Tropical. 206 p.
- Hilje, L; Viquez, M; Araya, CM; Scorza, F. 1991. Manejo de enfermedades y plagas forestales en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* 19:34-39.
- InfoStat. 2004. InfoStat, versión 2004. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. 1 ed. Editorial Brujas, Argentina. 318 p.
- Jiménez, Q; Rojas, F; Rojas, V; Rodríguez, L. 2002. Árboles maderables de Costa Rica. *Ecología y Silvicultura*. Heredia, CR, INBío. 361 p.
- López, M; Gómez, R; Harvey, C; Villanueva, C. 2004. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de Rivas, Nicaragua. *Encuentro* 68:114-133.
- Magurran, A. 2003. *Measuring biological diversity*. Oxford, UK, Blackwell Publishing. p. 256.
- Mongue, AM. 1999. Estudio de la dinámica del bosque seco tropical a través de parcelas permanentes de muestreo en el Parque Nacional Palo Verde, Guanacaste, Costa Rica. Cartago, CR, TEC-OET. 65 p.
- 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.
- 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.
- Ríos, J; Ibrahim, M; Jiménez, F; Andrade, H; Sancho, F. 2006. Estimación de la escorrentía superficial e infiltración en sistemas de ganadería convencional y en sistemas silvopastoriles en la zona de recarga hídrica de la subcuenca del Río Jabonal, Barranca, Costa Rica. *In* Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible (4) y Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible (3, Cuba). Memoria. p. 120.
- Ruiz, F; Gómez, R; Harvey, C. 2005. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de Matiguás, Nicaragua. Nicaragua, TROPITECNICA – NITLAPAN. 40 p.
- Seaby, RM; Henderson, PA. 2006. *Species Diversity and Richness*. Version 4. Pisces Conservation. Reino Unido, Lymington. 131 p.
- Souza de Abreu, MH; Ibrahim, M; Harvey, CA; Jiménez, F. 2000. Caracterización de los componentes arbóreos de los sistemas ganaderos de la Fortuna de San Carlos, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7: 53-56.
- \_\_\_\_\_. 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, CR, CATIE. *p. irr.*
- Soberón, JM; Llorente, JB. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7: 480–488.
- Szott, L; Ibrahim, M; Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle pasture land degradation and alternative land use in Central America. Turrialba, CR, CATIE. 71 p. (Serie Técnica no. 313).
- Villanueva, C; Ibrahim, M; Harvey, CA; Esquivel, H. 2003a. Tipología 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.
- \_\_\_\_\_; Ibrahim, M; Harvey, CA; Sinclair, F; Muñoz, D. 2003b. Estudio de las decisiones claves que influyen sobre la cobertura arbórea en fincas ganaderas de Canas, Costa Rica, *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):69-77.
- Zamora, S; García, J; Bonilla, G; Aguilar, H; Harvey, C; Ibrahim, M. 2001. Uso de productos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 8(31): 31-38.