



Valoración de sistemas convencional y silvopastoril multiestrato en bosque muy seco tropical

Evaluation of conventional and silvopastoral multilayer systems in very dry tropical forest

Gálvez-Cerón, A.L.^a, Bolaños-Bolaños, M.^b, Gómez-Daza, Y.^c

^a Zootecnista, MSc, PhD en Producción Animal, Docente Facultad de Ciencias Pecuarias - Universidad de Nariño

^b Estudiante Programa de Zootecnia, Facultad de Ciencias Pecuarias - Universidad de Nariño

^c Estudiante de Zootecnia, Facultad de Ciencias Pecuarias - Universidad de Nariño.

ARTICLE INFO

Keywords:

Edible biomass
Bromatological
Secondary metabolites

Review Article,
Animal Science

*Corresponding author:

Arturo Gálvez
E-mail address:
galvezceron@udenar.edu.co

ABSTRACT

It was established a silvopastoral multilayer system (SSPm) by natural assisted regeneration (T1) in the area of very dry tropical forest (bms-T) in the municipality of Mercaderes, Department of Cauca, Colombia, which was compared with a conventional system (SC) of *Cynodon plectostachyus* (K. Schum) Pilg) monoculture (T2). The study area is located at 580 m a. s. l., with precipitation between 600 and 800 mm⁻¹ year⁻¹, and average annual temperature between 27 and 35 °C. Some chemical properties were assessed (N, P, K, organic matter [MO], pH) of the soil, floristic diversity, quantity and quality of the forage supply in the treatments, in rainy and dry season, in order to determine the productive and diversity advantages that the silvopastoral systems offer to achieve sustainable livestock production with a constant production of quality edible biomass at all times of the year, and guaranteeing the fertility of the soil. Soil analysis reported higher values in N, K and MO in the SSPm, while in the SC it was obtained higher value of P and pH. The number of plant species in the silvopastoral system was increased by finding 23 vegetable species compared with 4 species found in the conventional system. It was showed how silvopastoral systems favor the production of edible biomass (28.84 Mg MS ha⁻¹ year⁻¹ in SSPm comparative 5.09 Mg MS ha⁻¹ year⁻¹ in SC), finding significant differences between treatments (p < 0.05). Thus, it can be concluded that this type of systems represents a good alternative for livestock in this region.

RESUMEN

Se estableció un sistema silvopastoril multiestrato (SSPm) por regeneración natural asistida (T1) en zona de bosque muy seco tropical (bms-T) en el municipio de Mercaderes, Colombia, que se comparó con un sistema convencional (SC) de monocultivo de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* (K. Schum) Pilg)) (T2). La zona de estudio se encuentra a 580 m s. n. m., con precipitación entre 600 y 800 mm⁻¹ año⁻¹, y temperatura media anual entre 27 y 35 °C. Se evaluaron algunas propiedades químicas del suelo (N, P, K, materia orgánica [MO], pH), diversidad florística, cantidad y calidad de la oferta forrajera en los tratamientos, en temporada de lluvias y seca. El análisis del suelo reportó valores superiores en N, K y MO en el SSPm, mientras que en el SC se obtuvo mayor valor de P y pH. En el sistema silvopastoril se encontraron 23 especies vegetales frente a 4 especies encontradas en el sistema convencional. Los sistemas silvopastoriles favorecen la producción de biomasa comestible (28,84 Mg MS ha⁻¹ año⁻¹ del SSPm frente a 5,09 Mg MS ha⁻¹ año⁻¹ en el SC), encontrándose diferencias significativas entre tratamientos (p < 0,05); por lo tanto, este tipo de sistemas representa una buena alternativa para la ganadería en esta región.

Palabras clave: Biomasa comestible, bromatológico, metabolitos secundarios.

INTRODUCCIÓN

La ganadería ocupa un lugar destacado dentro de la economía en Colombia, con el 53% del Producto Interno Bruto (PIB) pecuario, el 19,8% del agropecuario y el 1,3% del PIB nacional (FEDEGÁN, 2006). El manejo ganadero tradicional implica generalmente una alta dependencia de insumos externos, incrementando los costos de producción y ocasionando muchas veces graves problemas ambientales (Ojeda et al., 2003), ca-

racterizándose además por producir forrajes con bajos rendimientos de biomasa y deficiente calidad nutricional (Villareal et al., 2006).

A su vez, la transformación de los ecosistemas naturales hacia monocultivos de pastos ha ocasionado pérdida de biodiversidad y simplificación de los procesos. La reducción de la cobertura vegetal, el sobrepastoreo y el uso indiscriminado de insumos químicos ocasionan un descenso en la biodiversidad y reducen los servicios ambientales (Zuluaga et al., 2011).

Los sistemas silvopastoriles tienen el potencial de conservar los recursos naturales y reducir los daños ocasionados por la variabilidad climática, controlar la erosión de los suelos, aumentar la calidad del forraje y disminuir la estacionalidad de la producción, además de promover la biodiversidad vegetal y animal (Lamela et al., 2009). Es así como estos sistemas se presentan como una alternativa que mejora la producción de biomasa comestible a lo largo de todo el año y mejora las características fisicoquímicas del suelo, crea un microclima confortable para los animales, armonizando la producción con el entorno (Bueno, 2012).

El presente trabajo tuvo como objetivo comparar un sistema convencional de monocultivo de pasto estrella (*C. plectostachyus*) con un sistema silvopastoril multiestrato por regeneración natural asistida, para encontrar alternativas de producción ganadera sostenible y adaptable a las condiciones semiáridas de la región, con estrategias innovadoras que favorecen y potencian la capacidad productiva del sistema forrajero a lo largo del año, mejorando los ingresos de las familias y mitigando los efectos negativos del cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la finca Matacea, vereda El Vado, municipio de Mercaderes, departamento del Cauca, Colombia. Está ubicada en el área geográfica del Valle del río Patía, correspondiente a una zona de vida de bosque muy seco tropical (bms-T), según Holdridge (1978), con una precipitación entre 600 y 800 mm⁻¹ año⁻¹, temperatura media anual entre 27 y 35 °C y altitud de 580 m s.n.m. (Alvear y Melo, 2012). Se compararon algunas variables químicas (N-P-K, materia orgánica [MO], pH), en los dos sistemas, cuyos análisis se realizaron en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, bajo la siguiente metodología: Nitrógeno total (N) se realizó mediante el cálculo con base en la materia orgánica; fósforo disponible (P) a través de Bray II y Kurtz (Norma Técnica Colombiana-NTC-5350), técnica espectrofotométrica UV-VIS; potasio (K) de cambio mediante CH₃COONH₄ 1N pH 7 (NTC 5349), técnica espectrofotométrica de absorción atómica; materia orgánica (MO) mediante el método de Walkley-Black colorimétrico (NTC 5403), técnica espectrofotométrica UV-VIS, y pH mediante la técnica potenciométrica (NTC 5254).

La diversidad florística, cantidad y calidad de la oferta forrajera, se analizaron en época seca y de lluvias. La diversidad y abundancia florística se determinó mediante los índices de Simpson y Shannon (Moreno, 2001; Villareal et al., 2006), como se muestra a continuación (ecuaciones 1, 2, 3 y 4):

$$\lambda = \sum pi^2 \quad (1)$$

$$D\lambda = 1 - \lambda \quad (2)$$

$$H' = -\sum pi * \ln pi \quad (3)$$

$$H'E = H' / \ln S \quad (4)$$

Donde:

- 1 = Dominancia de Simpson
- 2 = Diversidad de Simpson
- 3 = Diversidad de Shannon-Wiener
- 4 = Equidad de Shannon

pi = abundancia proporcional de la especie *i*, es decir, el número de individuos de la especie *i* (*ni*) dividido entre el número total de individuos de la muestra (*N*).

ln (*S*) = logaritmo natural del número total de especies existentes dentro la parcela.

La producción de biomasa comestible se obtuvo de la siguiente manera:

- Estrato herbáceo: producción de forrajes (m²).
- Estrato arbustivo: producción de biomasa comestible (hoja + tallos tiernos) x número de árboles ha⁻¹.

La estimación de la producción total de forraje en ambos sistemas se realizó mediante aforos, según el método de Rúa (2010), en zig-zag o aforo en forma de z, igual al utilizado para el muestreo de suelos. Se utilizó un marco de 1 m², se tomaron las submuestras recorriendo el terreno a lo largo y ancho en forma de zig-zag. Cada submuestra se pesó con una balanza analítica (Ohaus Pioneer, modelo Pine Brook, NJ USA. Precisión 0,0001 g). Los pesos de las submuestras se sumaron y se dividieron por el número de submuestras tomadas para determinar el promedio aritmético en kg m⁻². Por lo tanto, los estratos se expresaron de la siguiente forma:

Estrato herbáceo: producción de forrajes m² según método descrito anteriormente.

Estrato arbustivo: producción de biomasa comestible (hoja + tallos tiernos) x número de árboles ha⁻¹, según método descrito por Gálvez-Cerón et al. (2014).

La calidad nutricional se determinó mediante Análisis Químico Proximal propuesto por Van Soest et al. (1991), de una muestra representativa y homogénea de cada especie vegetal en los Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño. Además, se analizaron metabolitos secundarios a través de la evaluación cualitativa (por cambios de coloración) de la presencia de factores antinutricionales como fenoles, esteroides, alcaloides, saponinas y alcaloides.

En la valoración estadística, para las propiedades químicas del suelo, la diversidad florística y la calidad nutricional de la dieta se recurrió a la estadística descriptiva para facilitar la interpretación de los datos al comparar los dos sistemas. En la determinación de la variable producción de biomasa comestible se utilizó

un diseño completamente al azar, con el Programa SAS, y la técnica de Análisis de Varianza (ANDEVA) para determinar si hubo diferencias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades químicas del suelo

En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos en los análisis químicos del suelo.

El nivel de nitrógeno resultó superior en el SSPm con respecto al SC en las dos épocas estudiadas. Según Carvalho *et al.* (2000), en pasturas arborizadas, la sombra y la biomasa de los árboles tienen potencial para mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la disponibilidad de nitrógeno para las especies forrajeras herbáceas y mejorar la calidad del forraje, contribuyendo, algunas veces, a aumentar la producción de forraje. Mahecha *et al.* (1999) reportan resultados en el Valle del Cauca, Colombia, donde compararon el efecto de dos sistemas agrosilvopastoriles, el primero de *C. plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* Lam. y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., y el segundo de *C. plectostachyus* y *P. juliflora*, con un monocultivo de *C. plectostachyus*, respecto del contenido de N y otras propiedades químicas del suelo a tres profundidades. Ellos encontraron que, a profundidades de 0-10 y 10-20 cm, el contenido de N fue más bajo en el suelo con *C. plectostachyus* en monocultivo que en los de sistemas con leguminosas. Estos resultados concuerdan con los encontrados en el presente estudio al determinar 0,20% de N en el sistema silvopastoril y 0,17% en el sistema convencional.

En cuanto al fósforo disponible, se encontró un valor elevado, respecto al rango máximo que manejan los laboratorios especializados de la Universidad para este tipo de suelos que son de $>40 \text{ mg kg}^{-1}$, con base en la tabla de interpretación de resultados (ICA, fertilización de diversos cultivos, quinta aproximación). Estos valores son similares en los dos sistemas y en ambas épocas. En mezclas de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick y *Acacia mangium* Willd, se reportan mayores concentraciones de fósforo orgánico y fósforo disponible en el suelo que en pastura con monocultivos de *B. humidicola* en

la zona de Calabacito, Panamá (Velasco *et al.*, 1999). Sin embargo, en nuestro caso, las diferencias encontradas no son notorias entre los sistemas, esto se puede atribuir a lo expresado por Ruiz *et al.* (2006), quienes encontraron el efecto favorable del sistema silvopastoril en aumento de P en el suelo sólo después de 15 años de establecido, cuando también aumenta el pH. Al respecto, Pratt y Thorne (1949) establecen que, si se aumenta el pH, la fijación de fósforo es mayor en referencia a que, en condiciones de pH mayores, el fósforo disponible, es decir la fase que se encuentra en la solución del suelo disponible, la absorción por las raíces de las plantas es mayor.

K resultó ser menor en el SSPm que en el monocultivo en época seca, pero, al avanzar hacia la época de lluvias, dichos niveles aumentaron hasta superar los del SC. En otro estudio se encontró que muestras de suelo de pasturas bajo la copa de árboles obtuvieron contenidos significativamente más altos en K y otros nutrientes con respecto a muestras recolectadas en pasturas sin árboles (Joffre *et al.*, 1999). Además del efecto beneficioso de los sistemas silvopastoriles en la captura de C, se ha encontrado la influencia favorable de los árboles en los indicadores de fertilidad de los suelos. Así, los contenidos de MO, N, P, K y pH, reportados por diversos estudios, muestran mayores valores en los suelos de los sistemas silvopastoriles con respecto a los monocultivos de gramíneas (Crespo, 2008).

La MO es parte fundamental en la calidad del suelo al contribuir en la retención de humedad y aporte de nutrientes a los diferentes cultivos. Al comparar con los rangos establecidos por el ICA, se encontraron valores altos, todos por encima de 3%, catalogándose como suelos con alto contenido de MO en condiciones climáticas semejantes. En este estudio se encontraron valores promedios de 4,79% de MO en SSPm y de 4,05% de MO en SC, valores similares a los encontrados por Chávez *et al.* (2008), quienes reportaron contenidos de MO de 4,4% para *L. leucocephala* y *Panicum maximum* Jacq., 4,4% para *L. leucocephala* y *C. plectostachyus*, 4,5% para *L. leucocephala* y 3,0% para monocultivo de *C. plectostachyus*, con lo que se puede afirmar que los arreglos silvopastoriles aumentan la cantidad de materia orgánica en el suelo.

Cuadro 1. Resultados del análisis de suelo para los dos sistemas en las dos épocas.

Table 1. Results of the soil analysis for the two systems in the two seasons.

Sistema	N (%)		P-Bray-II (mg kg ⁻¹)		K (cmol _c kg ⁻¹)		MO (%)		pH	
	E. S	E. L	E. S	E. L	E. S	E. L	E. S	E. L	E. S	E. L
Silvopastoril	0,20	0,17	124	109	2,98	3,48	5,22	4,36	7,41	7,19
Convencional	0,19	0,12	128	109	3,26	3,43	4,91	3,19	7,59	7,62

Nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), materia orgánica (MO) y pH. (E. S) época seca y (E. L) época lluviosa.

Los valores de pH encontrados mostraron suelos cercanos a la neutralidad. De acuerdo con IDEAM para este tipo de clima, los tenores de pH tienen un valor promedio de 6,0 (ligeramente ácidos), 7,5 (casi neutro) y 4,9 (muy ácido) en zonas por debajo de 1.000 m s. n. m. Por su parte, Martínez (2013) encontró niveles de pH de 5,5 para un cultivo de *Dichanthium aristatum* L. y de 6,4 para un arreglo silvopastoril, confirmando que los árboles ayudan a neutralizar el pH, puesto que los árboles y arbustos realizan adición de bases al suelo por medio de la hojarasca (Linares, 2006).

Composición florística: diversidad y abundancia

En el Cuadro 2 se registra la diversidad de especies vegetales encontradas en el SSPm (discriminadas en tres estratos), y en el Cuadro 3 la diversidad en el SC.

Cuadro 2. Especies vegetales en el sistema silvopastoril.

Table 2. Plant species in the silvopastoral system.

Nombre común	Nombre científico	Estrato
Estrella	<i>C. plectostachyus</i>	1
Guinea	<i>P. maximum</i>	1
Coquillo	<i>Cyperus esculentus</i>	1
Frijolillo	<i>Rhynchosia minima</i>	1
Botoncillo	<i>Galingosa parviflora</i>	1
Flor morada	<i>Achyranthes aspera</i>	1
Escoba	<i>Sida acuta</i>	1
Centrocema	<i>Centrosema</i> sp.	1
Malvácea	<i>Althaea officinalis</i>	1
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea</i>	1
Enredadera	<i>Phisalis</i> sp.	1
Pepino del diablo	<i>Cucumis</i> sp.	1
Hierva de borrego	<i>Acalypha alopecuroidea</i>	1
Fraile	<i>Jatropha gossypifolia</i>	1
Peludilla blanca	<i>Gomphrena celosioides</i>	1
Rabo de zorro	<i>Andropogon</i> sp.	1
Guácimo	<i>G. ulmifolia</i>	2
Payandé	<i>P. lanceolatum</i>	2
Leucaena	<i>L. leucocephala</i>	2
Matarratón	<i>G. sepium</i>	2
Trapiche	<i>Acacia macracantha</i>	3
Guácimo	<i>G. ulmifolia</i>	3
Leucaena	<i>L. leucocephala</i>	3
Romerillo	<i>Acacia farnesiana</i>	3
Uña de gato	<i>Zanthoxylum fagara</i>	3

Los resultados de la abundancia de especies vegetales se presentan en el Cuadro 4. Los mayores índices de diversidad de especies se encontraron en el SSPm (1,84 para Shannon y 0,60 para Simpson) comparados con los del SC (1,26 para Shannon y 0,05 para Simpson). Corrobora lo anterior el mayor índice de dominancia del SC (0,95) con respecto al SSPm (0,40). Lo anterior se debe a la presencia dominante del *C. plectostachyus* en el pastizal convencional, caracterizado como monocultivo. Estos valores son representativos de los arreglos vegetales estudiados.

Canizales et al. (2009) encontraron igualmente índices de Simpson mayores en silvopasturas de bosque seco tropical que en pastizales convencionales en el departamento del Tolima, Colombia.

Por otra lado, Lagos y Armero (2014) reportaron índices de Simpson y Shannon similares (2,78 y 0,93, respectivamente) para sistemas silvopastoriles por regeneración natural en bosque seco tropical (bs-T) en el departamento de Nariño, Colombia. Condori y Quispe (2013) encontraron también valores que expresan mayor diversidad y menor dominancia en praderas nativas en Potosí, Bolivia.

En el SSPm, la especie con mayor abundancia fue *C. plectostachyus* (42%), seguida de *Sida acuta* Burm. y *Cyperus esculentus* L. (14% y 13%, respectivamente). En el SC la especie vegetal más abundante fue *C. plectostachyus* (97%), seguida de *S. acuta* (2%).

En el SSPm se identificaron 16 especies de plantas de crecimiento espontáneo, fuente de alimento para los animales, cuatro especies de árboles nativos que los anima-

Cuadro 3. Especies del sistema convencional.

Table 3. Species of the conventional system.

Nombre común	Nombre científico
Escoba	<i>S. acuta</i>
Fraile	<i>J. gossypifolia</i>
Estrella	<i>C. plectostachyus</i>
Flor morada	<i>A. aspera</i>

Cuadro 4. Índices de Simpson y Shannon para los sistemas.

Table 4. Simpson and Shannon indexes for systems.

Índice	Silvopastoril	Convencional
Dominancia de Simpson	0,40	0,95
Diversidad de Simpson	0,60	0,05
Diversidad de Shannon	1,84	1,26
Equidad de Shannon	1,24	2,40

les ramonean, y cinco especies de árboles que favorecen la creación de un microclima con variación hasta de 8 °C medidos bajo su copa, brindando confort a los animales.

Producción de biomasa comestible: cantidad y calidad del forraje

Para determinar la cantidad de forraje, los cálculos se llevaron a cabo teniendo en cuenta los periodos de sequía y lluvia descrita por CORPOICA, (2014), que corresponden a siete y cinco meses, respectivamente. Durante el periodo de sequía no se encontró crecimiento de plantas en el estrato herbáceo del sistema silvopastoril y en el sistema convencional, con un aforo de cero en plantas herbáceas en ambos sistemas. Las condiciones climáticas extremas presentadas en la zona durante la investigación impidieron su desarrollo. Sin embargo, cabe aclarar que, en el segundo estrato, utilizado como fuente de alimentación y el tercero utilizado como sombra en el SSPm, las especies sobrevivieron y además mantuvieron su periodo de recuperación de 35 días. En el Cuadro 5 se muestra la cantidad de biomasa comestible determinada en cada sistema, en las dos épocas de estudio.

Se obtuvo diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre medias de producción de los dos sistemas a lo largo de todo el año, atribuido probablemente a las ventajas que otorgan los árboles dentro del SSPm. Resultados similares encontró Martínez (2013), quien registró que la producción anual de MS fue mayor en los arreglos silvopastoriles ($p < 0,0001$) que en la pradera de monocultivo de gramíneas.

Cuadro 5. Producción forrajera en los sistemas evaluados.

Table 5. Fodder production in the evaluated systems.

Sistema	Época seca		Época lluvia		Producción anual
	--- Mg MS ha ⁻¹ año ⁻¹ ---				
Silvopastoril	12,38	a	16,46	a	28,84 a
Convencional	0	b	5,09	b	5,09 b

MS: materia seca; ha: hectárea. Letras diferentes sobre la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La cantidad de forraje producida en las dos épocas en el SSPm es ampliamente superior a la del SC, lo cual coincide con lo reportado por Molina y Uribe (2002), con valores de 29,5 Mg MS ha⁻¹ año⁻¹ en un sistema silvopastoril intensivo de *L. leucocephala* y *C. plectostachyus*, comparado con el monocultivo del mismo pasto, el cual produjo 23,2 Mg MS ha⁻¹ año⁻¹.

Con los datos obtenidos se estima una capacidad de carga animal para el SSPm de 5,2 animales ha⁻¹ año⁻¹, frente a una capacidad de carga estimada de 0,93 animales ha⁻¹ año⁻¹ en el SC. Estos resultados coinciden con los reportados por Murgueitio y Solorio (2008), con capacidades de carga de 5,0 animales ha⁻¹ año⁻¹ en sistema silvopastoril intensivo y de 1,3 animales ha⁻¹ año⁻¹ en monocultivos sin árboles.

En el Cuadro 6 se registra la valoración nutritiva de las especies más representativas en cada sistema.

Cuadro 6. Composición bromatológica de las especies encontradas.

Table 6. Bromatological composition of the species found.

Sistemas	Especies	Época seca						
		H	MS	C	EE	FC	PC	EnN
		g 100 g ⁻¹						
SSPm	<i>G. ulmifolia</i>	57,79	42,21	9,94	3,37	19,31	23,39	44,00
	<i>G. sepium</i>	67,00	33,00	9,92	3,40	18,00	22,92	45,77
	<i>P. lanceolatum</i>	59,28	40,72	9,61	5,11	31,28	28,09	25,92
	<i>C. plectostachyus</i>	-	-	-	-	-	-	-
SC	<i>C. plectostachyus</i>	-	-	-	-	-	-	-
		Época de lluvias						
SSPm	<i>G. ulmifolia</i>	65,75	34,25	7,51	3,34	36,56	21,84	30,76
	<i>G. sepium</i>	71,91	28,09	7,63	3,95	35,69	21,29	31,43
	<i>P. lanceolatum</i>	66,90	33,10	9,19	3,26	33,80	30,30	23,40
	<i>C. plectostachyus</i>	64,99	35,01	9,50	1,81	33,96	15,18	39,56
SC	<i>C. plectostachyus</i>	72,02	27,98	8,78	1,64	53,26	14,64	21,67

H: humedad; MS: materia seca; C: ceniza; EE: extracto etéreo; FC: fibra cruda; PC: proteína cruda; EnN: extracto no nitrogenado.

Se puede evidenciar cómo la cantidad de materia seca está relacionada con la estacionalidad de la zona. Así, en época seca, los contenidos de materia seca aumentaron para las especies del sistema silvopastoril. Esto concuerda con los estudios realizados por Ojeda et al. (2012), quienes afirman que esto puede darse por la menor disponibilidad de agua.

Es evidente la superioridad en los valores de proteína cruda de las especies del SSPm sobre las especies del SC. Esto concuerda con Gálvez-Cerón et al. (2014), quienes encontraron que la muestra silvopastoril presentó mayor porcentaje de proteína cruda (PC) con respecto a la convencional. La mayor cantidad de PC en los SSPm obedece posiblemente a la presencia de leguminosas con altos contenidos proteicos, presentes en una proporción significativa, que beneficiaron la fijación de nitrógeno atmosférico, mientras que la muestra convencional, con predominio de gramíneas, presentó bajos valores de PC.

En cuanto a fibra cruda (FC), se evidenció que, en la época de lluvias, cuando se pudo comparar los dos sistemas, la biomasa comestible (primer y segundo estrato) del SSPm presentó menores valores de FC frente al SC. Estos resultados coinciden con los reportados por Fassbender (1993), quien informa que la FC disminuye en el pasto *P. maximum* asociado con árboles.

En el Cuadro 7 se registra el contenido de metabolitos secundarios en las muestras estudiadas.

La mayoría de las leguminosas contienen en su follaje propiedades antinutricionales utilizadas como defensa para evitar el ataque de bacterias, hongos, virus, ramoneo y estrés ambiental. Los factores antinutricionales más conocidos son: saponinas, fenoles, taninos, esteroides y alcaloides (Cardozo, 2013), los que se describen a continuación:

Saponinas. La especie *Pithecellobium lanceolatum* Willd. no presentó contenido de saponinas; sin embargo, las demás especies reportaron un nivel bajo. En elevadas cantidades, las saponinas se relacionan con el meteorismo por ser potentes espumantes, así como por reducir el colesterol sanguíneo, hepático y la tasa de crecimiento, inhibir la actividad del músculo liso y algunas enzimas, y regular la absorción de nutrientes (Francis et al., 2002). Al encontrarse en pequeñas concentraciones, como en este caso, no se presentan este tipo de inconvenientes.

Fenoles. Se encontraron valores moderados para *P. lanceolatum* y *Gliricidia sepium* Jacq., para las demás especies sus pruebas resultaron negativas (*C. plectostachyus*) o en bajos niveles (*Guazuma ulmifolia* Lam.). De acuerdo con Ojeda et al. (2015), estos compuestos aromáticos no siempre constituyen factores antinutricionales, al formar parte de todas las plantas vasculares.

Cuadro 7. Metabolitos secundarios de las especies de ramoneo.

Table 7. Secondary metabolites of browse species.

Parámetro	Método	SSPm								SC	
		<i>C. plectostachyus</i>		<i>G. ulmifolia</i>		<i>P. lanceolatum</i>		<i>G. sepium</i>		<i>C. plectostachyus</i>	
		E.S	E.L	E.S	E.L	E.S	E.L	E.S	E.L	E.S	E.L
Saponinas	Espuma	-	-	+	-	-	-	+	-	-	
	Rosenthaler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Antrona	+	+	+	-	-	+	+	+	+	
Fenoles	Cloruro férrico	-	+	+	++	++	++	+	-	-	
	Gelatina-sal	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Acetato de plomo	+	+	+	++	+	+	+	+	+	
Esteroides	Liebermann burchard	+	+	+	++	+	++	+	+	+	
	Rosenheim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Salkowski	-	-	-	++	-	-	-	-	-	
Alcaloides	Dragendorff	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Wagner	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Mayer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

(-) Resultado negativo; (+) Resultado bajo; (++) Resultado moderado. (E.S) época seca; (E.L) época lluviosa.

res de importancia en la producción animal, ya sea en forma libre (semillas, frutos y tejidos muertos) o polimerizados, como es el caso de taninos y lignina.

Esteroles. Presentes en todas las especies evaluadas; sin embargo, para el caso de *P. lanceolatum* y *G. sepium* las concentraciones representan valores moderados. Este tipo de metabolitos se encuentra comúnmente en estas especies, y representan una importante familia de lípidos en forma libre presentes en la mayoría de las células (Coronado *et al.*, 2015).

Alcaloides. No hubo presencia de alcaloides en ninguna de las especies analizadas. Ojeda *et al.* (2015) y Galindo *et al.* (1989) tampoco registraron alcaloides en dichas especies. Al encontrar ausencia de alcaloides y una limitada cantidad de saponinas, se determina que este tipo de forraje no presenta limitantes para el consumo de los animales y puede utilizarse como alimento fresco, lo cual concuerda con el estudio realizado por Apráez *et al.* (2017), quienes encontraron resultados similares para estas especies con algunas variaciones en el contenido de saponinas.

CONCLUSIONES

Los SSPm son una opción real y acertada para mejorar la productividad de las fincas ganaderas en zonas secas y semiáridas durante todo el año. Estos sistemas favorecen algunas propiedades químicas del suelo como N, P, MO y pH, diversidad de especies vegetales, que aumenta en 21 especies de plantas respecto al sistema convencional; a su vez, la cantidad de forraje producido por unidad de área, al aumentar en 23 Mg MS en el año. También mejoran la calidad del forraje en cuanto a los aportes de proteína cruda y fibra digestible, sobre todo en épocas de sequía, mejorando su bienestar y estatus nutricional.

La regeneración natural asistida es una estrategia viable para la implementación de SSPm, basada en especies vegetales nativas, adaptadas a las condiciones climáticas de cada zona. *Pithecellobium lanceolatum* se presenta como una especie promisoría al mantener la cantidad y calidad del follaje en periodos de sequía, como el Fenómeno de El Niño 2015-2016.

REFERENCIAS

- Alvear, C., Melo, W., 2012. Caracterización botánica, nutricional y fenológica de especies arbóreas y arbustivas de uso potencial para sistemas silvopastoriles (SSP) en la zona de bosque muy seco tropical (bms-T) del norte de Nariño y sur del Cauca. Tesis de grado de Zootecnista, Universidad de Nariño. 71 p.
- Apráez, E., Gálvez, A., Navia, J., 2017. Nutritional assessment of trees and shrubs of a tropical (bms-t) very dry forest for cattle production. *Revista de Ciencias Agrícolas* 34(1), 98-107. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.66>
- Bueno, G., 2012. Sistemas silvopastoriles, arreglos y usos. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos* 3(2), 56-83.
- Canizales, S., Celemín, J., Mora, J., Esquivel, H., Pérez A., 2009. Manejo e inventario de arvenses en pasturas de clima cálido y medio en el Departamento del Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 2(2), 28-36.
- Cardozo, J., 2013. Matarratón (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de rumiantes. Grado de especialización Nutrición Animal Sostenible, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia. 65 p.
- Carvalho, M., Xavier, D., Alvim, M.J., 2000. Uso de leguminosas arbóreas en la recuperación y sustentabilidad de pasturas cultivadas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), Brazil. <http://www.fao.org/3/a-x6342s.pdf>
- Chávez, M., Sánchez, S., Simón, L., 2008. Efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica. *Zootecnia Tropical* 26(3), 319-321.
- Condori, G., Quispe, J., 2013. Evaluación preliminar de soportabilidad y diversidad de praderas nativas de la comunidad de Challacollo Llica Potosí. *Revista Científica de Investigación INFO-INIAF* 1(2), 57-66.
- Coronado, W., Valerio-González, L., D'Armas, H., 2015. Tamizaje fitoquímico y actividad antibacteriana preliminar de los extractos de la macroalga *Laurencia dendroidea*, J. Agardh, 1841 (Rhodomelaceae: Rhodophyta). *SABER* 27(1), 61-66. <http://148.215.2.11/articulo.oa?id=427739474008>
- Crespo, G., 2008. Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 42(4), 329-335. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015490001&idp=1&cid=3856513>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), 2014. Cosecha de agua una alternativa: Corpoica y CIPAV evalúan modelos alternativos para enfrentar escasez de agua por cambio y variabilidad climática <http://www.corpoica.org.co/noticias/generales/cosecha-agua-alternativa/> (acceso, 03.11.2017).
- Fassbender, H.W., 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales, 2ª ed. Proyecto agroforestal CATIE/GT. Serie de Materiales de Enseñanza N° 29, Turrialba, Costa Rica.
- Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN), 2006. Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019. Por una ganadería moderna y solidaria. Sanmartín Obregón Cía., Bogotá.
- Francis, G., Kerem, Z., Makkar, H., Becker, K., 2002. The biological action of saponins in animal systems: a review. *British Journal of Nutrition* 88(6), 587-605. <https://doi.org/10.1079/BJN2002725>
- Galindo, W., Rosales, M., Murgueitio, E., Larrahondo, J., 1989. Sustancias antinutricionales en las hojas de guamo, nacedero y matarratón. *Livestock Research for Rural Development* 1(1).
- Gálvez-Cerón, A., Lagos-Rosero, Y., Armero-Hernández, C., 2014. Caracterización de herbáceas y arbustivas de un sistema silvopastoril de bosque seco tropical. *Revista Investigación Pecuaria* 3(1), 57-72.

- Holdridge, L.R., 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (IICA), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Serie de libros y materiales educativos N° 34, San José, Costa Rica.
- Joffre, R., Rambal, S., Ratte, J.P., 1999. The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. *Agroforestry Systems* 45(1-3), 57-79. <https://doi.org/10.1023/A:1006259402496>
- Lagos, N., Armero, C., 2014. Caracterización del componente herbáceo y arbustivo de un sistema silvopastoril por regeneración natural en una zona de bosque seco tropical (bs-T) del departamento de Nariño. Tesis de grado de Zootecnista, Universidad de Nariño. 28 p.
- Lamela, L., López, O., Sánchez, T., Díaz, M., Valdés, R., 2009. Efecto del sistema silvopastoril en el comportamiento productivo de vacas Holstein. *Pastos y Forrajes* 32(2), 1-12.
- Linares, J.C., 2006. Evaluación de algunas propiedades del suelo como indicadores de sostenibilidad para pastoreo rotacional en silvopastoreo en un Endoacuept del valle medio del río Sinú Colombia. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias, Convenio Universidad Nacional de Colombia y Universidad de Córdoba. 89 p.
- Mahecha, L., Rosales, M., Molina, C., Molina E., 1999. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala-Cynodon plectostachyus-Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. Conferencia electrónica de la FAO: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica, Roma, pp. 325-336. <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Mahech20.PDF>
- Martínez, J., 2013. Producción y descomposición de hojarasca en sistemas silvopastoriles de estratos múltiples y su efecto sobre propiedades bioorgánicas del suelo en el valle medio del Río Sinú. Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. 161 p.
- Molina, C., Uribe, F., 2002. Experiencias en producción limpia de ganaderías en pastoreo, in: Cooperativa Lechera de Antioquia (Ed.), Memorias del III Seminario Internacional: Competitividad en carne y leche. COLANTA, Medellín, Colombia, pp. 333-354.
- Moreno, C., 2001. Métodos para medir la biodiversidad: Manuales y Tesis SEA. Cyted, Orcyt/Unesco & SEA, Zaragoza, España.
- Murgueitio, E., Solorio, B., 2008. El sistema silvopastoril intensivo, un modelo exitoso para la competitividad ganadera en Colombia y México, en: Universidad Rómulo Gallegos, Universidad Central de Venezuela, Universidad de Zulia (Eds.), V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Venezuela.
- Ojeda, A., Obispo, N., Canelones, C., Muñoz, D., 2012. Selección de especies leñosas por vacunos en silvo-pastoreo de un bosque semicaducifolio en Venezuela. *Archivos de Zootecnia* 61(235), 355-365. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922012000300004>
- Ojeda, P., Restrepo, J., Villada, D., Gallego, J., 2003. Sistemas silvopastoriles: una opción para el manejo sustentable de la ganadería. Fundación para la investigación y desarrollo agrícola (Fidar), Santiago de Cali, Colombia.
- Ojeda, Á., Obispo, N., Gil, J.L., Matute, I., 2015. Perfil cualitativo de metabolitos secundarios en la fracción comestible de especies leñosas seleccionadas por vacunos en un bosque semicaducifolio. *Pastos y Forrajes* 38(1), 64-72.
- Pratt, P., Thorne, D., 1949. Solubility and physiological availability of phosphate in sodium and calcium systems. *Soil Science Society of America Journal* 13, 213-217. <https://doi.org/10.2136/sssaj1949.036159950013000C0037x>
- Rúa, M., 2010. ¿Cómo aforar un potrero para pastorear correctamente? <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/sobrepastoreo-t28633.htm> (acceso, 15.06.2017).
- Ruiz, T., Febles, G., Jordán, H., Castillo, E., Mejías, R., Crespo, G., 2006. Sistemas silvopastoriles: Conceptos y tecnologías desarrolladas en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba, tomo II, en: Instituto de Ciencia Animal (Ed.), Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales: Abono orgánico y biogás. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 311 p.
- Van Soest P., Robertson J., Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Velasco, A., Ibrahim, M., Kass, D., Jiménez, F., Rivas Platero, G., 1999. Concentraciones de fósforo en suelos bajo sistema silvopastoril de *Acacia mangium* con *Brachiaria humidicola*. *Agroforestería en las Américas* 6(23), 45-47.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A.M., 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad, 2ª ed. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Zuluaga, A., Giraldo, C., Chará, J., 2011. Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, Banco Mundial, FEDEGAN, CIPAV, Fondo Acción, TNC, Bogotá, Colombia.