

Comportamiento de *Tithonia diversifolia* bajo condiciones de bosque húmedo tropical

Performance of *Tithonia diversifolia* under tropical humid forest conditions

Alexander Navas Panadero^{1,2}, Víctor Montaña¹

RESUMEN

En el presente estudio se determinó el comportamiento de bancos forrajeros de *Tithonia diversifolia* establecidos en suelos degradados, con prolongada aplicación de agroquímicos, bajo condiciones de bosque húmedo tropical. El banco forrajero se estableció en una finca en Yopal, Casanare (Colombia). La evaluación se realizó durante un año para determinar el efecto sobre las características químicas y la macrofauna del suelo, producción de forraje verde y materia seca, relación entre la biomasa de hoja-tallo y calidad nutricional de la planta completa y fracciones (hoja-tallo). Se obtuvo incrementos en los nutrientes y mesofauna del suelo. Asimismo, se observaron diferencias en producción de forraje y en la relación hoja-tallo. El forraje presentó calidad nutricional entre aceptable a buena, siendo las hojas la fracción de mejor calidad. Se concluye que *Tithonia diversifolia* presenta potencial para la recuperación de suelos degradados, adaptación a diferentes condiciones climáticas y podría contribuir a la producción de alimento de buena calidad en programas de suplementación estratégica para las épocas críticas en sistemas ganaderos.

Palabras clave: alimentación; bancos forrajeros; nutrición; producción ganadera; sistemas agroforestales pecuarios; suelos

ABSTRACT

The performance of forage banks of *Tithonia diversifolia* established in degraded soils, with prolonged application of agrochemicals, under humid tropical forest conditions was determined. The forage bank was established on a farm in Yopal, Casanare (Colombia). The evaluation was carried out during a year to determine the effect on the chemical

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia

² E-mail: anavas@unisalle.edu.co

Recibido: 24 de agosto de 2018

Aceptado para publicación: 5 de enero de 2019

characteristics and the soil macrofauna, production of green forage and dry matter, relationship between the biomass of leaf-stem and nutritional quality of the whole plant and fractions (leaf-stem). There were increases in nutrients and soil mesofauna. Likewise, differences were observed in forage production and leaf-stem ratio. The forage presented nutritional quality between acceptable and good, with the leaves being the best quality fraction. It is concluded that *Tithonia diversifolia* has potential for the recovery of degraded soils and adaptation to different climatic conditions, and may contribute to the production of good quality feed in strategic supplementation programs for critical periods in livestock production systems.

Key words: food; forage banks; nutrition; livestock production; livestock agroforestry systems; soils

INTRODUCCIÓN

La producción forrajera en sistemas ganaderos se basa en el monocultivo de especies gramíneas. Los bosques han sido deforestados para favorecer la producción de pasturas (Rivera *et al.*, 2013) y el manejo extensivo del pastoreo genera problemas de sobrepastoreo (Giraldo, 2008), afectando el potencial productivo del suelo.

Los agroecosistemas ganaderos en el trópico presentan cambios estacionales (épocas de sequía o de lluvias prolongadas), lo que reduce la eficiencia productiva y la rentabilidad de los predios (Velarde, 2012). La producción de forraje se reduce en la zona de estudio durante los meses de diciembre a marzo, lo que corresponde con el periodo de menor precipitación en la región. Por otro lado, los sistemas silvopastoriles contribuyen a la recuperación y conservación de los suelos. Nahed-Toral *et al.* (2013), Rousseau *et al.* (2013) y Seddaiua *et al.* (2013) indican que el reciclaje de nutrientes y la fijación de nitrógeno atmosférico que hacen algunas especies arbóreas son mecanismos que favorecen la recuperación de los suelos en áreas de pastoreo.

Otra función de algunas especies leñosas perennes es la producción de forraje de buena calidad, especialmente por sus aportes de proteína cruda (PC), que pueden ser

utilizadas para la alimentación animal (Alvear y Apráez, 2013), sobre todo en programas de suplementación estratégica durante las épocas críticas. Villanueva *et al.* (2009) consideran que el forraje de las especies arbóreas y arbustivas es una medida de adaptación al cambio climático; asimismo, algunos productores han establecido arreglos silvopastoriles como estrategia de adaptación a las nuevas condiciones climáticas (Velarde, 2012).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de *Tithonia diversifolia*, en arreglo de bancos forrajeros, bajo condiciones de bosque húmedo tropical, como alternativa de manejo sostenible de áreas degradadas bajo uso ganadero.

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 msnm, con precipitación pluvial promedio anual de 2300 mm, temperatura media anual de 27 °C y humedad relativa de 87%. El estudio tuvo una duración de 14 meses, siendo seis meses para el establecimiento y ocho meses de evaluación. El suelo es de topografía plana, del orden Entisol. El lote utilizado para el establecimiento de las parcelas fue usado previamente

te para pruebas de agroquímicos (herbicidas y plaguicidas).

Se estableció un ensayo con tres parcelas de *Tithonia diversifolia* (botón de oro), 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 y posteriormente se llevaron a campo (cuatro meses). La plantación se realizó ahoyando, colocando 50 g de micorrizas por hueco. La siembra se realizó a una distancia de 1x1 m. Cuatro meses después de la plantación 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. No se realizaron fertilizaciones al área experimental.

Para determinar el efecto de la especie arbórea sobre el suelo se tomaron muestras al inicio y al final de la evaluación (intervalo de 14 meses). Se tomó una muestra compuesta inicial de suelo del lote experimental. Para esto, se recorrió el área en zigzag tomando submuestras al azar, con barreno, a una profundidad de 40 cm. Las submuestras fueron homogenizadas y se tomó una muestra de 1000 g. La muestra final de cada parcela fue tomada siguiendo la misma metodología, formando una muestra compuesta (1000 g). Los puntos de muestreo se encontraban entre dos arbustos. Las muestras fueron llevadas al laboratorio para el análisis fisicoquímico – K, Ca, Mg, P, Mn (espectrofotometría), cloruros (volumetría), materia orgánica [MO] (calculada), carbono orgánico [CO] (colorimetría), amonio [NH₄] y nitratos [NO₃] (colorimetría,).

Además, se tomaron muestras de macrofauna con cajuelas de 40 x 40 x 30 cm al inicio del experimento en el lote (3), mediante un transecto donde los puntos de muestreo fueron seleccionados al azar y al final en cada una de las parcelas (3), estableciendo las cajuelas a 50 cm de los arbustos. Se determinó la familia y el número de individuos 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, hormigas, lombrices, ciempiés y escarabajos.

La producción de forraje verde de la planta completa y sus fracciones (hojas y tallos) se determinó mediante la cosecha de 10 arbustos por parcela, seleccionados al azar (5 cortes cada 45 días). Los muestreos se realizaron los meses de noviembre, diciembre y mayo (mayor precipitación), y en febrero y marzo (menor precipitación). Las plantas se cortaron a 0.80 m del suelo y se pesó cada individuo por separado. Luego se fraccionó en hojas y tallos y se pesó cada una de sus partes a fin de 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 forraje verde de la planta completa (conformada por ramas de las plantas) y 200 g de cada fracción (hojas y tallos). Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de nutrición, donde se determinó proteína cruda (PC) (Kjeldahl), materia seca (MS) (gravimetría), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA) (Van Soest), digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) (Tilley y Terry) y energía metabolizable (EM) (AOAC). Los datos de las variables climáticas fueron tomados mediante una estación climática (Wheather-Link®). Se utilizó la estadística descriptiva para las variables de suelo y análisis de varianza no paramétrica – 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

Se presentaron diferencias en las variables climáticas durante los cortes, lo cual influyó sobre el comportamiento de la espe-

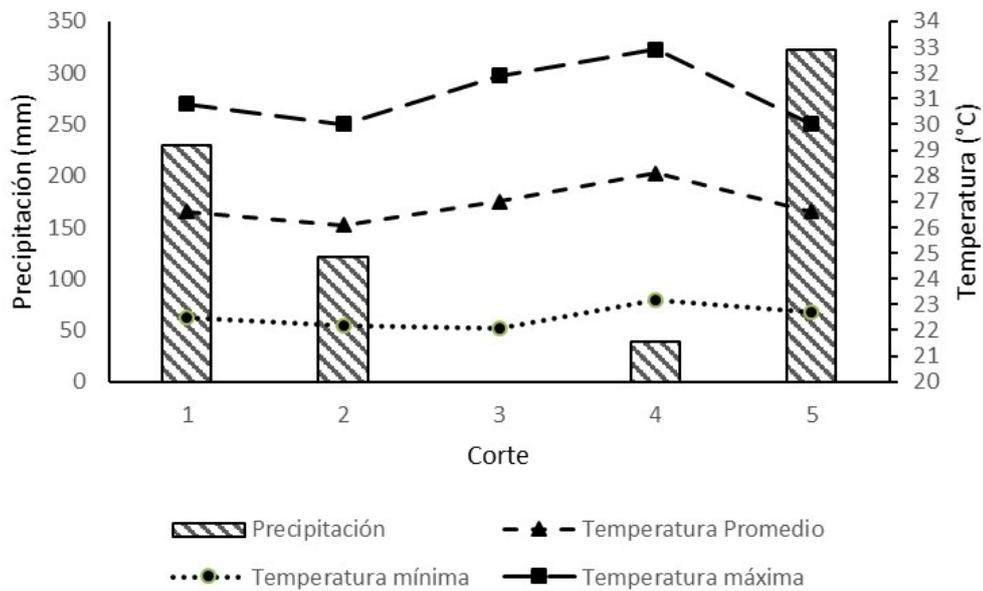


Figura 1. Comportamiento de la precipitación y temperatura (máxima, media y mínima) durante la evaluación de bancos forrajeros de *Tithonia diversifolia* en Casanare, Colombia

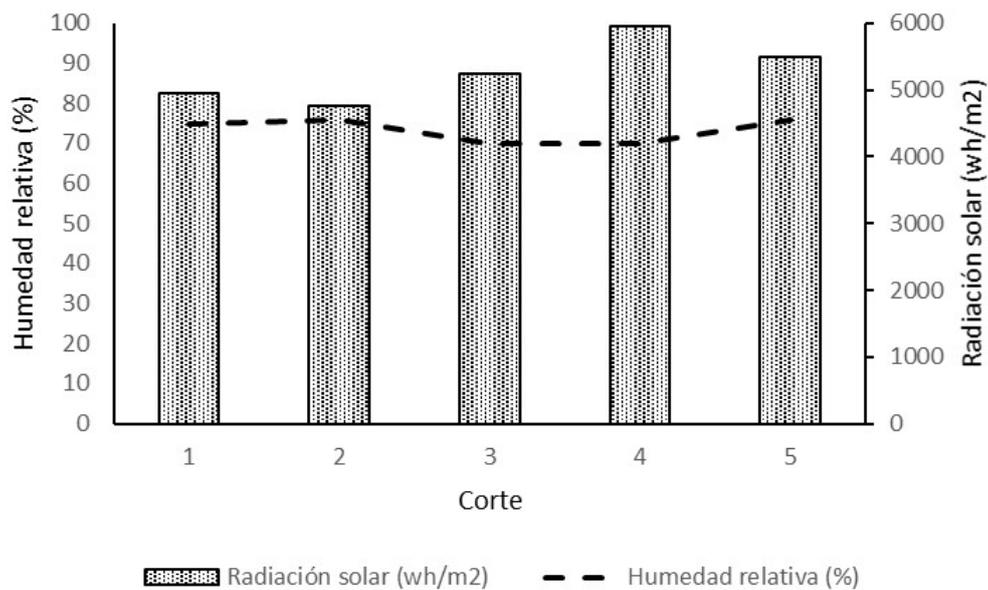


Figura 2. Comportamiento de la humedad relativa y la radiación solar durante la evaluación de bancos forrajeros de *Tithonia diversifolia* en Casanare, Colombia

cie a lo largo del año. Hubo mayor precipitación en el periodo de recuperación de las plantas previo a los cortes 1, 2 y 5, mientras que en el periodo previo al corte 3 no se registró precipitación y para el corte 4 fue baja (Figura 1). Esta condición sumada al incre-

mento en las temperaturas en los cortes de ausencia o baja precipitación influyó en la producción de biomasa y en la relación hoja-tallo.

El comportamiento de la humedad relativa y la radiación solar fueron relativamente-

Cuadro 1. Variación en el contenido de K y Ca (meq/100 ml), Mg, P, NH₄, y NO₃ (en ppm), materia orgánica (MO) y carbono orgánico (CO) (en %), manganeso (Mn) y cloruros (en meq/l) del suelo antes (inicial) y después de 12 meses de haber sido plantado un banco de *Tithonia diversifolia* (Casanare, Colombia)

Tratamiento	K	Ca	Mg	P	NH ₄	NO ₃	MO	CO	Mn	Cloruros
Inicial	0.22	2.39	0.88	5	7	30	2.36	1.37	13	0.52
<i>T. diversifolia</i>	0.17	2.99	1.71	5	2	5	3.22	1.87	16	0.4

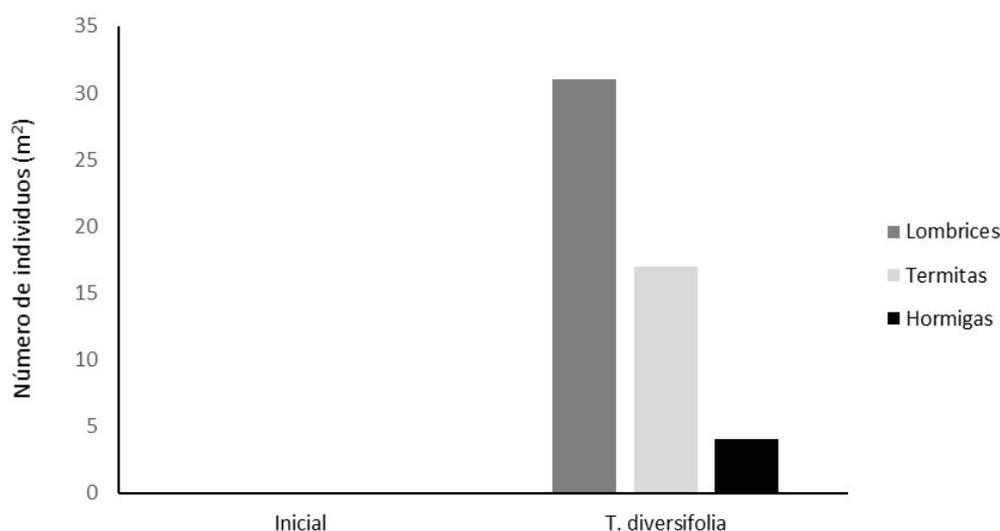


Figura 3. Abundancia de macrofauna (en número de individuos) en el suelo de bancos forrajeros de *Tithonia diversifolia*, incluyendo un control que refleja la condición inicial del suelo

constantes, observándose un leve incremento en la radiación solar en los dos últimos cortes (Figura 2).

Calidad del Suelo

Se encontraron cambios en el suelo a pesar del corto tiempo de establecimiento de los arbustos, lo que refleja un efecto positivo en la recuperación de los suelos degradados o bajo alta aplicación de agroquímicos. En el Cuadro 1 se observa incremento en algunos minerales, MO y CO.

Seddaiua *et al.* (2013) y Rodríguez (2011) señalan el efecto positivo de los árboles en suelos con uso en ganadería, donde el componente leñoso contribuye al incremento de la MO, CO y los minerales, y ayudan a retener agua en el suelo, lo que permite mejorar la producción de forraje. Este reciclaje de nutrientes se da principalmente a través de la hojarasca, lo que explica la recuperación de suelos degradados. El aporte de la MO que proveen los árboles es el sustrato para la proliferación de microorganismos en el suelo, así como para la actividad y diversi-

Cuadro 2. Producción promedio (\pm d.e.) de biomasa de la planta completa, en forraje verde (FV) y materia seca (MS) (t/ha/corte), de *Tithonia diversifolia* en bancos forrajeros (Casanare, Colombia)

	Producción de FV (t/ha/corte)	Producción de MS (t/ha/corte)
Planta completa	17.07 \pm 15.77	3.15 \pm 2.87
Hojas	8.20 \pm 7.00	1.55 \pm 1.33
Tallos	8.87 \pm 9.34	1.88 \pm 1.82
Valor p	0.4673	0.4613

dad de poblaciones que contribuyen al reciclaje de nutrientes (Vallejo *et al.*, 2012).

También se encontró un efecto positivo sobre la macrofauna del suelo, la cual es indicador de la salud del suelo. Las condiciones dadas por *T. diversifolia* favorecieron la reaparición de especies como termitas, lombrices y hormigas (Figura 3). Inicialmente no se encontró ningún tipo de organismo, lo que está relacionado con la aplicación de altas cantidades de agroquímicos por tiempo prolongado, lo cual tiene efectos negativos sobre las propiedades biológicas y la salud del suelo.

La macrofauna contribuye a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, cumple funciones ecológicas como la formación de poros, humificación y mineralización de la materia orgánica (Noguera *et al.*, 2017). Sánchez *et al.* (2007) y Rousseau (2013) encontraron mayor abundancia de macrofauna en sistemas silvopastoriles, al igual que efectos positivos como el incremento de minerales en el suelo, los cuales quedan disponibles para las plantas, mejorando la producción de forraje en sistemas ganaderos.

Forraje Verde y Materia Seca

La planta completa tuvo una producción de forraje verde (FV) de 138.3 t/ha/año, equivalente a 25.5 t/ha/año de MS. No se observaron diferencias estadísticas en la producción de FV ($p = 0.4673$) y MS ($p = 0.4613$) entre las fracciones de la planta (Cuadro 2).

La producción de forraje está determinada por múltiples factores, como las condiciones climáticas previas al corte, la densidad de siembra, fertilización, condiciones fisicoquímicas del suelo y el tiempo de recuperación de los arbustos (Mahecha y Rosales, 2005). Téllez y Mendoza (2014) reportan una producción de 26.6 t/ha/año de MS, similar a la encontrada en este estudio (25.5 t/ha/año), pero encontraron mayor producción de tallos que de hojas, mientras que en este trabajo la producción de ambas fracciones de la planta fue similar. Soto *et al.* (2009) encontró igualmente similar producción de MS (1.79 kg/planta), pero a 60 días de recuperación y 2.58 kg/planta a 85 días.

Ríos y Salazar (1995) mencionan rendimientos superiores (82, 57 y 46 t/ha/corte), pero con 110 días de recuperación y con mayores densidades de siembra a las utilizadas en este estudio. La producción de FV de *T. diversifolia* se encuentra en un rango de 30 a 70 t/ha/corte, dependiendo de la densidad de siembra (Mahecha y Rosales, 2005; Ramírez *et al.*, 2005; Medina *et al.*, 2009), producciones superiores a la encontrada en este estudio, posiblemente debido a la menor densidad de siembra utilizada, así como por la baja calidad del suelo donde se establecieron los bancos.

El desempeño productivo de los bancos forrajeros está determinado en parte por la frecuencia de corte, donde la producción por corte es superior cuanto mayor tiempo de recuperación se tiene, pero la producción al año tiende a ser menor con mayores tiempos de recuperación, debido a que las plantas tie-

Cuadro 3. Producción de biomasa (promedio \pm d.e.) de la planta completa y de cada fracción (hoja, tallo) en forraje verde (FV) y materia seca (MS) (t/ha/corte) de *Tithonia diversifolia* en bancos forrajeros durante cinco cortes (Casanare, Colombia)

	Corte	Fracción de la planta		
		Planta completa	Hojas	Tallos
Producción de FV (t/ha/corte)	1	25.49 \pm 10.85	13.30 \pm 5.18	12.19 \pm 6.56
	2	21.02 \pm 14.05	10.97 \pm 7.29	10.04 \pm 6.84
	3	5.29 \pm	2.73 \pm 1.08	2.57 \pm 1.82
	4	2.10 \pm 2.52	1.46 \pm 0.80	0.63 \pm 0.35
	5	31.44 \pm 16.62	12.51 \pm 6.16	18.94 \pm 11.24
	p	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Producción de MS (t/ha/corte)	1	4.34 \pm 1.84	2.53 \pm 0.98	2.82 \pm 1.51
	2	4.61 \pm 3.09	2.28 \pm 1.52	2.75 \pm 1.88
	3	1.10 \pm 0.53	0.51 \pm 0.21	0.64 \pm 0.44
	4	0.36 \pm 0.19	0.28 \pm 0.16	0.15 \pm 0.09
	5	5.35 \pm 2.83	2.12 \pm 1.05	3.03 \pm 1.79
	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

Cuadro 4. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* (planta completa y las fracciones de hoja y tallo) en bancos forrajeros (Casanare, Colombia)

Planta	MS (%)	PC (%)	DIVMS (%)	EM (kcal)	FDN (%)	FDA (%)
Planta completa	19	20	57	2093	62	43
Hojas	19	27	55	2072	60	44
Tallos	22	6	46	1779	70	55

MS: materia seca; PC: proteína cruda; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM: energía metabolizable; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida

nen menor número de cortes al año. Igualmente, la biomasa digerible se reduce por la lignificación que sufren las plantas, afectando el material aprovechable por los animales. Soto *et al.* (2009) cosecharon bancos de *T. diversifolia* cuando las plantas tuvieron 10, 14, 18, 22 y 26 semanas de recuperación y obtuvieron una producción de forraje verde de 11, 14.7, 17, 19.2 y 35.4 t/ha/año respectivamente, para las cinco frecuencias de poda, siendo la producción de las dos frecuencias

inferior a la encontrada en este estudio a menor frecuencia de corte (6.4 semanas).

Se observaron cambios en la producción de FV y MS en algunos cortes, siendo mayor la biomasa en el primero, segundo y quinto, mientras que el tercero y cuarto presentaron una reducción marcada, la cual se puede explicar por la baja precipitación que se presentó en el periodo de recuperación de los arbustos previos a estos cortes (Cuadro 3).

Cuadro 5. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* (planta completa y las fracciones de hoja y tallo) en bancos forrajeros según el nivel de precipitación durante el periodo de rebrote (Casanare, Colombia)

Precipitación (mm)	Planta	PC (%)	DIVMS (%)	EM (kcal)	FDN (%)	FDA (%)
230	Planta completa	22	58	2043	63	45
	Hojas	29	53	2006	57	46
	Tallos	6	40	1576	78	63
0	Planta completa	14	61	2333	55	33
	Hojas	22	61	2256	61	36
	Tallos	6	56	2122	60	42
323	Planta completa	24	51	1904	67	50
	Hojas	30	51	1953	62	48
	Tallos	7	43	1640	73	61

PC: proteína cruda; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM: energía metabolizable; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida

Igualmente se encontró que, a pesar de la restricción hídrica y las altas temperaturas, *T. diversifolia* produjo forraje bajo estas condiciones extremas, mostrando potencial para mejorar los sistemas de alimentación en los periodos críticos, donde las especies gramíneas tiende a ser más vulnerables a las condiciones climáticas extremas.

Castillo *et al.* (2016) encontraron diferencias en la producción de forraje a lo largo del año, donde los cortes en periodo lluvioso tuvieron mayor producción de MS (9.1 t/ha) que los realizados en periodos poco lluviosos (4.42 t/ha), concordando con los resultados del presente estudio.

Calidad Nutricional

El forraje de *T. diversifolia* presentó buena calidad nutricional, caracterizándose como una especie con alto porcentaje de PC, superior a las especies de gramíneas forrajeras. Asimismo, mostró buenos contenidos de EM. Las hojas fueron la fracción de la planta con mejor calidad nutricional, con

mayores aportes nutricionales y mejor disponibilidad (Cuadro 4) en comparación con los tallos.

La calidad nutricional de las especies forrajeras puede cambiar a lo largo del año y está relacionada con las condiciones climáticas. En este estudio, el forraje de *T. diversifolia* presentó mejor contenido de PC en las épocas de mayor precipitación (Cuadro 5), lo que concuerda con Oluwasola y Dairo (2016), aunque con valores inferiores a lo encontrado en este estudio. Por el contrario, Verdecia *et al.* (2011) reportaron contenidos de PC en la planta completa en periodos lluviosos de 28.9, 26.1 y 18.0%, mientras que para periodos poco lluviosos de 27.4, 22.0 y 14.3%, cuando las plantas fueron cosechadas a 60, 120 y 180 días de rebrote, casi todos mayores a lo encontrado en este trabajo, a pesar de tener periodos de recuperación mayores en todos los casos. En forma similar, otros investigadores reportaron valores superiores (Medina *et al.*, 2009; Galindo *et al.*, 2011; Naranjo y Cuartas, 2011; Lezcano *et al.*, 2012), mientras que Téllez y

Cuadro 6. Porcentaje de cada fracción de la planta y relación hoja-tallo de *Tithonia diversifolia* durante cinco cortes en bancos forrajeros (Casanare, Colombia)

Corte	Fracción de la planta		Relación hoja-tallo
	Hojas (%)	Tallos (%)	
1	54	46	1.4:1
2	53	47	1.1 :1
3	55	45	1.4 :1
4	70	30	2.4 :1
5	41	59	0.7 :1
p <	0.0001	0.0001	0.0001
Media	55	45	1.4 :1

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

Mendoza (2014) encontraron similar porcentaje de PC para la planta completa (19.5%) y Gallego *et al.* (2017) reportaron niveles inferiores (12.8-14.1%), diferencias que pueden atribuirse a las condiciones edáficas o de fertilización.

Pese a las diferencias en los contenidos de PC entre estudios, se puede considerar a *T. diversifolia*, como una especie con potencial para la suplementación animal, dado su alto nivel de PC a la edad de rebrote en que fue cosechada la planta. Esto permite flexibilidad en el manejo por parte del productor, ya que la calidad nutricional no varía drásticamente con el periodo de rebrote, como si acontece con las especies gramíneas.

A pesar de tener la misma edad de rebrote, Téllez y Mendoza (2014) encontraron menores contenidos FDN (58.8%), tal y como ha sido reportado (Medina *et al.*, 2009; Galindo, 2011; Naranjo y Cuartas, 2011; Gallego *et al.*, 2017). Por otro lado, Verdecia *et al.* (2011) reportaron un menor valor de FDN en periodos poco lluviosos (40.4-47.6%) que

en periodos lluviosos (43.6-50.5%) en tres frecuencias de corte.

Téllez y Mendoza (2014) encontraron similares contenidos de FDA (42.2%), mientras que Naranjo y Cuartas (2011), Medina *et al.* (2009) y Galindo (2011) obtuvieron porcentajes menores. Por otro lado, los valores de 48.2-48.9% reportados por Gallego *et al.* (2017) fueron mayores a los encontrados en el presente trabajo. Así mismo, Verdecia *et al.* (2011) reportaron contenidos mayores de FDA en el periodo lluvioso (27.6-32.1%) en comparación con el periodo poco lluvioso (24.1-31.3%) al realizar cortes a los 60, 120 y 180 días; resultados por efecto del clima que concuerda con lo encontrado en este trabajo.

El aumento de la producción de biomasa permite incrementar la capacidad de carga en los sistemas ganaderos, especialmente si hay un mayor aporte nutricional de los forrajes. En este sentido, la relación hoja-tallo de un forraje al momento de la cosecha es importante. En este estudio, la relación hoja-tallo fue de 1.4:1, aunque se encontraron diferencias entre cortes, debido a las condiciones climáticas durante el periodo de rebrote (Cuadro 6). La relación fue negativa en el quinto corte debido posiblemente a que la planta tuvo un periodo prolongado de lluvias, lo cual pudo estimular el crecimiento de la planta después de un periodo de fuerte estrés hídrico. También se observa en los cortes tres y cuatro, que a pesar de corresponder a periodos donde se presentó nula o baja precipitación (sequía), la relación hoja-tallo fue mayor en comparación a las épocas de lluvias. Esto posiblemente puede indicar que esta especie arbustiva tiene cierto grado de resistencia a periodos cortos de sequía, explicado porque las especies arbóreas y arbustivas tienen raíces más largas que les permite explorar perfiles más profundos en busca de agua y nutrientes, en comparación con las especies herbáceas. Ruiz *et al.* (2017) encontraron diferencias en el crecimiento y estructura de la planta de diversos materiales de *T. diversifolia*, bajo condiciones de sequía o lluvias, lo que posiblemente puede explicar los cambios presentados en la relación hoja-tallo.

Téllez y Mendoza (2014) reportaron una relación superior de hoja-tallo (1.8:1), posiblemente influenciada por las condiciones climáticas presentes en dicho estudio. Por otro lado, Ríos y Salazar (1995) obtuvieron una relación hoja-tallo negativa (5:3:2, tallo-hoja-flor, respectivamente), dado que el corte se hizo a los 110 días, permitiendo la floración de las plantas y el incremento en la producción de tallo.

CONCLUSIONES

Tithonia diversifolia presenta potencial para la recuperación de suelos degradados, adaptación a diferentes condiciones climáticas y contribuye a la producción de alimento de buena calidad que podría permitir el establecimiento de programas de suplementación estratégica para las épocas críticas en sistemas ganaderos.

LITERATURA CITADA

1. **Alvear CM, Melo W, Apráez JE, Gálvez A, Insuasty EG 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 Neotrop* 3: 37-46.
2. **Castillo-Mestre M, Betancourt-Bagué T, Toral-Pérez C, Iglesias-Gómez JM. 2016.** Influencia de diferentes marcos de plantación en el establecimiento y la producción de *Tithonia diversifolia*. *Pastos y Forrajes* 39: 89-93.
3. **Galindo J, González N, Sosa A, Ruiz T, Torres V, Aldana AI, Díaz H, et al. 2011.** Efecto de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray (botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones *in vitro*. *Cuban J Agr Sci* 45: 33-45.
4. **Gallego-Castro LA, Mahecha L, Angulo J. 2017.** Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* hemsl A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agron Mesoam* 28: 213-222. doi: 10.15517/am.v28i1.21671
5. **Giraldo OF. 2008.** Seguridad alimentaria y producción pecuaria campesina: el caso de la localidad rural de Sumapaz. *Rev Luna Azul* 27: 49-59.
6. **Lezcano Y, Soca M, Ojeda F, Roque E, Fontes D, Montejo IL, Santana H, et al. 2012.** Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. *Pastos y Forrajes* 35: 275-282.
7. **Mahecha L, Rosales M. 2005.** Valor nutricional de follaje de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livestock Res Rural Develop* 17(9). [Internet]. Disponible en: <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd17/9/mahe17100.htm>
8. **Medina M, García DE, González ME, Cova LJ, Moratinos P. 2009.** Variables morfoestructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootec Trop* 27: 121-134.
9. **Nahed-Toral J, Sanchez-Muñoz B, Mena Y, Ruiz-Rojas J, Aguilar-Jimenez R, Castel JM, de Asis F, et al. 2013.** Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in Southeastern Mexico. *J Clean Prod* 43:136-145.
10. **Naranjo JF, Cuartas CA. 2011.** Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. *Rev CES Med Vet Zootec* 6: 9-19.
11. **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. La Calera 17: 78-86. doi: 10.5377/calera.v17i29.6528
12. **Oluwasola T, Dairo FA. 2016.** Proximate composition, amino acid profile and some anti-nutrients of *Tithonia diversifolia* cut at two different times. Afr J Agric Res 11: 3659-3663. doi: 10.5897/AJAR2016.10910
 13. **Ramírez R, Escobedo JG, Lara PE, Chay EA. 2005.** Efecto de la altura de corte, densidad y tipo de suelo en la producción de *Tithonia diversifolia*. En: XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. México.
 14. **Ríos CI, Salazar A. 1995.** Botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray) una fuente proteica alternativa para el trópico. Livestock Res Rural Develop 6(3). [Internet]. Disponible en: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Rios14.PDF>
 15. **Rivera LF, Armbricht I, Calle Z. 2013.** Silvopastoral systems and ant diversity conservation in a cattle-dominated landscape of the Colombian Andes. Agr Ecosyst Environ 181: 188-194. doi: 10.1016/j.agee.2013.09.011
 16. **Rodríguez F. 2011.** Efecto de los árboles aislados sobre características del suelo en sistemas silvopastoriles en Rivas, Nicaragua. Tesis de Maestría. San José, Costa Rica: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. 77 p.
 17. **Rousseau L, Fonteb S, Téllez O, Vander R, Lavellea P. 2013.** Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. Ecol Indic 27: 71-82. doi: 10.1016/j.ecolind.2012.11.020
 18. **Ruiz T, Alonso J, Torres V, Valenciaga N, Galindo J, Febles G, Díaz H, et al. 2017.** Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-este de Cuba. Avances Invest Agropec 21(3): 31-39.
 19. **Sánchez S, Crespo G, Hernández M. 2007.** Acumulación de hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* y en un sistema silvopastoril de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*. Pastos y Forrajes 30: 357-371.
 20. **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. Agr Ecosyst Environ 167: 1-11. doi: 10.1016/j.agee.2013.01.002
 21. **Soto S, Rodríguez JC, Russo R. 2009.** Digestibilidad *in vitro* en forrajes tropicales a diferentes edades de rebrotes. Tierra Tropical 5: 83-89.
 22. **Téllez SA, Mendoza RA. 2014.** Comportamiento productivo de *Tithonia diversifolia* en bancos forrajeros, bajo condiciones de suelos de piedemonte llanero. Tesis de Zootecnista. Bogotá: Univ. de la Salle. 47 p.
 23. **Vallejo V, Roldán F, Arbeli Z, Terán W, Lorenz N, Dick R, Roldan F. 2012.** Effect of land management and *Prosopis juliflora* (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in silvopastoral systems of Colombia. Agr Ecosyst Environ 150:139-148. doi: 10.1016/j.agee.2012.01.022
 24. **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. San José: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. 94 p.
 25. **Verdecia DM, Ramírez JL, Leonard I, Alvarez Y, Bazán Y, Bodas R, Andrés S, et al. 2011.** Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauto. REDVET 12(5). [Internet]. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050511/051113.pdf>

26. **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: 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. San José. [Internet]. Disponible en: <http://www.sidalc.net/repdoc/A3825e/A3825e.pdf>