

Producción de biomasa forrajera bajo diferentes densidades de cobertura arbórea en una pastura del valle cálido del Magdalena Tolimense (Colombia)

Production of forage biomass under different densities of tree cover in a pasture of warm valley of Magdalena, Tolima (Colombia)

Rodrigo Serrano MSc¹; Jairo Mora -Delgado, PhD² y Roberto Piñeros Varón, MVZ³.

Resumen

Evaluar la productividad y calidad de la pastura es fundamental en la planificación y direccionamiento de los sistemas de producción bovina. El objetivo de este estudio fue caracterizar el componente herbáceo de la pastura en función de la cobertura arbórea en un potrero del Magdalena Tolimense. Se hizo un muestreo virtual de 19 sitios de análisis, con base a una grilla de 50 x 50 m, superpuesta sobre una imagen satelital Quick Bird de Google Earth® del potrero analizado, en un ambiente SIG usando ArcGIS 9.2. La biomasa total disponible se estimó con el método de doble muestreo por rango visual y se realizaron análisis químicos para evaluar la calidad del forraje. El potrero presentó un valor promedio para disponibilidad de Materia Seca (MS) de 3,8 t/ha; siendo las áreas con cobertura arbórea ≤40% las que presentaron mayor promedio 4,3 t/ha/corte. Hubo diferencias estadísticamente significativas ($p=0.0001$) entre los valores de disponibilidad de MS/ha en función de las 5 clases de cobertura arbórea: ≤20%; ≥20% y ≤40%; ≥40% y ≤60%; ≥60% y ≤80% y ≥80%. En conclusión, la disponibilidad de Materia Seca (MS) bajo las condiciones del potrero evaluado fue más alto en áreas con coberturas intermedias.

Palabras claves: Calidad de forraje, componente herbáceo, ganadería, sombra, SIG.

Abstract

Evaluating productivity and pasture quality is essential in planning and management of livestock systems. The aim of this study was to characterize the herbaceous component of pasture according to the tree cover in a paddock of warm valley of Magdalena, Tolima. A virtual sampling of 19 sites were analyzed based on a 50 x 50 m grid, overlaid on a satellite image Quick Bird from Google Earth® of the paddock, analyzed in a GIS environment using ArcGIS 9.2. Total available biomass was estimated by the method of double sampling for visual range and chemical analyzes were performed to assess the quality of forage. The pasture presented an average value of Dry Matter (DM) available from 3.8 t ha⁻¹; being the areas with ≤40% tree cover which showed higher average 4.3 t / ha / cut. Statistically significant differences ($p = 0.0001$) were found between the values of availability of DM/ha based on the 5 classes of tree cover: ≤20%; ≥20% and ≤40%; ≥40% and ≤60%; ≥60% and ≤80% and ≥80%. In conclusion, the availability of MS under the evaluated conditions was highest in areas with intermediate tree cover.

Keywords: Quality forage, herbaceous component, livestock, shade, GIS.

¹ Profesor asistente, Departamento de Producción Pecuaria, Universidad del Tolima, Colombia.

² Profesor Asociado, Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios, Universidad del Tolima, Colombia; ³ Profesor asistente, Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios, Universidad del Tolima, Colombia.

Recibido para publicación: Agosto 10, 2014; Aceptado para publicación: Diciembre 01, 2014. Este trabajo fue financiado por el Comité Central de Investigaciones de la Universidad del Tolima.

Cómo citar este artículo: Serrano R, Mora J y Piñeros R. Producción de biomasa forrajera bajo diferentes densidades de cobertura arbórea en una pastura del valle cálido del Magdalena Tolimense (Colombia). Revista Colombiana de Ciencia Animal 2014, 7: 73-81

Autor de correspondencia: Doctor Jairo Mora Delgado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima, Tel. 3167146730. Correo electrónico: jrmora@ut.edu.co Copyright © 2014 por Revista Colombiana de Ciencia Animal, Universidad del Tolima

El manejo de sistemas de producción en el Magdalena medio tolimense está basado en pastoreo sobre pasturas degradadas de colosuana (*Botriochloa pertusa*), puntero (*Hyparrhenia*

ruffa), angleton (*Dichanthium aristatum*) y en menor extensión con pastos mejorados de estrella (*Cynodon plectostachyus*), pangola (*Digitaria decumbens*) y gramas naturales. El uso de pasturas degradadas trae como consecuencia altos costos de producción y reducción en los rendimientos de producción animal (Holmann et al., 2004).

La sombra y la biomasa de los árboles pueden contribuir a mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la disponibilidad de nitrógeno para las especies forrajeras herbáceas, mejorar la calidad del forraje y aumentar la producción de forraje frecuentemente. En este sentido, Bolívar et al., (1999) reportaron un

aumento en la producción de materia seca del pasto *Brachiaria humidicola* en asocio con *Acacia mangium*, relacionado con el incremento de la concentración de N y P en el suelo en los sistemas silvopastoriles comparado con la pastura en monocultivo de un suelo ácido en el trópico húmedo. Igualmente, Castro *et al.*, (1999) reportaron un aumento del 20% en la producción de materia seca de *Megathyrus maximus*, bajo sombra artificial.

La cobertura arbórea adiciona nutrientes a las pasturas a través de la deposición de biomasa. El efecto de dos sistemas agrosilvopastoriles, con un pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), leucaena (*Leucaena leucocephala*) y algarrobo (*Prosopis juniflora*) y el otro sistema con pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y algarrobo (*Prosopis juniflora*) en comparación con áreas en donde predomina únicamente el pasto estrella en el Valle del Cauca, Colombia, mostró que a profundidades de 0-10 y 10-20 cm, los contenidos de nitrógeno (N) y materia orgánica (MO) fueron más bajos en el suelo con pasto estrella en monocultivo, que en los suelos de los sistemas con especies leguminosas (Mahecha *et al.*, 1999).

La ganadería predominante en el valle cálido del alto Magdalena se ha orientado a la producción de carne y doble propósito, empleando pasturas degradadas y gramas naturales, las cuales se encuentran frecuentemente asociadas a especies arbóreas, aunque con un deficiente manejo. La interacción entre el componente leñoso y herbáceo en las pasturas puede generar efectos negativos, como es el caso de la cobertura arbórea sobre el crecimiento de las gramíneas y leguminosas herbáceas por competencia de luz, pero puede ser también positiva por la conservación de humedad así como para la disponibilidad de materia orgánica y nutrientes en el suelo (Ramírez, 1997). Algunos estudios han reportado que las gramíneas existentes bajo cobertura arbórea son sometidas a transformaciones importantes debido a la cantidad y calidad de la radiación solar que reciben (Plevich *et al.*, 2002). Otros investigadores indican que la producción de biomasa en las gramíneas disminuye por el efecto que la sombra está ejerciendo sobre la longitud y número de brotes de pasto (Villafuerte *et al.*, 1999; Betancourt *et al.*, 2003), no obstante el área foliar y la eficiencia fotosintética aumenta, dando como resultante forrajes de mejor calidad. La disminución de temperatura, bajo copa reduce la temperatura foliar en la gramínea, lo que a su vez baja los niveles de transpiración, aumentando

la eficiencia de uso de agua de la gramínea (Plevich *et al.*, 2002; Gil *et al.*, 2005).

En los últimos años los periodos de sequía prolongados se han hecho más acentuados, generando condiciones adversas en aspectos relacionados con bienestar animal, producción de biomasa disponible y por lo tanto ineficiencia productiva en los sistemas de producción bovina. Lo anterior ha generado interrogantes en cuanto al diseño de potreros y comportamiento animal, convirtiéndose en objeto de interés para estudiosos de los sistemas silvopastoriles.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la hacienda Pajonales localizada en el municipio de Ambalema, departamento del Tolima (Colombia), parte alta de la cuenca del Magdalena, con coordenadas N 4° 45' 25.9" y W 74° 52' 20.8" y a una distancia de 15 km del casco urbano del municipio de Ambalema. La zona presenta una precipitación media anual del sitio de 1270 mm, una temperatura media de 28 °C y una altitud de 300 m, ubicándose en una zona de vida de bosque seco tropical, según Holdridge (1967). La mayor parte de los suelos corresponden a vertisoles, inceptisoles y molisoles.

Estimación de la cobertura arbórea del potrero

La cobertura arbórea se estimó en una grilla de 350 celdas de 0,25 ha. Cada una, construida en un ambiente GIS y superpuesta a la capa de cobertura arbórea, a través de una imagen satelital Quick Bird de Google Earth® (Figura 1). La cobertura del dosel fue estimada con el uso de ArcGIS 9.2 (licenciado para la Universidad Nacional de Colombia) y procesada en Arc View 3.2 para obtener un mapa de contornos que representaban los límites de las áreas bajo el dosel. Estas áreas fueron convertidas a polígonos, los que a su vez se transformaron a formato *raster*, para finalmente convertir la imagen a puntos distribuidos simétricamente y separados a 5 m². Así se calculó la cobertura a partir del conteo de puntos correspondientes a cobertura en cada celda y expresada en forma porcentual, las cuales fueron clasificadas posteriormente en cinco clases de cobertura: ≤20%; ≥20% y ≤40%; ≥40% y ≤60%; ≥60% y ≤80% y ≥80%. Se construyó una imagen de clasificación de las celdas usando el software libre DivaGis (ver figura 1 b).

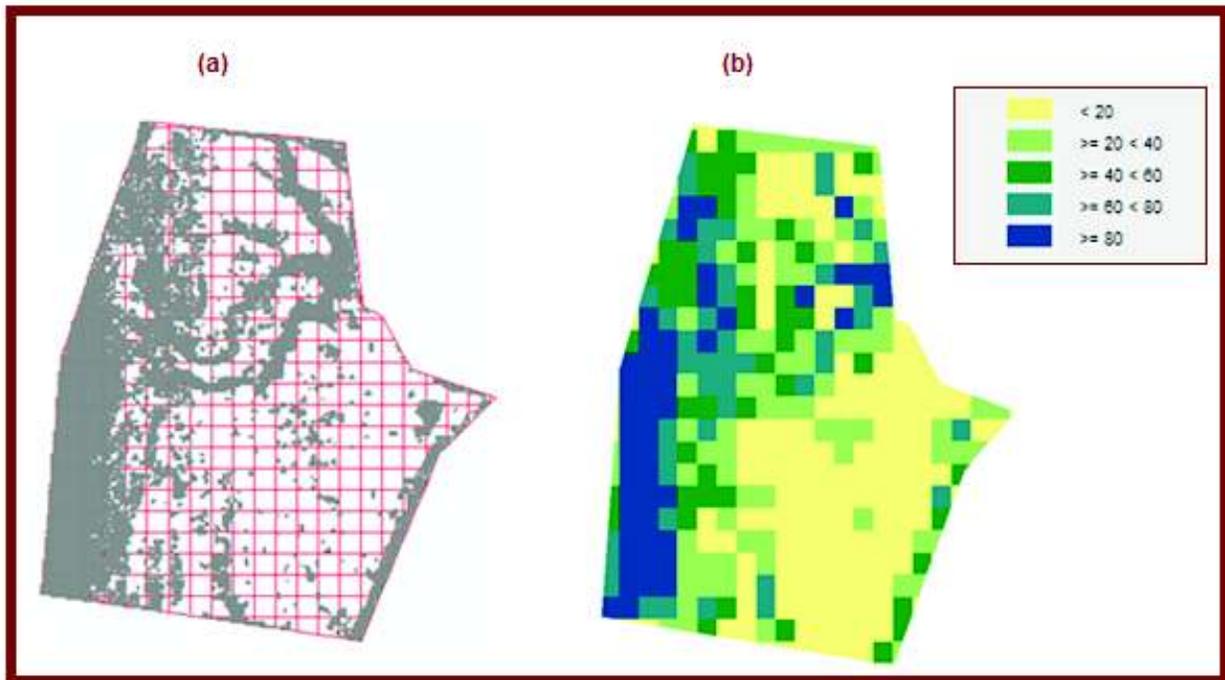


Figura 1. Modelamiento de la cobertura arbórea a partir de la imagen satelital Quikbird. (a) Superposición de una grilla de 2500m² y configuración de contornos construidos con la extensión spatial analyst para ArcGIS. (b) Clasificación por rangos de cobertura usando DivaGIS.

Disponibilidad de forraje

La biomasa total disponible se estimó en 19 parcelas (ver figura 2) usando marcos de madera de 50 x 50 cm (Haydock & Shaw, 1975), el método de aforo utilizado fue el de doble muestreo por rango visual. En cada parcela se identificaron tres sitios con relación a la disponibilidad de biomasa: baja, media y alta, asignando calificaciones de 1, 2 y 3, respectivamente.

En estos puntos se realizó un muestreo destructivo de la pastura, cortando al nivel del suelo la biomasa disponible en marcos de 50 x 50 cm. Luego se pesó la biomasa obtenida en una balanza y se tomaron

muestras para determinar la calidad nutricional. Se efectuó una evaluación visual de 60 sitios por parcela, teniendo en cuenta las calificaciones asignadas inicialmente, cada una de ellas espaciadas 10 m. Una vez pesado, el resultado de cada uno de los tres sitios se multiplicó por el número de observaciones de cada categoría obtenida en la calificación visual, después se procedió a identificar las especies herbáceas presentes en la pastura para pesarlas y definir la composición florística, a partir de valores porcentuales. Se hicieron cuatro aforos en diferentes períodos (25 de noviembre de 2009; 17 de mayo de 2010; 30 de julio de 2010 y 25 de diciembre de 2010).



Figura 2. Mapa de coberturas y ubicación espacial de las 19 parcelas para aforos en función de la cobertura arbórea en un potrero arbolado del Magdalena Tolimense



Figura 3. Ubicación espacial de parcelas seleccionadas para el muestreo de suelos para análisis químico en un potrero arbolado del Magdalena Tolimense.

Muestreo para análisis químico de suelos

Se seleccionaron cinco parcelas de 50 X 50 m en función de la cobertura arbórea (figura 3) y se tomaron cinco muestras de suelo (esquinas y centro) con un barreno a 20 cm de profundidad, previa limpieza del mantillo del sitio a muestrear. Las muestras fueron homogenizadas y luego 2 kg de la mezcla se empacaron en una bolsa plástica, rotulada y enviada al laboratorio LASEREX de la Universidad del Tolima.

Muestreo para análisis bromatológico

A partir del forraje adquirido de los aforos, se obtuvo 1 kg de forraje homogenizado, el cual fue empacado en una bolsa plástica, rotulada y enviada al Laboratorio de Ecofisiología Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad del Tolima. Se realizó el análisis para materia seca por el método de secado en estufa (prueba gravimétrica por diferencia de peso), mientras que los contenidos de FDN, FDA y Lignina se determinaron a partir del método de análisis de la fibra propuesto por Van Soest (1982) y el contenido de PC se determinó con el método de Kjeldahl siguiendo los protocolos de AOAC (1990).

Análisis estadístico

El análisis estadístico de la producción de biomasa y su relación con la cobertura arbórea en un potrero arbolado, se analizó con el paquete estadístico SPSS v.20. Se realizaron gráficos de barras para representar la disponibilidad de materia seca en función de

las épocas. Para explicar la producción de materia seca/t/ha de (*Bothriochloa pertusa*) en función de las clases establecidas para cobertura arbórea se realizó un análisis de varianza, donde se interpretaron las clases de cobertura como los tratamientos a contrastar y la prueba de comparación múltiple de Duncan. Para comparar la producción de materia seca (t/ha) en función de las épocas se realizó una prueba t-Student para muestras independientes.

Resultados y discusión

Disponibilidad de biomasa en función de la cobertura arbórea

La disponibilidad de materia seca de acuerdo con la clasificación porcentual de la cobertura arbórea en el potrero se puede observar en la tabla 1. El potrero estudiado (54 ha) presentó un valor promedio para disponibilidad de materia seca (*Bothriochloa pertusa*) durante las dos épocas de 3,8 t/ha/corte sin la aplicación de fertilizante y con 100 vacas pastoreando durante 50 días; siendo las áreas con cobertura arbórea $\leq 40\%$ las que presentaron mayor promedio en disponibilidad de materia seca 4,3 t/ha/corte. El pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa*) se encontraba en una proporción superior al 94% de cobertura herbácea, el 6% restante estaba compuesto por *Desmodium triflorum*, *Connelina diffusa*, *Desmodium tortuosum*, *Aspilla tonella* y *Pavonia fruticosa*. Por estas características, la pastura del potrero se definió como monofítica, constituida casi en su totalidad por una sola especie de gramínea. *Bothriochloa pertusa* presenta una alta producción de semilla y la

convierte en una gramínea invasora y agresiva que impide el desarrollo de otras especies de gramíneas y leguminosas en la pradera (CORPOICA, 2005).

La disponibilidad promedio de materia seca estimada para el potrero en estudio fue similar a lo reportado en otras investigaciones, cuando interactúan pastos y especies arbóreas en los potreros (Scholes & Archer, 1997; Cruz et al., 1999). Abaunza et al. (1991), reportaron valores para algunas gramíneas que difieren de manera general en algunos casos a los de *Bothriochloa pertusa* en el departamento del Cauca Colombia: *Brachiaria decumbens* (2,7 t/ha), *Brachiaria humidicola* (4,1 t/ha), *A. gyanus* (5,6 t/ha) y *P. plicatulum* (2,7 t/ha), los valores corresponden a biomasa por corte en promedio cada 3, 6, 9, 12 y 15 semanas en época de máxima precipitación. Estas diferencias marcadas para materia seca entre algunas gramíneas pueden darse debido a factores como la época, la frecuencia de pastoreo, por la calidad y cantidad de radiación solar incidente al estrato herbáceo en potreros con pasturas nativas o, debido a la implementación de especies mejoradas en asocio con especies leñosas (Ella et al., 1991 y Acciaresi et al., 1994).

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de disponibilidad de materia seca/h/corte en función de la cobertura arbórea ($p=0.0001$), mostrando que en las zonas de cobertura B se presentó el mayor valor para disponibilidad de materia seca en t/ha/corte, seguida de la cobertura A, mientras que en las áreas con coberturas clasificadas como C,D y E se presentaron los valores más bajos (tabla 1). Esta situación en parte puede explicarse con lo reportado por Pezo e Ibrahim, (1999) quienes plantean que las especies de pastos tropicales (C4) tienen un crecimiento heterogéneo en función de la sombra.

Tabla 1. Relación entre la disponibilidad de materia seca y la cobertura arbórea en el potrero de estudio. Letras diferentes denotan diferencias estadísticas ($p>0,05$).

Cobertura arbórea (%)	Disponibilidad de materia seca (t/ha/corte)
A: <20%	4,16 b
B: ≥20 - ≤40	4,54 c
C: ≥40 - ≤60	3,45 a
D: ≥60 - ≤80	3,53 a
E: ≥80	3,52 a ¹

La **Figura 4.** muestra la producción promedio en el potrero estudiado para *B. pertusa* durante dos periodos de evaluación; el primero de menor

precipitación en el mes de julio de 2010 y el segundo de mayor precipitación en el mes diciembre de 2010, con un periodo de descanso de 16 semanas, teniendo en cuenta los diferentes rangos de cobertura arbórea. Se observó que las áreas con una cobertura arbórea ≤40 % presentaron una mayor producción de biomasa disponible en materia seca, si se compara con los demás valores correspondientes a los rangos establecidos para cobertura arbórea durante las dos épocas. Para comparar la producción de materia seca/t/ha en el potrero evaluado, teniendo en cuenta los periodos evaluados de mayor y menor precipitación se realizó la prueba t-Student para muestras independientes, indicando que no se detectan diferencias entre las épocas para la producción de materia seca/t/ha. Lo anterior muestra una tendencia diferente en comparación con lo reportado por Chamorro et al. (2005) en un estudio realizado en el municipio de Saldaña Tolima (Colombia), bajo condiciones de bosque seco tropical, donde señalan que la disponibilidad de materia seca para *B. pertusa*, teniendo en cuenta la época del año fluctuó presentando valores más altos durante la época predominantemente seca.

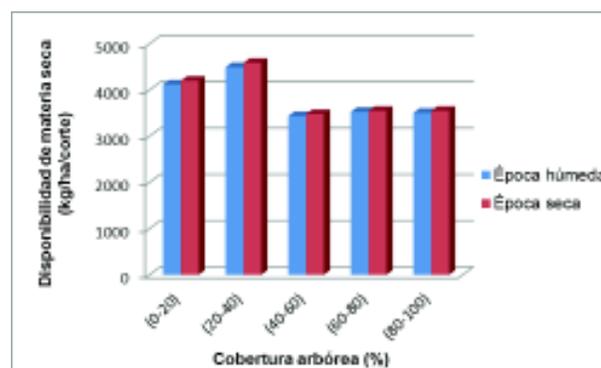


Figura 4: Disponibilidad de materia seca de *Bothriochloa pertusa* por corte durante época de lluvia y época predominantemente seca en función de la clasificación para cobertura arbórea en el potrero objeto de estudio.

Calidad nutricional

Los valores más altos en porcentaje para proteína cruda, en la biomasa disponible del potrero en estudio se observaron en las áreas con cobertura entre 60 y 80%, mientras los más bajos estuvieron en las áreas de cobertura entre 20 y 40% (8,3 y 7,2%, respectivamente). No obstante, estos resultados contrastan con los reportados por Abaunza et al., (1991) para otras gramíneas tropicales; especialmente del género *Brachiaria*, los cuales oscilan entre 11 y 13 % de proteína bajo condiciones

de trópico seco. Se debe tener en cuenta que las gramíneas utilizadas comúnmente en el trópico, presentan una amplia variación en los contenidos de proteína cruda, la cual está directamente relacionada con el periodo vegetativo, variando entre 9 y 4 % (Loch, 1977). La proteína cruda para *Bothriochloa pertusa* en el potrero evaluado se encontró dentro de ese rango.

Otros estudios para pasto estrella confirman la influencia del ciclo vegetativo en los contenidos de proteína en biomasa con reducciones de hasta 33%, es decir, una reducción del 9,6% al 6,6% en función del día de corte (Rodríguez *et al.*, 1977).

Por otra parte, es evidente la influencia de la sombra sobre el contenido de proteína en los pastos. Piñeros *et al.* (2011) encontraron una mejor respuesta en *Bothriochloa saccharoides* bajo 50 y 30 % de cobertura presentando un contenido de proteína mayor que a libre exposición (11,4% y 10,5% y 8,3%, respectivamente). Al respecto Eriksen y Whitney (1981) indican que la intensidad de luz que reciben las pasturas modifica la composición química del forraje. A su vez, Mahecha *et al.*, (2001) evaluaron la disponibilidad de biomasa para *Panicum maximum* en asociación con *Eucalyptus tereticornis* de 10 y 5 m de altura, encontrando que en época predominantemente seca la producción de la gramínea en los sistemas que tenían árboles de 10 m de altura se redujo en un 66%, en relación con los sistemas que tenían árboles de 5 m de altura. Igual tendencia encontraron estos mismos autores en la proteína cruda, la cual se redujo en un 59% (9,2 vs 3,76%), explicando de esta manera la injerencia del dosel en la producción y calidad de biomasa.

Las variaciones climáticas favorables ocasionadas con la sombra bajo el dosel de las especies arbóreas, aumenta la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, desencadenando factores relacionados con la calidad de la biomasa disponible. Los contenidos de proteína cruda aumentan en las gramíneas que se asocian con especies arbóreas en comparación con pasturas no asociadas (Bustamante, 1991; Belsky, 1993; Carvalho, *et al.*, 1994).

El mayor contenido de pared celular se encontró en la cobertura entre 40 y 60% con un 70% de FDN y 56% de FDA, mientras el menor porcentaje de FDN se registró en coberturas entre 60-80% con 66% y el menor porcentaje de FDA (52%) se registró en coberturas \leq 40%. La mayor lignina en la pastura fue registrada a 40-60% de cobertura, con un valor

de 25%, mientras la menor (20%) se detectó a menos de 20% de cobertura (ver tabla 2). Los datos denotan valores altos de FDN y FDA, lo cual incide en la capacidad de ingestión y digestibilidad de las especies forrajeras y posiblemente califique a este forraje como de tercera, según la clasificación de Linn *et al* (1987).

La variabilidad en el contenido de PC, FDN y FDA concuerda con reportes que mencionan variación en la calidad del forraje por efecto de la sombra, específicamente en lo relacionado con proteína y digestibilidad (Pezo e Ibrahim, 1999). Teniendo en cuenta que el contenido de FDN está correlacionado positivamente con la densidad del forraje y el llenado del rumen; se puede decir que un mayor contenido de fibra detergente neutro en la biomasa disponible para alimentación bovina provoca un menor consumo de materia seca (Belyea *et al.*, 1996).

Tabla 2. Calidad nutricional para colosuana (*Bothriochloa pertusa*) en diferentes niveles de cobertura arbórea.

Cobertura	MS	PC	FDN	FDA	LIGN
%					
<20	31,3	7,3	68	52	20
\geq 20 - <40	35,1	7,2	69	52	21
\geq 40 - <60	33,9	7,9	70	56	25
\geq 60 - <80	33,8	8,3	66	55	22
\geq 80	33,9	8,2	66	54	24

MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; LIGN: Lignina.

Propiedades químicas de suelos

Los valores porcentuales para materia orgánica en el suelo del potrero evaluado muestra que en las parcelas D (83) y A (275) (figura 3) con cobertura arbórea entre 60 - 80 y <20% es donde se reflejan los valores más altos con (1,3 y 1,2 % respectivamente), mientras que en la parcela E (207) con cobertura entre 80 y 100% se presenta el valor más bajo con 0,3% para materia orgánica.

Los valores bajos de materia orgánica en suelos con una cobertura arbórea superior al 80%, posiblemente se expliquen por el tipo de textura del suelo presente en estas parcelas. Si se tiene en cuenta el valor bajo para arcilla (6,5%) y alto para arena (73,5%) en comparación con los suelos de las parcelas con mayor contenido de materia orgánica (D 83) los cuales presentaron una proporción de arcilla más alta (12,5%). Al respecto, la mayor capacidad de retención de materia orgánica puede lograrse en

suelos arcillosos en comparación con suelos arenosos (Jenkinson, 1988; Amato y Ladd, 1992; Hassink, 1994). Los sistemas agroforestales pueden generar cambios en los componentes químicos del suelo, permitiendo la renovación constante de niveles de fertilidad a partir del retorno al suelo de hojas, frutos y ramas, lo cual incide significativamente en el aumento de la materia orgánica (Alonso *et al.*, 2007). Esto fue ratificado por Murray *et al.* (2011) quien reporta variaciones con tendencia positiva en la MO de suelos en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México en cinco años pasando de 0,51% hasta llegar a 3,85%; lo cual denota la importancia que tiene la cobertura arbórea para el mejoramiento de algunos componentes del suelo. En términos generales, puede afirmarse que los valores de materia orgánica en el potrero estudiado son bajos según los estándares para clima cálido (Estrada, 2002).

En la tabla 3 se pueden observar los valores para macro y micro minerales resultantes del análisis químico del suelo. En la calificación para Calcio y Magnesio por parcela los valores promedio se encuentran entre Adecuado y Alto; para el Sodio la calificación en todas las parcelas es Normal.

El Potasio en las cinco parcelas tiene calificación Medio, mientras que el Hierro, el Cobre y el Zinc, tienen calificación de Muy Bajo para las cinco parcelas. Las calificaciones anteriores se refieren del documento producto del análisis químico de suelos realizado en el laboratorio LASEREX de la Universidad del Tolima.

Los valores para Materia Orgánica, Calcio, Potasio, Boro, Cobre y Zinc para el análisis químico de suelo del potrero en estudio presentan similitud con lo reportado por Cuesta (2005) para potreros del municipio de Saldaña Tolima y el bajo Cauca Antioqueño con valores bajos para materia orgánica (1,1%) y (1,3%), altos en Calcio y con bajos niveles para Potasio, Boro, Cobre y Zinc.

Sánchez e Isbell (1979) reportan que el 55% de los suelos de América Tropical se clasifican de baja fertilidad, presentando limitantes químicas para la implementación de cultivos. Por otra parte, Sánchez y Salinas (1982) hablan que en América Tropical predominan los suelos ácidos, debido a deficiencias en algunos macro y microelementos (P, N, K, S, Ca, Mg y Zn), toxicidad por aluminio y alta retención de fósforo.

Tabla 3. Propiedades químicas de suelos para el potrero de estudio en función del porcentaje de cobertura arbórea en el Magdalena-Tolimense.

Parámetro químico	Unidad	Cobertura arbórea (%)				
		<20	20-40	40-60	60-80	>80
MO	%	1,2 (B)	0,6 (MB)	0,5 (MB)	1,3 (B)	0,3 (MB)
Fosforo	mg/kg	36,7 (M)	67,6 (Ad)	17,5 (MB)	21,5 (B)	68,5 (Ad)
Calcio	meq/100g	3,7 (Ad)	2,7 (Al)	3,2 (Ad)	8,2 (MA)	1,6 (Ad)
Magnesio	meq/100g	1 (M)	1,5 (Ad)	1,7 (Ad)	2,7 (MA)	0,7 (M)
Sodio	meq/100g	0,1 (N)	0,05 (N)	0,05 (N)	0,05 (N)	0,05 (N)
Potasio	meq/100g	0,12 (M)	0,12 (M)	0,14 (M)	0,29 (Ad)	0,11 (M)
Hierro	mg/Kg	5,9 (MB)	5,6 (MB)	4,8 (MB)	1,3 (MB)	6,4 (MB)
Cobre	mg.Kg	0,2 (MB)	0,2 (MB)	0,4 (MB)	0,2 (MB)	0,3 (MB)
Zinc	mg.Kg	0,4 (MB)	0,3 (MB)	0,5 (MB)	0,3 (MB)	0,4 (MB)
Manganeso	mg.Kg	13,3 (Ad)	8,8 (B)	10 (B)	2,7 (MB)	22,4 (Al)
Boro	mg.Kg	0,4 (M)	0,6 (Al)	0,5 (M)	0,05 (MB)	0,5 (M)
Azufre	mg.Kg	30 (M)	103 (MA)	21,9 (M)	50,8 (MA)	68,3 (MA)

N: normal, MB: muy bajo, B: bajo, M: medio, Ad: adecuado, Al: alto, MA: muy alto.

Conclusiones y recomendaciones

Bajo las condiciones del área evaluada la cobertura arbórea con niveles de intermedios a bajos, ejercen un efecto positivo sobre la disponibilidad de biomasa, causado posiblemente por la mayor transmisión de

energía solar hacia el estrato herbáceo.

La composición herbácea de la pastura del potrero dominada por *Bothriochloa pertusa* (94%), reafirma su capacidad invasora y la agresividad que impide el desarrollo de otras especies. Lo anterior dimensiona

la importancia de incluir algunas especies arbóreas y arbustivas en la composición de este tipo de pasturas, que ayuden a incrementar la fijación de Nitrógeno y el aporte proteico.

El porcentaje de materia seca para *Bothriochloa pertusa* indica que cuando la gramínea estuvo bajo coberturas clasificadas entre 20 y 40% presentó los valores más altos (35,1%) y coberturas <20% presentó el valor más bajo (31,3%), lo que sugiere la existencia de una relación directa entre cobertura arbórea y porcentaje de materia seca, bajo las condiciones del potrero donde se desarrolló la investigación.

Algunos reportes de la costa norte colombiana indican que *Bothriochloa pertusa* a los 21 días de edad, en época de lluvias, presenta 11,35% de proteína cruda y 70,81% de degradabilidad. Durante la época seca, a esa misma edad, la proteína cruda es de 8,5% y 58,03% de degradabilidad. Requiere fertilización mínima (kg/ha del elemento) N: 50, P₂O₅: 45,8, K₂O: 18, MgO: 24,75, SO₄: 44,85. En pastoreo continuo, resiste pisoteo y pastoreo fuerte. En pastoreo rotacional con 28 días de descanso, se obtiene forraje residual, de mucha utilidad para la época seca (Corpoica, 2010; Cuadrado *et al.*, 1996). Estos datos permiten dimensionar el alto valor forrajero de *Bothriochloa pertusa*, teniendo en cuenta que la información relacionada con biomasa disponible, producto del estudio realizado en el alto Magdalena tolimese proviene de un área donde no se fertiliza la pastura, y aún así los valores para proteína cruda son aceptables (7 y 8%). Se recomienda realizar estudios para evaluar disponibilidad de materia orgánica bajo diferentes coberturas y texturas de suelos para confirmar la incidencia de la arcilla sobre la retención de materia orgánica en el suelo.

Agradecimientos

Al Comité Central de Investigaciones de la Universidad del Tolima y a la Organización Pajonales S.A.

Referencias

Abaunza, M. A.; Lascano, C. E.; Giraldo, H.; Toledo, J. M. 1991. Valor nutritivo y aceptabilidad de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales en suelos ácidos. *Pasturas tropicales*, Vol. 13 No. 2. p 3,4.

Acciari, H, Ansin, O.E. & Marlats, R.M. 1994. *Sistemas Silvopastoriles: Efecto de la densidad arbórea en la penetración*

solar y rendimiento de forraje en rodales de álamo (*Populus deltoides* Marsh). *Agroforestería en las Américas*. Comisión de investigación Científica de la Provincia de Buenos Aires Argentina. Avances de Investigación. Octubre - diciembre de 1994. pp 6-9.

Alonso J, Sampaio R, Febles G, Achang G. 2007. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente *Revista Ciencias Agrícolas*, Cuba San José de las Lajas. La Habana; 41: 189-192.

Amato, M. and Ladd, J. N. 1992. Decomposition of ¹⁴C-labelled glucose and legume material in soils: Properties influencing the accumulation of organic residue C and microbial biomass *C. Soil Biol. Biochem.* 24:455-464.

AOAC.1990. *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. 15 Ed., Arlington, Virginia, USA.

Belsky, A. J., Mwonga, S. M., Duxbury, J. M.1993. Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannahs. *Agroforestry systems* 24: 1-20

Belyea, RL., Steevens, B., Garner, G., Whittier, J., and Sewell, H., 1996. *Using NDF and ADF To Balance Diets* Missouri University Extension: G3161.

Benavides, J.E. 2000. La morera, un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico. *Pastos y Forrajes*.

Betancourt, Katty., Ibrahim, M., Harvey, Celia & 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.

Bolívar, D.; Ibrahim, M.; Kass, D.; Jimenez, F.; Camargo, J. C. 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*, Turrialba, 6 (23):48-50.

Bustamante, J. 1991. Evaluación de comportamiento de ocho gramíneas forrajeras asociadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) y solas. Tesis Mag. Sc. Turrialba Costa Rica CATIE 131 p.

Carvalho M M, Freitas V, Almeida D S, Villaca, H.1994. Efeito de árvore sisoladas sobre a disponibilidade e composicao mineral da forragemem pastagens de braquiaria. *Sociedade Brasileira de Zootecnia* Vol. 23 (5): 709-719.

Castro, C.R.T.; Garcia, R.; Carvalho, M.M.; Couto, L. 1999. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 28 (5): 919-927.

Chamorro, D.R., Carulla, J.E., y Cuesta, P.A. 2005. Caracterización nutricional de dos asociaciones gramínea-leguminosa con novillas en pastoreo en el Alto Magdalena. *Revista CORPOICA*. Vol. 6 (2): 37-51.

CORPOICA., 2005. Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones caribe y valles interandinos. *Arteprint Ltda*. Página 50.

Corpoica 2010. Informe final Producción y valor nutritivo del pasto colosuana *Bothriochloa pertusa*, bajo diferente carga animal y días de descanso.

Cruz P., J. Siera., JR. Wilson., M. Dulornme y R. Tournbeize., 1999. Effects of shade on the growth and mineral nutrition

- of tropical grasses in silvopastoral systems. *Ann. AridZone*, 38(3&4): 335-361.
- Cuadrado H, Torregroza L, Ballesteros J. 1996. Producción, composición química y degradabilidad del pasto Colosuaña *Bothriochloa pertusa* en diferentes épocas y edad de rebrote. *Proyección investigativa* 4. ISSN 0121-3245. Universidad de Córdoba. pp 107-117. Montería, Córdoba, Colombia.
- Cuesta, M. Pablo. Antonio., 2005. Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las Regiones Caribe y Valles interandinos CORPOICA capítulo IV páginas 43-63.
- Ella, A, Stur, W. W., Blair, G. J. & Jacobsen, C.N. 1991. Effect of plant density and cutting frequency on the yield of four tree legumes and interplanted *Panicum maximum* cv Riversdale. *Tropic. Grassl.* 25:281.
- Eriksen FI, Whitney AS. 1981. Effects of light intensity on growth of some tropical forage species. 1. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. *Agron J* 73:427-433.
- Estrada, J. 2002. Pastos y Forrajes Para el trópico colombiano. Universidad del Caldas. Manizales Colombia.
- Gil, J.L., Espinoza, Y., Obispo, N., 2005. Relaciones suelo-planta-animal en sistemas silvopastoriles. *Revista digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. 9: 20-26. URL: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos. Visitado el 06/03/2006
- Giraldo LA. 2000. Sistemas silvopastoriles para la ganadería en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 87 p.
- Google Earth (2010) <http://earth.google.com>
- Hassink, J. 1994. Effects of soil texture and grassland management on soil organic C and N and rates of C and N mineralization. *Soil Biol. Biochem.* 26: 1221-1231.
- Haydock, KP., and Shaw, NH., 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15 (76): 662-670.
- Holdridge, LR., 1967. «Life Zone Ecology». Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: «Ecología Basada en Zonas de Vida», 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982).
- Holmann, F., Argel, P., Rivas, L., White, D., Estrada, RD., Burgos, C., Pérez, E., Ramírez, G., Medina, A., 2004. Beneficios y costos de la rehabilitación de pasturas degradadas en Honduras, Honduras. *Pasturas Tropicales*. Vol. 26, No. 3.
- Jenkinson, D.S. 1988. Soil organic matter and its dynamics. *In: Wild, A. (Ed.). Russel's soil conditions and plant growth*. 11th ed. Longman. New York, USA. p. 564-607.
- Loch, D. S. 1977. *Brachiaria decumbens* (Signal grass). A review with particular reference to Australia. *Tropical Grass*, 11: 141-157.
- Linn J. G., Martin N. P., Howard W. T. and Rohweder D. A. 1987. Relative feed value as a measure of forage quality. *Minnesota Forage UPDATE*. Vol XII, No. 4. pp 2,4. Minnesota Forage and Grassland Council.
- Mahecha L, Arroyave JF, Monsalve MA. 2001. Evaluación de la ceiba de novillos Cebú en sistemas silvopastoriles de *Eucalyptus tereticornis* y *Panicum maximum*, en la Reforestadora San Sebastián: I. Época predominantemente seca. En: *Memorias VI Encuentro Nacional de Investigadores de las Ciencias Pecuarias*. Universidad de Antioquia, Medellín, 8 y 9 de Noviembre de 2001. p 5.
- Mahecha, L., M. Rosales y C. Molina., 1999. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala* - *Cynodon plectostachyus* - *Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca. En Sánchez M. y M. Rosales (Eds.) *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. Serie FAO Producción y Salud Animal, No. 143. Roma, Italia. pp. 407-420.
- Murray Núñez, RM; Bojórquez Serrano, JI; Hernández Jiménez, A; Orozco Benítez, MG; García Paredes, JD; Gómez Aguilar, R; Ontiveros Guerra, HM; Aguirre Ortega, J. 2011. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* Julio 2011 Vol. 1 Núm. 3 Año 2 Páginas 27 a 35.
- Ospina A., Alfredo. 2003. *Agroforestería: aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal*. Cali, Colombia: ACASOC. 209 p.
- Pezo, D., & Ibrahim, M., 1999. *Sistemas silvopastoriles*. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, Turrialba, Costa Rica. p. 276.
- Plevich, J., Nuñez, C., Cantero, J., Deaestri, M., Viale, S., 2002. Biomasa del pastizal bajo diferentes densidades de pino (*Pinuselliottii*). *Agroforestería en las Americas*. 33-34: 19-23.
- Piñeros, P; Mora Delgado, P; Holguín, V. A. 2011. Respuesta del pasto *Bothriochloa saccharoides* ([Sw.] Rydb.) a diferentes densidades de sombra simulada en el valle cálido del Magdalena en el Tolima (Colombia). *Revista CORPOICA*. Volumen 12 - No. 1. 40-50 p.
- Ramírez, H., 1997. Evaluación de dos sistemas silvopastoriles integrados por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*. En: *Seminario Internacional de Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. CIPAV. Cali.
- Rodríguez Carrasquel, S. y D.E. Morillo. 1977. Effect of cutting frequency and application. Offertilizer yield and chemical composition of *Cynodon nlemfuensis*. *Agronomía Tropical* 27: 613.
- Sánchez P.A, Isbell R.F. 1979. Comparación entre los suelos de los Trópicos de América Latina y Australia. *In: Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. L.E. Tergas y P.A. Sánchez (eds.). CIAT, Serie 0365-5 29-58 p.
- Sánchez, P.A y Salinas J. 1982. Suelos ácidos, estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Bogotá, Colombia SCCS. 93 p.
- Scholes R.J y S.R. Archer. 1997. Tree-grass interactions in savannas. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 28: 517-544.
- Villafuerte, L., Arze, J., Ibrahim, M., 1999. Rendimiento de pasturas con y sin sombra en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 6:2-23. 54-56.