

Alimentación y nutrición animal

Artículo de investigación científica y tecnológica

Bancos forrajeros de *Moringa oleifera*, en condiciones de bosque húmedo tropical

Fodder banks of *Moringa oleifera* under tropical humid forest conditions

Alexander Navas Panadero¹

¹ Docente, Universidad de La Salle, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá, Colombia. Correo: anavas@unisalle.edu.co.
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8975-2601>

Editor temático: Leyla Ríos de Álvarez (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA])

Fecha de recepción: 10/07/2018
Fecha de aprobación: 14/02/2019

Para citar este artículo: Navas-Panadero, A. (2019). Bancos forrajeros de *Moringa oleifera*, en condiciones de bosque húmedo tropical. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 207-218

DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art:1457



Esta licencia permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de la obra de modo no comercial, siempre y cuando se dé el crédito y se licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

* Avenida Circunvalación Sur N.º 1522 Int. A, Barrio Santa Rosa, Puno, Perú.

Resumen

Los eventos climáticos extremos pueden afectar la producción de forraje y la eficiencia en los sistemas de producción ganadera. Las especies gramíneas presentan alta vulnerabilidad bajo estas condiciones, razón por la cual es importante buscar alternativas que permitan adaptar los sistemas ganaderos. Se determinó el desempeño de *Moringa oleifera* en ecosistemas de bosque húmedo tropical, como alternativa forrajera en programas de alimentación. Se evaluó durante un año *M. oleifera* en bancos forrajeros, en Yopal, Casanare (Colombia). Se determinó el efecto sobre las características químicas y la macrofauna del suelo, la producción de materia seca, la relación entre la biomasa de hoja-tallo, y la calidad nutricional de la planta completa y fracciones (hoja-tallo). Se utilizó un diseño al azar y estadística descriptiva para las variables

de suelo y análisis de varianza no paramétrica para producción de forraje y relación hoja-tallo, utilizando el *software* Infostat®. Se presentaron incrementos en los contenidos de minerales, materia orgánica, carbono orgánico y macrofauna edáfica. Se encontraron diferencias en producción de materia seca de las fracciones de la planta, siendo mayor las hojas, se presentaron diferencias en la producción de materia seca entre cortes y en la relación hoja-tallo. El forraje presentó buena calidad nutricional, siendo las hojas la fracción de mejor calidad. *M. oleifera* resistió los cambios drásticos en las condiciones climáticas que se presentaron durante el estudio. Dado su desempeño en producción y calidad de forraje, se concluye que se puede considerar como alternativa de suplementación estratégica en sistemas ganaderos en ecosistemas de bosque húmedo tropical.

Palabras clave: alimentación de los animales, forrajes, ganadería, impacto ambiental, nutrición, sistemas silvopastoriles

Abstract

Extreme climatic events can affect forage production and efficiency in livestock production systems. Grass species show high vulnerability under these conditions, so it is important to look for alternatives for livestock systems to adapt. The performance of *Moringa oleifera* in tropical humid forest ecosystems was established as a forage alternative in feeding programs. *Moringa oleifera* was evaluated during one year in forage banks at the Matapantano farm, located in Yopal, Casanare (Colombia). To that end, the effect on the chemical characteristics and the macrofauna of the soil, on the production of dry matter, leaf: stem biomass ratio and nutritional quality of the entire plant and its fractions (leaf and stem) were measured. A completely randomized design and descriptive statistics were used for soil variables, and nonparametric analysis

of variance for forage production and leaf: stem ratio using the Infostat® software. Increases in the contents of minerals, organic matter, organic carbon, and edaphic macrofauna were found. Differences were also observed in dry matter production of the plant fractions with higher leaf production; likewise, differences in the production of dry matter between cuts, as well as in the leaf: stem ratio were found. The forage showed a good nutritional quality finding that the leaves were the best quality fraction. *M. oleifera* withstood the drastic changes in climatic conditions that occurred during the study. Given its performance in forage production and quality, we conclude that *M. oleifera* can be considered as an alternative for strategic supplementation in livestock systems in tropical humid forest ecosystems.

Keywords: animal feeding, environmental impact, forage, livestock, nutrition, silvopastoral systems

Introducción

Los sistemas de producción ganaderos se caracterizan por utilizar monocultivos de gramíneas, con baja o nula cobertura arbórea (Rivera, Armbrichta, & Calle, 2013). Estas áreas son manejadas extensivamente, presentando problemas de sobrepastoreo (Giraldo, 2008) y deterioro del suelo. Este modelo de producción es más vulnerable a las condiciones climáticas, en las que se presenta estacionalidad en la producción en épocas secas y de lluvias extremas, reduciendo la eficiencia productiva y financiera de los sistemas ganaderos (Velarde, 2012).

La utilización de árboles en sistemas ganaderos tiene efectos positivos en la recuperación y conservación de suelos, debido a relaciones como el reciclaje de nutrientes o la fijación de nitrógeno que hacen algunas especies arbóreas (Nahed et al., 2013; Vallejo et al., 2012).

Alvear y Apráez (2013) mencionan el uso de algunas especies arbóreas en la alimentación animal, que hacen aportes importantes en la suplementación de proteína cruda (PC), nutriente limitante en las gramíneas de trópico bajo. Por otra parte, Villanueva, Ibrahim, Casasola, Ríos y Sepúlveda (2009) afirman que la producción de alimento en las épocas secas, por parte de las especies arbóreas forrajeras, puede ser considerada como una medida de adaptación al cambio climático; de igual manera, algunos productores han identificado y establecido arreglos silvopastoriles como estrategia de adaptación al cambio climático (Tafur et al., 2010; Velarde, 2012).

La moringa (*Moringa oleifera*) es un árbol que se adapta a varios tipos de suelo y cuyo forraje presenta buena calidad nutricional (contenidos superiores a 18% de PC). Ha sido utilizado con buenos resultados en la suplementación de especies rumiantes, incrementando la producción y reduciendo las emisiones de metano, por lo que genera menor impacto ambiental negativo (Borroto, Negrín, Peña, & Vega, 2018). Casanova et al. (2018) consideran que esta especie tiene

alto potencial para desarrollar sistemas ganaderos agroecológicos en condiciones tropicales, debido a la calidad nutricional, producción de forraje y adaptación a condiciones de sequía, atribuidas a su sistema radicular pivotante engrosado.

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el comportamiento de *M. oleifera*, en ecosistemas de bosque húmedo tropical, y determinar si puede ser considerada como alternativa para la alimentación en épocas críticas.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el Centro de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias “Hacienda San José Matapantano”, ubicado en Yopal, Casanare (Colombia). El Centro se encuentra a una altura de 248 m s. n. m., con precipitación promedio anual de 2.300 mm, temperatura media anual de 27 °C y humedad relativa de 87 %.

El proyecto tuvo una duración de 14 meses: seis de establecimiento y ocho de evaluación. El suelo fue de topografía plana, del orden Entisol; el lote utilizado para el establecimiento de las parcelas fue usado previamente para pruebas de agroquímicos (herbicidas y plaguicidas).

Se estableció un ensayo con tres parcelas de *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae), cada una de ellas de 225 m², separadas por un callejón de 1,5 m de ancho. Las plantas tuvieron una fase de vivero de dos meses; posteriormente, se llevaron a campo (cuatro meses). La plantación se realizó ahoyando, y se colocaron 50 g de micorrizas por hueco. La siembra se realizó a una distancia de 0,50 m × 0,50 m. Cuatro meses después del establecimiento en campo, se hizo un corte de uniformización de las plantas a 0,80 m del suelo y, transcurrido el tiempo de rebrote (45 días), se iniciaron los muestreos de producción de forraje. El banco no tuvo ningún tipo de fertilización.

Se tomaron muestras de suelo al inicio y al final de la evaluación (con un intervalo de 14 meses entre muestras), para mirar el efecto de la especie arbórea. Se tomó una muestra compuesta de suelo, del lote experimental; se recorrió el área en zigzag y se tomaron submuestras (15) al azar, con barreno a una profundidad de 40 cm. Luego, se homogenizó el suelo y se tomó una muestra de 1.000 g. Siguiendo la misma metodología, se tomó la muestra final del suelo de cada parcela (5 submuestras por parcela), y se mezcló formando una muestra compuesta (1.000 g), cuyos puntos de muestreo se seleccionaron al azar y las submuestras se tomaron entre dos arbustos. Las muestras se llevaron al laboratorio para el análisis físicoquímico de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), manganeso (Mn) (espectrofotometría), cloruros (volumetría), materia orgánica (MO) (cálculo), carbono orgánico (CO), amonio (NH_4) y nitrato (NO_3) (colorimetría). Además, se tomaron muestras de macrofauna con cajuelas de $40 \times 40 \times 30$ cm, al inicio del trabajo en el lote experimental (tres cajuelas), mediante un transecto donde los puntos de muestreo fueron seleccionados al azar y al final en cada una de las parcelas (una cajuela por parcela), estableciendo la cajuela entre dos plantas, donde se determinó familia y número de individuos por 1 m^2 , como indicadores de la salud del suelo. Para esto, se tomó el suelo presente en la cajuela, se colocó sobre un plástico y se tamizó, determinando manualmente la presencia de termitas (Insecta: Blattodea: Termitidae), lombrices (Annelida: Haplotaxida: Lumbricidae), cienpiés (Chilopoda) y escarabajos (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae).

La producción de forraje verde (FV) de la planta completa y sus fracciones (hojas y tallos) se determinó mediante la cosecha de 10 arbustos por parcela, seleccionados al azar (se realizaron cinco cortes cada 45 días). Se cortaron a 0,80 m del suelo y se pesó cada individuo por separado. Luego

se fraccionó y se pesó cada una de sus partes (hojas y tallos), lo que sirvió para determinar la proporción y relación de biomasa entre las fracciones (hoja-tallo). La calidad nutricional se determinó a través de muestras de 200 g de FV de la planta completa (conformada por ramas de las plantas) y 200 g de cada fracción (hojas y tallos). Estas fueron llevadas al laboratorio de nutrición, en donde se determinó proteína cruda (PC; Kjeldahl), materia seca (MS; Gravimétrica), fibra en detergente neutro y ácido (FDN y FDA; Van Soest), digestibilidad *in-vitro* de la materia seca (DIVMS; Tilley and Terry) y energía metabolizable (EM; AOAC). Los datos de las variables climáticas fueron tomados mediante una estación climática (WeatherLink®). Se utilizó un diseño completamente al azar y se realizó estadística descriptiva para las variables de suelo y análisis de varianza no paramétrica (prueba de Kruskal Wallis) para producción de forraje y relación hoja-tallo. El análisis de los datos se realizó mediante el programa Infostat®.

Resultados y discusión

Comportamiento climático

Durante el período experimental se observaron cambios en las variables climáticas que posiblemente afectaron el comportamiento de los bancos forrajeros. Las condiciones previas a los cortes 1, 2 y 5 fueron más favorables, lo que pudo beneficiar la producción de forraje y relación hoja-tallo. Se observó un leve incremento en la temperatura en las épocas de menor precipitación, pero esta quizá presentó la mayor relevancia en el desempeño de la especie (figura 1).

El comportamiento de la humedad relativa y la radiación solar fueron relativamente constantes. Se observó un leve incremento en la radiación solar en los dos últimos cortes (figura 2).

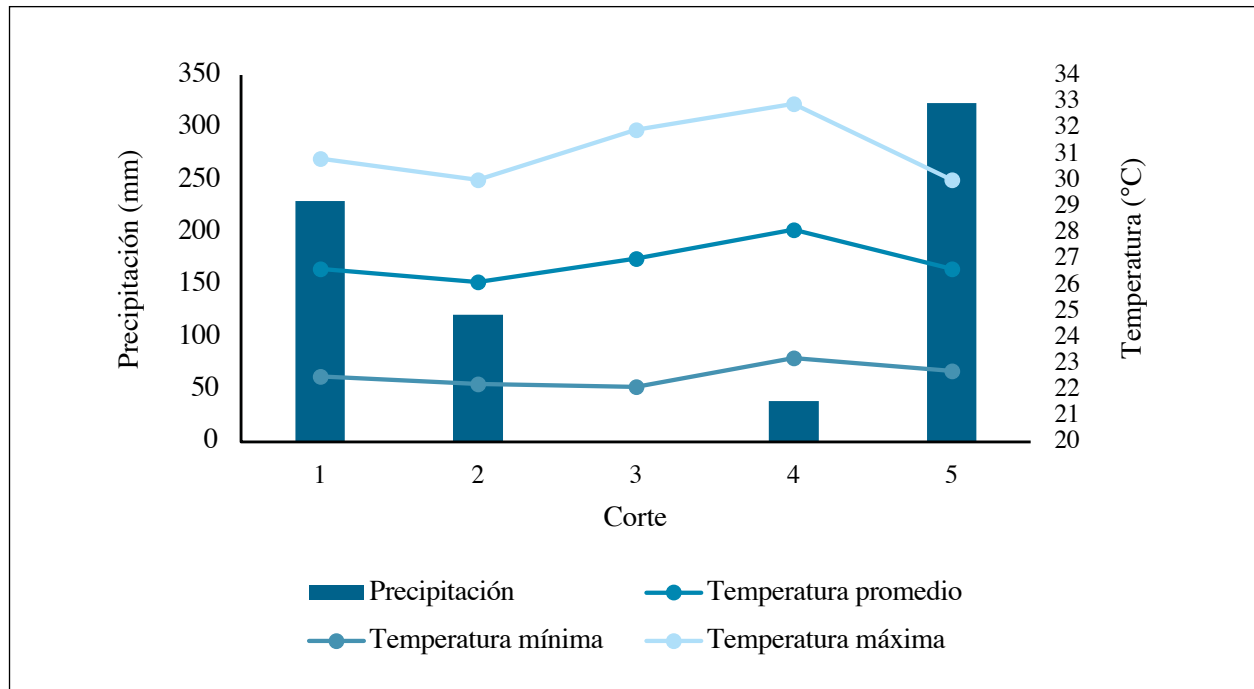


Figura 1. Comportamiento de la precipitación y las temperaturas (máxima, media y mínima), durante la evaluación de bancos forrajeros de *Moringa oleifera*, en Casanare, Colombia.

Fuente: Elaboración propia

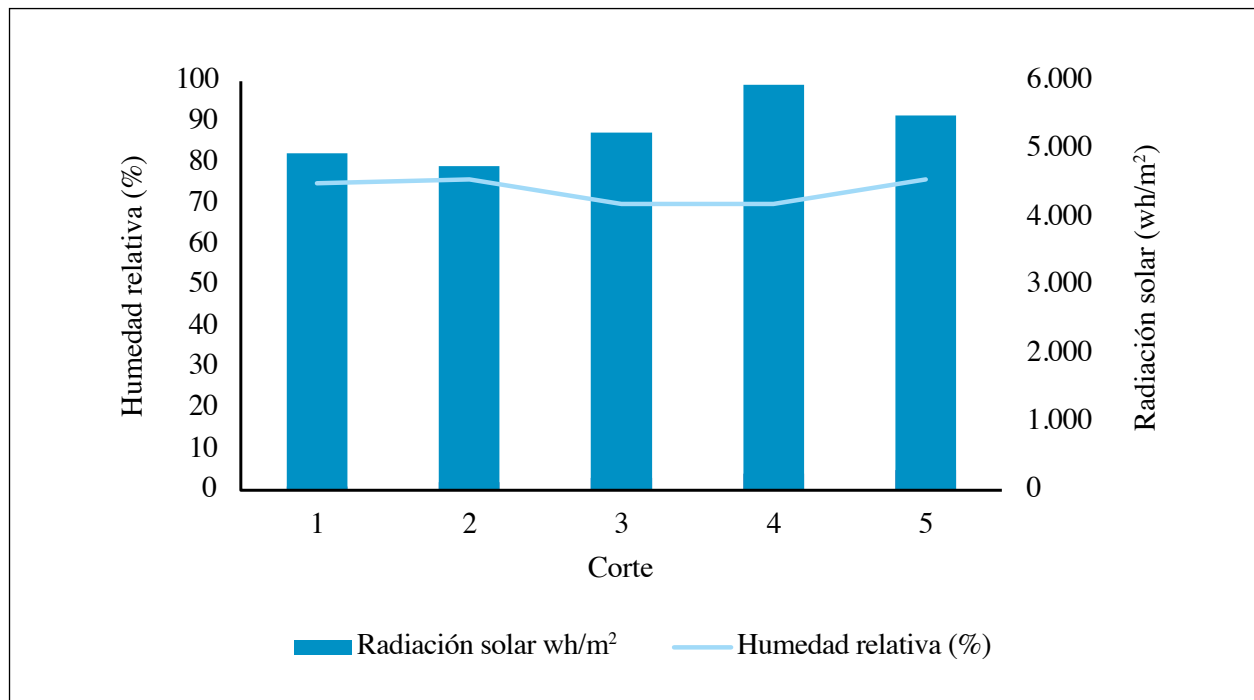


Figura 2. Comportamiento de la humedad relativa y la radiación solar, durante la evaluación de bancos forrajeros de *Moringa oleifera*, en Casanare, Colombia.

Fuente: Elaboración propia

Efecto en la calidad del suelo

Se encontró un cambio en los contenidos iniciales de algunos minerales en el suelo (tabla 1). A pesar del corto tiempo de evaluación, se observaron

incrementos en los contenidos de minerales donde se estableció el banco forrajero con *M. oleifera*. La tendencia es al mejoramiento de las condiciones químicas del suelo, incremento de bases y mejor disponibilidad de estas para las plantas.

Tabla 1. Variación en el contenido de nutrientes del suelo antes (inicial) y después de 16 meses de haber sido plantado un banco de *Moringa oleifera*, en el departamento de Casanare, Colombia

Condición de suelo	K	Ca	Mg	P	NH ₄	NO ₃	MO	CO	Mn	Cloruros
	(meq/100 cc)		(ppm)				(%)		(meq/L)	
Inicial	0,22	2,39	0,88	5	7	30	2,36	1,37	13	0,52
<i>M. oleifera</i>	0,25	2,78	1,65	4	3	10	2,76	1,60	23	0,36

MO: materia orgánica; CO: carbón orgánico

Fuente: Elaboración propia

Además, se encontró un incremento en MO, CO, bases saturables y mayor capacidad de retención de agua en el suelo, aspectos importantes para la producción de forraje y la adaptación a las condiciones climáticas extremas, lo que concuerda con lo encontrado por Seddaiua et al. (2013) y Rodríguez (2011).

Esta variación se puede explicar por el ciclaje de nutrientes que hacen las especies arbóreas, al recuperar nutrientes y agua de perfiles profundos del suelo y colocarlos sobre el suelo a través de la hojarasca. Estas interacciones posiblemente pueden explicar las diferencias en la condición inicial y final del suelo; queda claro el efecto de estos sistemas y su contribución en la recuperación y mejoramiento de los suelos degradados. Vallejo et al. (2012) argumentan que el ingreso de materia orgánica que proviene de los árboles proporciona sustratos para los microorganismos edáficos, incrementando su actividad y las poblaciones que participan en el reciclaje de nutrientes.

En este estudio, se encontró que la condición inicial de macrofauna en el suelo fue nula (no se observó ningún tipo de organismo) y que la presencia de la especie arbórea contribuyó, en el corto plazo, a recuperar las características biológicas del suelo (figura 3). En las parcelas de *M. oleifera* se observó la presencia de diferentes familias de macrofauna (Lumbricidae, Termitidae, Chilopoda y Scarabaeidae), que tienen funciones ecológicas en el suelo como formación de poros, humificación y mineralización de la materia orgánica. Este incremento en la macrofauna también podría explicar el incremento de algunos minerales en el suelo, ya que la micro, meso y macrofauna edáfica contribuyen a la liberación de nutrientes, dejándolos disponibles para las plantas. A su vez, esto concuerda con Rousseau, Fonteb, Téllez, Van der Hoek y Lavellea (2013) y Sánchez (2007), quienes encontraron mayor abundancia de macrofauna en sistemas con árboles forrajeros. Noguera, Reyes y Mendieta (2017) reportaron mayor número de individuos y de familias en plantaciones de *M. oleifera* con manejo sin químicos que en sistemas de manejo convencional.

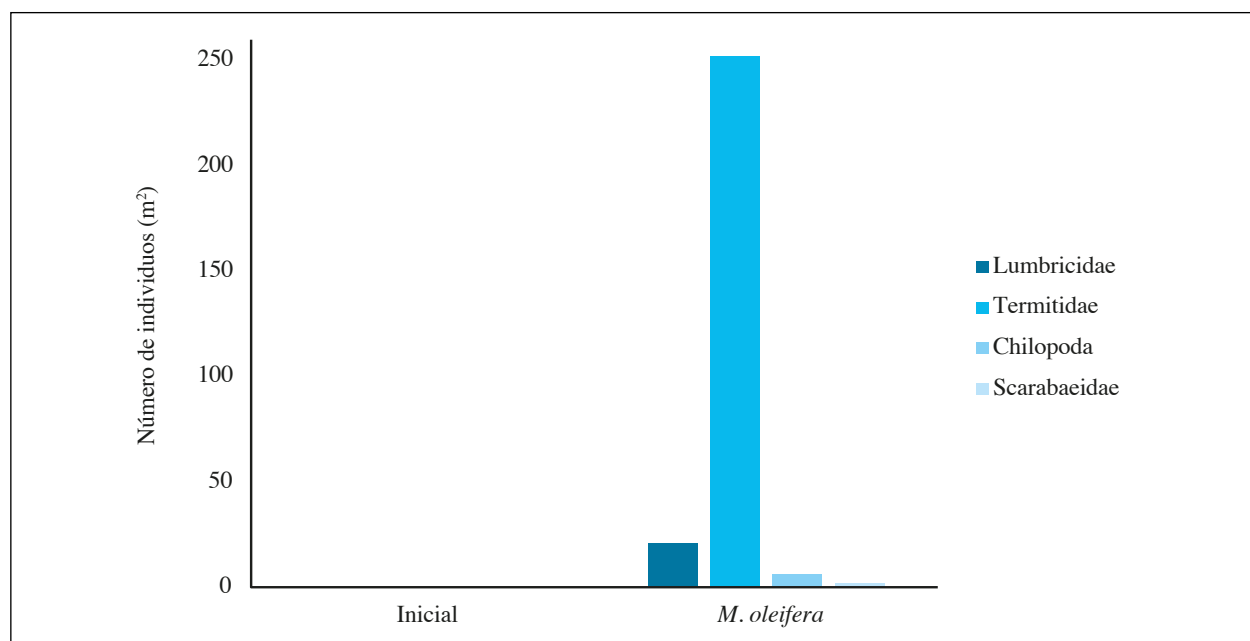


Figura 3. Abundancia de macrofauna (en número de individuos) en el suelo de bancos forrajeros de *Moringa oleifera*, incluyendo un control que refleja la condición inicial del suelo en Casanare, Colombia.

Fuente: Elaboración propia

Producción de forraje verde y materia seca

La producción de biomasa comestible de las especies arbóreas forrajeras está influenciada por múltiples factores, como condiciones climáticas, densidad de siembra, frecuencia de corte, altura de

corte, etc. Bajo las prácticas de manejo, el banco de forraje presentó una producción promedio de FV de 98 t/ha/año y 21,6 t/ha/año de MS. Se encontraron diferencias estadísticas ($p = 0,0084$) en la producción de MS, siendo mayor la producción de las hojas (tabla 2).

Tabla 2. Producción promedio por corte de biomasa de la planta completa, en forraje verde y materia seca (t/ha/corte) de *Moringa oleifera* en bancos forrajeros, en el departamento de Casanare, Colombia

Fracción de la planta	Producción de FV (t/ha/corte)	Producción de MS (t/ha/corte)
Planta completa	12,08	2,67
Hojas	6,56	1,50
Tallos	5,53	1,16
<i>p</i>	0,1025	0,0084

Fuente: Elaboración propia

La producción de FV por corte en este estudio fue mayor a la reportada por Díaz (2013), quien encontró producciones entre 2,48 t/ha/corte y 2,93

t/ha/corte, mientras que Valarezo y Ochoa (2013) reportaron 9,33 t/ha/año y 2,04 t/ha/año de FV y MS, respectivamente. Al igual que Jarquín y Jarquín

(2003), quienes encontraron rendimientos de materia fresca de 81,03 t/ha/año y MS de 14,44 t/ha/año, esto se puede explicar posiblemente por el tiempo de recuperación de las plantas, que en estos estudios fueron mayores, teniendo menor número de cortes al año. Padilla, Fraga, Scull, Tuero y Sarduy (2014) encontraron un rendimiento promedio de MS de 2,83 t/ha/corte, similar al encontrado en este estudio, a diferencias de Espinoza y Sevilla (2010), quienes encontraron rendimientos superiores en FV (119,2 t/ha/año), que se pueden atribuir posiblemente al uso de fertilización.

Igualmente, Zheng, Zhang y Wu (2016) presentan producciones de materia fresca y MS, que van de 43 a 76,4 t/ha/corte y de 1,66 a 12,85 t/ha/corte, respectivamente, muy superiores a las encontradas en este estudio. Esto se puede explicar por las mayores densidades de siembra y, en algunos tratamientos, por la menor frecuencia de corte utilizadas por estos autores. Los rendimientos de MS de *M. oleifera* pueden variar de 2,6 a 34,0 t/ha/corte, dependiendo de la densidad de siembra

(Foidl et al., 1999, citados por Pérez, Sánchez, Armengol, & Reyes, 2010). Ledea, Rosell, Benítez, Arias y Pérez (2018) documentan producciones superiores a las de este estudio: 4,2 t MS/ha/corte y 3,3 t MS/ha/corte para hojas y tallos, respectivamente, diferencia que en producción se puede atribuir a la aplicación de fertilización orgánica y riego.

Las condiciones climáticas posiblemente influyeron sobre el comportamiento productivo de *M. oleifera*, pues se presentaron períodos marcados de menor (corte 3 y 4) y mayor (corte 1, 2 y 5) precipitación. Las producciones de FV y MS presentaron diferencias estadísticas ($p < 0,0001$); fue mayor en los cortes precedidos por abundancia de lluvias, mientras que la producción se redujo de manera importante en los períodos secos (tabla 3). A pesar de estas condiciones climáticas, la especie produjo forraje, lo que la convierte en un recurso forrajero con potencial para estrategias de adaptación al cambio climático, ya que, bajo las mismas condiciones climáticas, las especies gramíneas tienen menor tolerancia a estas épocas.

Tabla 3. Producción de biomasa de la planta completa y de cada fracción (hoja, tallo), en forraje verde y materia seca (t/ha/corte) de *Moringa oleifera* en bancos forrajeros, en el departamento de Casanare, Colombia, durante cinco cortes

	Corte	Fracción de la planta		
		Planta completa	Hojas	Tallos
Producción de FV (t/ha/corte)	1	17,33	8,78	8,56
	2	10,33	6,70	3,63
	3	4,64	2,44	2,21
	4	2,44	0,85	1,58
	5	25,68	14,01	11,67
	$p <$	0,0001	0,0001	0,0001
Producción de MS (t/ha/corte)	1	3,47	1,96	1,71
	2	2,96	1,58	0,93
	3	1,14	0,61	0,47
	4	0,66	0,29	0,35
	5	5,14	3,09	2,33
	$p <$	0,0001	0,0001	0,0001

Precipitación: corte 1 = 230 mm; corte 2 = 121 mm; corte 3 = 0 mm; corte 4 = 39 mm; corte 5 = 323 mm.

Fuente: Elaboración propia

Padilla et al. (2014) encontraron similar producción de MS por corte y afirman que la producción en cada corte se mantuvo estable, atribuyendo estabilidad en la producción de biomasa de *M. oleifera*; por el contrario, en este estudio se observaron diferencias considerables en producción, entre épocas de menor y mayor precipitación. Esto concuerda con lo reportado por Zheng et al. (2016), quienes evaluaron el comportamiento de la especie en épocas de sequía y de lluvias, encontrando un comportamiento similar al de este estudio, aunque con producciones mayores de FV y MS en cada época. La producción de forraje, aún en épocas de sequía, puede ser explicada por su sistema radicular pivotante engrosado, lo que le permite almacenar nutrientes, agua y hormonas de crecimiento (Casanova et al., 2018).

Calidad nutricional de la planta completa y fracciones (hoja-tallo)

La tabla 4 presenta la calidad nutricional de la planta completa de *M. oleifera* y sus fracciones. Se encontró que la calidad nutricional de la planta completa fue aceptable, especialmente el porcentaje de PC, siendo esta especie un potencial para alimentación animal, en ecosistemas donde comúnmente las especies forrajeras presentan bajos niveles.

Las hojas fueron la fracción de la planta con mejor calidad nutricional, presentando niveles mayores de PC, DIVMS y EM, y menores niveles de FDN y FDA, características nutricionales que favorecen un mejor aprovechamiento por parte de los animales.

Tabla 4. Calidad nutricional de la planta completa y de cada fracción (hoja-tallo) de *Moringa oleifera* en bancos forrajeros, en el departamento de Casanare, Colombia

Fracción de la planta	MS (%)	PC (%)	DIVMS (%)	EM (kcal)	FDN (%)	FDA (%)
Planta completa	24	19 ± 2	62 ± 6	2.335 ± 160	59 ± 7	33 ± 6
Hojas	25	26 ± 3	67 ± 2	2.465 ± 82	52 ± 8	28 ± 3
Tallos	22	8 ± 2	46 ± 5	1.835 ± 188	76 ± 5	53 ± 8

MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM: Energía metabolizable; FDN: Fibra detergente neutral; FDA: Fibra detergente ácido. ±: Desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, Padilla et al. (2014) reportaron niveles similares de PC a los encontrados en este estudio en la época de lluvias, pero porcentajes mayores al 20,8% en la época seca, mientras que Valarezo y Ochoa (2013), García et al. (2008) y Díaz (2013) encontraron porcentajes de PC de 22,8%, 26,6%, 22,1% a 25,5%, respectivamente, lo que se puede explicar posiblemente por la fertilización nitrogenada que utilizaron en estos trabajos. Méndez et al. (2018) encontraron 22,8% y 24,0%

de PC, en épocas lluviosas y poco lluviosas, sin fertilización.

Algunos trabajos reportan niveles más bajos de FDN para la planta completa, a los encontrados en este estudio. Por ejemplo, Méndez et al. (2018) reportan 39,2%; Díaz (2013), 41%, y Meza, Olivares, Gutiérrez, Bernal y Aranda (2014), 43,7% a 50,6%, mientras que Padilla et al. (2014) encontraron niveles similares en la planta completa en época de

lluvias (60,80 %, 56,44 %, 58,76 %) y más bajos en épocas de sequía (55,3 %, 52,19 %, 52,95 %).

La FDA reportada por Meza et al. (2014) fue mayor a la encontrada en este trabajo: 35,3 % y 42,4 %, al igual que lo mencionado por Padilla et al. (2014), quienes encontraron en la época lluvias FDA de 45,89 %, 44,47 % y 44,90 %, mientras que en época de sequía documentan niveles de 38,48 %, 38,68 % y 32,21 %. Diaz (2013), por el contrario, reportó niveles inferiores (27,84 %) a los encontrados en este trabajo, pero utilizando fertilización nitrogenada; igualmente, Méndez et al. (2018) encontraron niveles inferiores, pero sin fertilización, ni riego (22,5 %).

La relación hoja-tallo en las plantas forrajeras es importante, ya que la mayor cantidad de nutrientes se concentra en las hojas; por lo tanto, una mayor producción de esta fracción (mejor relación) tiene efectos positivos en los sistemas

de producción animal, al suministrar mayor cantidad de nutrientes. La relación hoja-tallo en este estudio fue en promedio de 1,4:1; se presentaron diferencias estadísticas ($p < 0,0001$) entre cortes, debido posiblemente a las condiciones climáticas (tabla 5). En el cuarto corte, la relación es negativa, debido posiblemente a que la planta tiene un período prolongado de sequía, y como mecanismo homeostático ante el estrés hídrico estimula la caída de las hojas para reducir las pérdidas de agua. También se observó en el corte tres que, a pesar de corresponder a un período en el que no se presentó precipitación (sequía), la relación hoja-tallo no se afectó en comparación con las épocas de lluvias, lo que se puede explicar posiblemente por la mayor resistencia que presentan las especies arbóreas a los períodos secos, debido a la longitud de sus raíces que les permite explorar mayor profundidad del suelo, tomando agua de perfiles más profundos, en comparación con las especies herbáceas.

Tabla 5. Porcentaje de cada fracción de la planta y relación hoja-tallo de plantas de *Moringa oleifera* en bancos forrajeros, en el departamento de Casanare, Colombia, durante cinco cortes

Corte	Fracción de la planta		Relación hoja-tallo
	Hojas (%)	Tallos (%)	
1	53	47	1,3: 1
2	65	35	2,0: 1
3	53	47	1,3: 1
4	40	60	0,8: 1
5	57	43	1,4: 1
$p <$	0,0001	0,0001	0,0001
Promedio	54	46	1,4: 1

Precipitación: corte 1 = 230 mm; corte 2 = 121 mm; corte 3 = 0 mm; corte 4 = 39 mm; corte 5 = 323 mm.

Fuente: Elaboración propia

Meza et al. (2014) reportan relaciones hoja-tallo entre 1,7:1 a 2,4:1, y atribuyen la reducción en la relación de factores climáticos como la temperatura: disminuye a mayor temperatura. Padilla et al. (2014) no encontraron diferencias

en el número de hojas/planta, cuando se realizaron cortes a diferentes alturas. Ledea et al. (2018) encontraron diferencias estadísticas en el porcentaje de hojas (62,7 %) y de tallos (37,3 %), siendo mayor la producción de hojas a la encontrada en este estudio.

En el análisis holístico del sistema, la pérdida de hojas debe entenderse como un aspecto positivo, ya que es un mecanismo mediante el cual se favorece el reciclaje de nutrientes y se contribuye a recuperar o mantener las propiedades del suelo.

Conclusiones

El análisis del desempeño de *M. oleifera* mostró un efecto importante en la recuperación de suelos degradados, en la producción de forraje verde y materia seca de buena calidad nutricional. A pesar de disminuir la producción de forraje en los períodos de menor precipitación, la especie soporta condiciones de sequía; en estos períodos, también se reduce la relación hoja-tallo, por la caída de hojas al suelo, lo que favorece el reciclaje de nutrientes.

Referencias

- Alvear, C., & Apráez, J. (2013). Caracterización botánica, nutricional y fenológica de especies arbóreas y arbustivas de uso potencial para sistemas silvopastoriles en la zona de bosque muy seco tropical del norte de Nariño y sur del Cauca. *Agroforestería Neotropical*, 3, 37-46.
- Borroto, A., Negrín, A., Peña, P., & Vega, D. (2018). Uso de Moringa (*Moringa oleifera*) para ovinos en crecimiento. Como alternativa alimentaria ambientalmente amigable. *Universidad & Ciencia*, 7(3), 78-90. Recuperado de <http://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/818/1252>.
- Casanova, F., Cetzal, W., Díaz, V., Chay, A., Oros, I., Piñeiro, A., & González, N. (2018). *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae): Árbol exótico con gran potencial para la ganadería ecológica en el trópico. *Agroproductividad*, 11(2), 100-105. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/323738344_Moringa_oleifera_Lam_Moringaceae_arbol_exotico_con_gran_potencial_para_la_ganaderia_ecologica_en_el_tropico.
- Díaz, C. (2013). *Efecto de la fertilización nitrogenada y la densidad de siembra sobre la producción de biomasa y composición química del Marango (Moringa oleifera) en suelo arcilloso de Juigalpa, Chontales* (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/3264/1/tnf04d542e.pdf>.
- Espinoza, J. R., & Sevilla, S. L. (2010). *Efecto de la densidad de siembra y nivel de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de Moringa oleifera en suelo franco arcilloso* (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/1409/>.

Dado su desempeño, esta especie se puede considerar como alternativa de suplementación estratégica en sistemas ganaderos en ecosistemas de bosque húmedo tropical.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de La Salle por la financiación del estudio.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

- García, D., Medina, G., Cova, J., Torres, A., Soca, M., Pizzani, P., ... Domínguez, E. (2008). Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el Estado Trujillo, Venezuela. *Pastos y Forrajes*, 31(3), 255-270. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000300006.
- Giraldo, O. (2008). Seguridad alimentaria y producción pecuaria campesina: el caso de la localidad rural de sumapaz. *Revista Luna Azul*, 27, 49-59.
- Jarquín, J. M., & Jarquín, M. H. (2003). *Producción de biomasa de Moringa oleifera bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte en el trópico seco de Nicaragua* (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/1294/>.
- Ledeá, J., Rosell, G., Benítez, D., Arias, R., & Pérez, Y. (2018). Estructura y rendimiento forrajero de *Moringa oleifera* cv Nicaragua en diferentes frecuencias de corte. *Revista de Producción Animal*, 30(3), 13-21. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202018000300003.
- Méndez, Y., Suárez, F., Verdecia, D., Herrera, R., Labranda, J., Murillo, B., & Ramírez, J. (2018). Bromatological characterization of *Moringa oleifera* foliage in different development stages. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(τ3), 1-10. Recuperado de <http://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/809/813>.
- Meza, C., Olivares, E., Gutiérrez, E., Bernal, H., & Aranda, J. (2014). *Evaluación de la moringa (Moringa oleifera L.) Como alternativa forrajera de alto contenido nutricional para las partes bajas del estado de Nuevo León* (tesis de grado). Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México. Recuperado de https://nanopdf.com/download/anu305-25-2014-05-1_pdf.

- Nahed, J., Sanchez, B., Mena, Y., Ruiz, J., Aguilar, R., Castel, J., ... Delgadillo, C. (2013). Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in southeastern Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 43, 136-145. doi:10.1016/j.jclepro.2012.12.019.
- Noguera, A., Reyes, N., & Mendieta, B. (2017). Diversidad y distribución de la macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de *Moringa oleifera* (Lam.): relación con las propiedades del suelo. *Revista La Calera*, 17(29), 78-86. doi:10.5377/calera.v17i29.6528.
- Padilla, C., Fraga, N., Scull, I., Tuero, R., & Sarduy, L. (2014). Efecto de la altura de corte en indicadores de la producción de forraje de *Moringa oleifera* cv. Plain. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(4), 405-409. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193033033016.pdf>.
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Revista Pastos y Forrajes*, 33(4), 1-16. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942010000400001.
- Rivera, L., Armbrecht, I., & Calle, Z. (2013). Silvopastoral systems and ant diversity conservation in a cattle-dominated landscape of the Colombian Andes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 181, 188-194. doi:10.1016/j.agee.2013.09.011.
- Rodríguez, F. (2011). *Efecto de los árboles aislados sobre características del suelo en sistemas silvopastoriles en Rivas, Nicaragua* (tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
- Rousseau, L., Fonteb, S., Téllez, O., Van der Hoek, R., & Lavelle, P. (2013). Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecological Indicators*, 27, 71-82. doi:10.1016/j.ecolind.2012.11.020.
- Sánchez, S. (2007). *Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de Panicum maximum Jacq. y en un sistema silvopastoril de P. maximum y Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit* (tesis de doctorado). Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Seddaiua, G., Porcua, G., Leddaa, L., Roggeroa, P., Agnellib, A., & Cortic, G. (2013). Soil organic matter content and composition as influenced by soil management in a semi-arid Mediterranean agro-silvo-pastoral system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 167, 1-11. doi:10.1016/j.agee.2013.01.002.
- Tafur, O., Hurtado, E., Morales, J., Fajardo, D., Murgueitio, E., & Solarte, A. (2010). Sistemas silvopastoriles para producción de leche en el piedemonte amazónico de Colombia sin incremento de la deforestación. En M. Ibrahim & E. Murgueitio (Eds.), *Resúmenes VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Multiplicación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles para la adaptación y mitigación del cambio climático en territorios ganaderos*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Valarezo, J., & Ochoa, D. (2013). Rendimiento y valoración nutritiva de especies forrajeras arbustivas establecidas en bancos de proteína, en el sur de la Amazonía ecuatoriana. *Cedamaz*, 3, 113-124.
- Vallejo, V., Roldán, F., Arbeli, Z., Terán, W., Lorenz, N., & Dick, R. (2012). Effect of land management and *Prosopis juliflora* (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in silvopastoral systems of Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 150, 139-148. doi:10.1016/j.agee.2012.01.022.
- Velarde, L. (2012). *Evaluación de la percepción y los factores determinantes en la implementación de medidas de adaptación al cambio y variabilidad climática por los productores de leche de la cuenca del río La Villa, Panamá* (tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.
- Villanueva, C., Ibrahim, M., Casasola, F., Ríos, N., & Sepúlveda, C. (2009). Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. En C. Sepúlveda & M. Ibrahim (Eds.), *Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central* (pp. 103-125). Turrialba, Costa Rica: CATIE. Recuperado de <http://www.sidalc.net/repdoc/a3825e/a3825e.pdf>.
- Zheng, Y., Zhang, Y., & Wu, J. (2016). Yield and quality of *Moringa oleifera* under different planting densities and cutting heights in southwest China. *Industrial Crops and Products*, 91, 88-96. doi:10.1016/j.indcrop.2016.06.032.