

Palabras clave: Sistemas Silvopastoriles (SSP), árbol, pasturas, forraje, biomasa, pasto de guinea (*Panicum maximum*), ganado.

RESUMEN

Se midió el efecto de tres densidades de árboles en los componentes sombra, cantidad de biomasa y calidad del forraje que provee el pasto de guinea (*Panicum maximum*) y los árboles, así como el aporte de nutrimentos al suelo, a través del reciclaje proveniente de la hojarasca, las ramas y los frutos. El estudio se efectuó al norte de Colombia, en casi 15 ha dedicadas a Sistemas Silvopastoriles. Los SSP se establecieron por procesos de regeneración natural. En los tratamientos se utilizaron nueve parcelas permanentes de 70x70 m, para un total de 4900 m² y se evaluó el número de árboles y especies presentes, así como el área de sombra proyectada. Se definieron tres tratamientos de densidades de árboles para las variables baja, media y alta (74, 89 y 96 arb./ha, respectivamente). Se usó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones (bloques), que fueron medidas dos veces al año (verano e invierno).

La mayor biomasa disponible de pastura se registró en la densidad baja durante el verano. La altura de los árboles fue mayor en la densidad alta y no se reportaron diferencias en el diámetro del tallo. Los contenidos de proteína cruda del forraje de guinea fueron bajos, especialmente en el verano. La degradabilidad ruminal *in situ* no se afectó por la densidad de los árboles durante el verano, pero fue baja y lenta; igualmente la biomasa radicular del pasto no se vio afectada por la densidad de árboles.

El aporte de proteína de los árboles no varió por la densidad, pero fue más alto con la leguminosa (*Calliandra calothyrsus*) Meiss., con valores mayores al 15%, durante el verano. La leguminosa mostró un mayor potencial forrajero.

EFFECT OF THREE TREE DENSITIES ON THE FORAGE POTENTIAL OF A NATURAL SILVOPASTORAL SYSTEM IN THE ATLANTIC REGION OF COLOMBIA

ABSTRACT

The effect of three tree densities on the following components of a silvopastoral system were measured: shade, total biomass and forage quality of both trees and *Panicum maximum* pasture; nutrients supplied to the soil through recycling of leaves, fruits and branches. The study was carried out in an area of almost 15 ha of silvopastoral systems established by processes of natural regeneration, in northern Colombia. For measurement purposes, nine permanent plots of 70 m x 70 m were used, giving a total area of 4900 m² per plot. The number of trees and species present and the area of shade projection were determined in each plot. Three different tree densities were defined as low, medium and high (74, 89 and 96 trees/ha, respectively) with three repetitions of each treatment in a randomized complete block design. Measurements were made twice yearly during the rainy (winter) and dry (summer) seasons.

Greatest pasture biomass availability occurred with the lowest tree density during the dry season. Trees were tallest at the highest density but no differences in stem diameter due to treatments were observed. Crude protein content of the *Panicum* forage was low, especially in the dry season. *In situ* rumen degradability was not affected by the tree density during the dry season, but was low and slow. Root biomass of the pasture was not affected by the tree density.

The protein contribution of the trees did not vary with tree density but was highest with the leguminous tree, *Calliandra calothyrsus* Meiss., which had in protein contents greater than 15% in the dry season. This woody legume showed the greatest forage potential in the silvopastoral systems.

EFFECTO DE TRES DENSIDADES DE ÁRBOLES EN EL POTENCIAL FORRAJERO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL NATURAL, EN LA REGIÓN ATLÁNTICA DE COLOMBIA

L. A. Giraldo V.¹
Jorge Botero²
Javier Saldarriaga²
Patricia David²

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) representan una posibilidad para mejorar la productividad y la estabilidad de los sistemas de uso de la tierra, en diferentes ecosistemas en Colombia. Sin embargo, el aporte de los árboles al sistema no ha sido suficientemente cuantificado. En consecuencia, es necesario identificar y diseñar SSP y evaluarlos, tanto en prototipos como en fincas con sistemas piloto.

Los SSP son de importancia en América Latina, en donde la ganadería produce una enorme presión por pasturas en las áreas boscosas. (Sánchez, 1995).

En Colombia, debido a la presión para producir alimentos en sistemas estables y rentables a largo plazo, capaces de preservar los recursos naturales, han cobrado especial importancia los árboles forrajeros como fuente para la alimentación animal. Más recientemente ha surgido el manejo de SSP que integran el uso de pasturas, árboles y animales con diferentes objetivos y estrategias de producción (Giraldo, 1994).

Las actividades de investigación desarrolladas en los SSP son descriptivas y no responden a las interacciones árbol-ganado-pastura (Sánchez, 1995) y las evaluaciones son pocas.

¹ M Sc Profesor Asociado Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Apdo. Aéreo 1779 Fax: 94-2300420. Medellín, Colombia. E-mail: silvopas@perseus.unalmed.edu.co

² Zootecnistas. Investigadores Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Apdo. Aéreo 1779 Fax: 94-2300420. Medellín, Colombia

Uno de los aspectos más influyentes en los SSP es la densidad de árboles; por eso interesa conocer las relaciones entre el árbol y la pastura y su influencia en la productividad del pasto.

En la región norte de Colombia (Pinto, Magdalena), se estima que existen alrededor de 15.000 ha con SSP. Aquí se inició un proyecto con el objeto de evaluar el efecto de la incidencia de la sombra en tres densidades de árboles, sobre la cantidad y calidad de la biomasa del forraje de la pastura asociada y el pasto de guinea (*Panicum maximum*). También se estudió el aporte de nutrientes al suelo, a través del reciclaje proveniente de la hojarasca, las ramas y los frutos de los árboles.

MÉTODOS ESTADÍSTICOS Y DE CAMPO

El trabajo se realizó en la finca La Gloria en el municipio de Santa Ana, al sur del departamento de Magdalena, (9°17' LN y 74° 50' LO). El sitio fue clasificado como una zona de vida de Bosque Seco Tropical (bs-T), con una temperatura media anual de 27°C y precipitaciones medias anuales de 1100 mm; distribuidas

bimodalmente y con una altitud de 50 msnm. Los suelos son fértiles (pH=6.4; P=35.2 ppm; Ca= 6.4; Mg= 1.4 y K=0.4 meq/100 g de suelo) y las texturas van desde franco/arenoso a franco/arcilloso.

El SSP natural en la región fue establecido por procesos de regeneración natural y ha venido siendo utilizado en forma comercial, en los últimos años. La composición de estos sistemas comprende árboles muy diversos, sobresaliendo el guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam); cañahuate (*Tabebuia chrysea*); orejero (*Enterolobium cyclocarpum*) y carbonero (*Calliandra calothyrsus*), en asociación con pasto de guinea.

Para los tratamientos se seleccionaron nueve parcelas permanentes de 70x70 m, para un área de 4900 m², en las cuales se realizaron evaluaciones en cuanto al número de árboles y de especies presentes, el área de sombra proyectada por la copa y por la densidad. Se definieron tres tratamientos o densidades de árboles, correspondientes a tres variables experimentales: baja, media y alta (Cuadro 1). En cada tratamiento se seleccionaron tres repeticiones para cada uno, generando en total un área de experimentación de casi 4.4 ha.

Cuadro 1. Características de los tratamientos (4.4 ha) para la evaluación de SSP en Magdalena, Colombia

Tratamiento	Número árb./ha	Número especies árb./ha	Cobertura Copa árb en 4900 m ²
Densidad alta	96a	9b	3667a
Densidad media	89b	13a	2795b
Densidad baja	74c	11a	1546c

Promedios en la misma columna seguidos de letras distintas, son diferentes (p<0.05).



Las investigaciones realizadas sobre SSP son muy descriptivas y no consideran las interacciones árbol-ganado-pastura (Foto G Muñoz)

Se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar con tres repeticiones (bloques), donde las variables experimentales fueron la densidad alta, media y baja. Las variables de respuesta fueron medidas en dos épocas del año (verano e invierno). En el pasto se estimó la disponibilidad de biomasa, biomasa de la raíz a dos distancias del

fuste del árbol -mitad y límite del área de cobertura de la copa-, composición química (proteína cruda, FDA y FDN) y la degradabilidad ruminal *in situ*, mediante la técnica de la bolsa de nylon (Giraldo, 1995). Adicionalmente, en el 10% de las especies de árboles más representativas de cada parcela, se estimó la altura del fuste por la técnica del Blumeleiss, el diámetro del árbol a la altura del pecho y la intensidad de la luz que penetra a través del follaje por medio del densiómetro. También se estimó el aporte al sistema de detritus por los árboles y sus contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio.

En los picos del verano e invierno, se tomaron muestras de biomasa comestible por los animales (hojas y peciolos) de los árboles predominantes y se realizaron análisis de composición química (proteína cruda, FDA, FDN) y de degradabilidad ruminal a diferentes tiempos de incubación con animales canulados del rumen. El análisis de los datos se realizó con el programa SAS, mediante los métodos de ANOVA, GLM y las pruebas de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La magnitud del sombreado depende de la cantidad de árboles por unidad de superficie, de la altura, la arquitectura y la fenología de cada especie. Las pasturas tropicales del tipo metabólico C₄, alcanzan su máxima producción con altos niveles de intensidad lumínica. La influencia de los árboles sobre la producción de las pasturas, considerando solamente la intersección de la radiación solar, se espera que resulte en una reducción en la tasa de producción. El efecto mayor de la intersección lumínica en la cantidad de la biomasa, se da durante el verano y entre densidades alta y media, comparadas con la densidad baja.

El Cuadro 2 muestra el efecto de densidad de los árboles sobre la producción de pasto en el verano e invierno, la densidad de árboles solamente afectó significativamente la producción de biomasa en el período de verano. Diferencias semejantes en la producción de pasto en épocas

Cuadro 2 Efectos de tres densidades de árboles, en la producción de biomasa de *P. maximum*, en dos épocas del año

Densidad de árboles	Disponibilidad de biomasa (kg MS/ha)	
	Verano	Invierno
Alta	3080b (52)*	6028a (19)
Media	3783b(63)	6852a (16)
Baja	7629a (43)	5458a (20)

Promedios con las mismas letras en la vertical no difieren según Duncan ($p < 0.05$). *Entre paréntesis intensidad lumínica que penetra a través del docel de los árboles.

Cuadro 3. Aportes de detritus y medidas dasométricas en tres densidades de árboles en SSP naturales, Colombia

Densidad de árboles	Detritus (kg/ha)	Long. fuste (m)	DAP (cm)
Alta	2732a	3.2a	37.6a
Media	2690a	1.6b	40.9a
Baja	1198b	1.6b	35.8a

Promedios con las mismas letras en la misma columna, no difieren ($p < 0.05$).

diferentes, con densidades de árboles mayores que las utilizadas en este experimento, fueron encontradas por Bustamante (1991). Cameron *et al.*, (1990) reportaron que la mayor producción de pasto se obtuvo cuando hubo una cobertura de árboles del 20%.

Según la especie y las condiciones edáficas, los árboles pueden llegar a horizontes más profundos del suelo, absorber nutrientes y retornarlos a la superficie con la caída natural del follaje, ramas y frutos (Budowski, 1981).

Cuadro 4. Aportes de elementos nutritivos de árboles de carbonero (*Calliandra calothyrsus*) en SSP naturales, con tres densidades de árboles.

Densidad de árboles	Nitrógeno (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)	Potasio (kg/ha)
Alta	41.79a (98.84)a	1.61a (3.22)a	2.54a (10.66)a
Media	48.42a (101.68)a	1.88a (3.22)a	2.07a (10.66)a
Baja	21.56b (43.83)b	0.53b (1.29)a	1.13b (11.53)a

Promedios con las mismas letras en la vertical, no difieren ($p < 0.05$). Entre paréntesis se distinguen los datos de invierno.

En el Cuadro 3 se muestran las evaluaciones dasométricas y el aporte de detritus de los árboles en las tres densidades de los SSP evaluados.

El efecto de los árboles sobre el suelo en los diferentes SSP se traduce en un incremento de la fertilidad y es más marcado cuando los árboles alcanzan tamaños mayores (Giraldo, 1994).

En general, el aporte de nutrimentos por los árboles de carbonero es mayor que los de guácimo. Los valores son superiores en las densidades altas y medias (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 5. Aportes de elementos nutritivos de árboles de guácimo (*G. ulmifolia*) en SSP naturales, con tres densidades de árboles

Densidad de árboles	Nitrógeno (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)	Potasio (kg/ha)
Alta	35.51a (69.21)a*	2.81a (3.27)a	2.91b (33.54)a
Media	33.08a (62.77)a	2.04a (3.19)a	4.84a (32.53)a
Baja	10.30b (26.89)b	0.99a (1.66)a	2.03b (14.09)a

Promedios con las mismas letras en la vertical, no difieren ($p < 0.05$). *Entre paréntesis se distinguen los datos de invierno

En Costa Rica, Russo (1984) encontró un aporte anual de 331 kg de nitrógeno, 32 de fósforo, 156 de potasio, 319 de calcio y 86 de magnesio, en plantaciones de café con 280 árboles/ha de *Erythrina poeppigiana*.

La sombra de los árboles, al atenuar la intensidad de luz y la temperatura foliar de las plantas, modifica también el contenido de proteína cruda de los pastizales tropicales.

Los contenidos de proteína cruda del pasto guinea no se vieron influenciados por las diferentes densidades, tanto en verano como en invierno. Sin embargo, los valores fueron bajos incluso para el invierno. Los contenidos de pared celular en verano son altos y mayores para la densidad media, baja y alta, respectivamente; en cambio, los valores de FDA son menores en época de invierno y no difieren entre tratamientos (Cuadro 6).



Cuadro 6. Contenido de proteína cruda y composición de la fibra del pasto de guinea (*P. maximum*) en dos épocas del año, en SSP naturales en Colombia.

Densidad de árboles	Proteína (%)	FDN(%) verano/invierno	FDA(%)
Alta	3.8a/8.1a	75.9c/72.2a	57.4a/48.6a
Media	3.7a/7.7a	79.5a/72.6a	57.6a/49.1a
Baja	3.6a/7.7a	77.9b/71.2a	56.2a/46.7a

Promedios con las mismas letras en la vertical, no difieren ($p < 0.05$).

Daccarett y Blyndestein (1968) encontraron que la estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) asociada a *Erythrina poeppigiana* (44% de luz) tuvo un 8.4% de proteína; mientras que ese mismo pasto a pleno sol alcanzó una concentración de 6%.

En condiciones de sombreado moderado, se han obtenido mayores concentraciones de nitrógeno en el forraje de las pasturas que crecen en la sombra de los árboles, en relación con los no sombreados (Belsky, 1992).

La producción de raíces de las gramíneas decrece cuando éstas crecen bajo sombra (Wong y Wilson, 1980). Bajo las condiciones de la evaluación, no se observaron efectos de los tratamientos en la biomasa radicular del pasto, por la cercanía de la gramínea al fuste del árbol, excepto en época de verano (Cuadro 7).

Cuadro 7. Contenido de proteína cruda de dos especies de árboles con potencial forrajero, en tres densidades diferentes, durante dos épocas.

Densidad de árboles	Guácimo (<i>G. ulmifolia</i>) verano/invierno	Carbonero (<i>C. calothyrsus</i>) verano/invierno
Alta	10.4a/18.3a	15.4a/24.0a
Media	8.4a/15.5a	17.3a/24.2a
Baja	9.8a/14.6a	18.1a/25.0a

Promedios con las mismas letras en la vertical, no difieren ($p < 0.05$).

En general los forrajes de árboles y arbustos muestran valores de proteína cruda relativamente altos, dependiendo de la especie y del tipo de árbol. En Costa Rica se reportan por ejemplo, contenidos de proteína cruda por encima del 14% en varias especies consideradas como promisorias para los SSP, como la *Leucaena (L. leucocephala)*,

el madero negro (*G. Sepium*) y el guácimo (*G. ulmifolia*) (Pezo *et al.*, 1990).

Los valores de proteína cruda no defirieron entre tratamientos, pero en guácimo son menores y para el carbonero son mayores, ya que éste último es leguminoso, colocándose en ventaja como especie promisoría para SSP. (Cuadro 7)

El valor nutritivo de los árboles varió en los diferentes componentes de la biomasa arbórea: las hojas presentaron mayores concentraciones de nutrientes que las ramas y los tallos. La variación también se ha relacionado con la edad y con la posición en el árbol: las hojas jóvenes fueron más ricas en proteínas que las viejas y éstas además, presentaron baja digestibilidad debido a las concentraciones mayores de lignina y posiblemente de taninos (Benavides, 1991).

Otro factor de la calidad nutritiva relacionado con el potencial forrajero de los árboles, es el fraccionamiento de la fibra. El estudio evidenció un mayor efecto por época del año, que por los tratamientos de densidad arbórea; igualmente las diferencias más marcadas se dan entre especies.

La degradabilidad ruminal para el pasto de guinea en verano fue muy baja (alrededor del 40%), a las 96 horas de incubación intraruminal, independientemente de la densidad de árboles en el sistema silvopastoril. En invierno la degradabilidad de la MS es mayor respecto al verano (65% para densidad alta y baja, y 57% para densidad media, a las 96 horas de incubación ruminal).



El forraje de guácimo presentó mayor degradabilidad ruminal en los árboles con densidad alta (alrededor del 80% a las 72 horas de incubación intraruminal) durante el verano y fue más rápida, a pesar de tener una menor fracción soluble (33% a las seis horas de incubación)

El carbonero tuvo efectos con la densidad alta y en la degradabilidad ruminal del follaje del árbol durante el verano, lo que significa que posee un menor potencial de fermentación ruminal. En invierno, la velocidad de degradación de la MS del follaje de carbonero es más rápida en

las tres densidades, lo que confirma su potencial de fermentación en el rumen.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en las condiciones de la evaluación de los SSP, muestran cómo la baja densidad de árboles en el silvopastoreo, produce mayor cantidad de forraje en la gramínea, especialmente en época de verano. La calidad nutritiva de la pastura se vio más afectada por la época del año, que por la densidad de los SSP.

En la densidad baja se presentan los menores aportes de detritus. Sin embargo, el aporte de nutrimentos a través del detritus, es mayor en el carbonero. Pero los mayores aportes de nitrógeno se dan en altas densidades en ambas épocas. El guácimo es la especie que mayores aportes hace al reciclaje de fósforo, especialmente en densidades bajas.

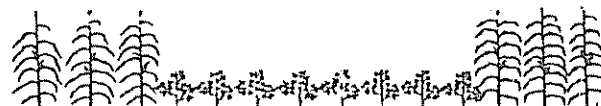
La biomasa de raíces del pasto de guinea, es menor en densidades altas, no obstante, su disminución es menor, cuanto más cerca estén del fuste de los árboles. La época del año parece tener un mayor efecto en la biomasa de las raíces de la pastura, sugiriendo la importancia del estudio de la dinámica de este aspecto en el manejo de los SSP.

La calidad nutritiva del forraje de guinea fue baja en todas las densidades, con mayores efectos en la época seca (especialmente proteína cruda y FDN en verano). La degradabilidad ruminal del pasto no se vio afectada por la densidad de árboles, siendo en todos los casos baja y lenta.

El potencial del aporte de las especies arbóreas a la alimentación animal, en términos de proteína cruda y FDN es buena, sobretodo en verano, donde la calidad de la gramínea disminuye drásticamente. Por otro lado, la degradabilidad ruminal de ambas arbóreas, se vio afectada por la época del año, siendo en general media y más lenta en verano para el guácimo. El carbonero se vio afectado negativamente en su degradabilidad, en la densidad alta ♦

BIBLIOGRAFÍA

- BELSKY, A.** 1992. Effects of trees on nutritional quality of understorey gramineous forage in tropical savannas. *Tropical Grasslands (A.C.T.)* 26 (1):12-20.
- BENAVIDES, J.** 1983. Investigación en árboles forrajeros *In: Curso Corto intensivo sobre técnicas agroforestales con énfasis en la medición de parámetros biológicos y socioeconómicos Contribuciones de los participantes. Comp L Babar. Turrialba, C.R. CATIE (Mimeogr.)* p. irr.
- _____ 1991. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central. Un enfoque agroforestal. *El Chasqui. C.R.* No 25 p. 6-36.
- BUDOWSKI, G.** 1981. Algunas ventajas y desventajas de sistemas agroforestales (presencia simultánea o secuencias de árboles asociados con cultivos y/o plantas forrajeras) en comparación con cultivos no arbóreos. Turrialba, Costa Rica. CATIE 4 p.
- BUSTAMANTE, J.** 1991. Efecto del asocio de árboles de poró (*Erythrina poeppigiana*) sobre la producción y calidad de ocho gramíneas tropicales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE 131 p.
- CAMERON, D.; RANCE, S.; CHARLES, D.; JONES, D.** 1994. Árboles y pastura: un estudio sobre los efectos del espaciamiento. *Agroforestería en las Américas. C.R.* (1): 18-20.
- DACCARET, M.; BLYNDESTEIN, J.** 1986. La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el follaje que crece bajo ellos. Turrialba, C.R. 18(4):405.
- EASRHEM, J.; ROSE, C.** 1990. Tree/pasture interactions at range of tree densities in an agroforestry experiment. Part 1. Rooking patterns. *Australian Journal Agricultural Research* v. 41:683-695.
- GIRALDO, L.A.** 1995. Estandarización de la técnica de la biodegradación ruminal *in situ*, para evaluar forrajes tropicales. III Encuentro Nacional de Investigadores en Ciencias Pecuarias. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Nov 22-23 de 1995. 6 p. (en prensa).
- GIRALDO, L.A.** 1994. Elementos de evaluación integral de Sistemas Silvopastoriles. *In: Memorias del Seminario sobre Agroforestería: Alternativa alimenticia para rumiantes en el trópico. Universidad Nacional de Colombia, CATIE-CIAT-COA-CORPOICA, Universidad Javeriana. Santafé de Bogotá. 27-28 Oct de 1994. 30 p. (en prensa).*
- GIRALDO, L.A.; VELEZ, G.** 1993. El componente animal en los Sistemas Silvopastoriles *Industria y Producción Agropecuaria (Col.)* v. 1 (3):27-31.
- PEZO, D.; KASS, M.; BENAVIDES, J.; ROMERO, F.; CHAVES, C.** 1990. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. *In: Shrubs and tree fodders for farm animals (1989, Denpasar, Indonesia) Proceeding of a workshop Ed. por C. Devendra. Otawa, Canadá. IDRC.* p. 163-175.
- RUSSO, R.** 1984. *Erythrina*: un género versátil en sistemas agroforestales del trópico húmedo. Turrialba, C.R., CATIE Programa de Recursos Naturales 16 p.
- SÁNCHEZ, P.** 1995. ¿Hacia dónde va la agroforestería? *Agroforestería en las Américas. (C.R.)* 2 (5):4-5.
- WONG, C; WILSON, J.** 1980. The effect of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Australian Journal of Agricultural Research* v. 31 (2):269-285. ◇



Agradecemos a todas las personas que durante este año han trabajado con nosotros, en la revisión técnica de los artículos que llegaron para su publicación. A ellas debemos en buena parte, la realización de esta publicación.

Alfredo Alvarado
 Marcelino Avila
 Jorge Benavides
 John Beer
 Gerardo Budowski
 Jorge Faustino
 Alberto Camero
 Philip Cannon
 Glenn Galloway
 Mohammed Ibrahim
 Alejandro Imbach
 Jorge Jiménez
 Donald Kass
 María Kass
 Edgar Köpsell
 Rafael Ocampo
 Danilo Pezo
 Ricardo Russo
 Romeo Solano
 Eduardo Somarriba
 Miguel Vallejo
 Arturo Vargas
 William Vásquez
 Edgar Víquez



AGROFORESTERIA
EN LAS AMÉRICAS