

## Comunicación corta

# Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto<sup>1</sup>

## Nutritional quality of *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray under three planting systems in the high tropic

Luis Alberto Gallego-Castro<sup>2</sup>, Liliana Mahecha-Ledesma<sup>2</sup>, Joaquín Angulo-Arizala<sup>2</sup>

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue comparar la composición bromatológica y el contenido de taninos del forraje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) obtenido bajo tres sistemas de siembra. El trabajo se desarrolló en la finca Santa Martha, en el municipio de Guarne (Antioquia-Colombia), ubicada a 2453 msnm, entre octubre de 2013 y julio de 2014. A los 56 días del corte de uniformización, se analizaron los contenidos de materia seca (12,74%, 12,90%, 12,45%), proteína cruda (14,1%, 12,76%, 13,31%), cenizas (16,19%, 15,50%, 16,00), calcio (2,86%, 3,05%, 2,93%), fósforo (0,27%, 0,25%, 0,27%), fibra detergente neutro (53,81%, 50,21%, 52,80%), fibra detergente ácido (48,18%, 48,87%, 48,47%), carbohidratos totales no estructurales (8,50%, 8,35%, 7,82%), taninos totales (0,08%, 0,11%, 0,08%) y fenoles totales (0,20%, 0,29%, 0,24%), para plantas completas cosechadas en parcelas establecidas a partir de estacas, semilla sexual manejada *in vitro* y semilla sexual en almácigos, respectivamente; solo se encontraron diferencias para fenoles totales ( $p \leq 0,05$ ). El método de establecimiento no incidió sobre el contenido de nutrientes bajo las condiciones en que se realizó este estudio, y al contenido de metabolitos secundarios no ser alto, se espera que no influyan sobre la palatabilidad, el consumo ni la digestibilidad de la materia seca.

**Palabras clave:** bromatología, forrajeras arbustivas, taninos.

### ABSTRACT

The aim of this study was to compare the chemical composition and tannins content of botón de oro (*Tithonia diversifolia*) obtained under three different planting systems. The work was developed in Santa Martha farm, in the municipality of Guarne (Antioquia-Colombia), located at 2453 meters above sea level, from October 2013 and July 2014. After 56 days of the uniformity cut was analyzed contents of dry matter (12.74%, 12.90%, 12.45%), protein crude (14.1%, 12.76%, 13.31%), ash (16.19%, 15.50%, 16.00%), calcium (2.86%, 3.05%, 2.93%), phosphorus (0.27%, 0.25%, 0.27%), neutral detergent fiber (53.81%, 50.21%, 52.80%), acid detergent fiber (48.18%, 48.87%, 48.47%), total nonstructural carbohydrates (8.50%, 8.35%, 7.82%), total tannin (0.08%, 0.11%, 0.08%) and total phenols (0.20%, 0.29%, 0.24%), for complete plants harvested in plots established by cuttings, by sexual seed handled *in vitro* and by sexual seed handled in seedlings, respectively; only differences in total phenols were found ( $p \leq 0.05$ ). The method of establishment has no bearing on the nutritional composition in conditions under which this study was conducted; and at content of secondary metabolites no be high, is not to expect influence in the palatability, digestibility nor consumption of dry matter.

**Keywords:** bromatological analysis, forage shrubs, tannins.

<sup>1</sup> Recibido: 7 de enero, 2016. Aceptado: 9 de junio, 2016. Parte de la tesis de grado de la maestría en Ciencias Animales del primer autor, Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup> Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación en Ciencias Agrarias (GRICA). AA 1126, Medellín, Colombia. luis.gallego@udea.edu.co, liliana.mahecha@udea.edu.co, joaquin.angulo@udea.edu.co (autor para correspondencia).



## INTRODUCCIÓN

Las pasturas tropicales generalmente se caracterizan por presentar bajo rendimiento productivo y baja calidad nutricional, razones por las que los productores se ven en la necesidad de encontrar nuevos materiales que ayuden a mejorar la oferta alimenticia para sus animales. La acumulación de biomasa y la composición bromatológica de esta obedecen a diversos factores, por un lado, los que se asocian a la especie vegetal y de otro, los asociados a condiciones agroecológicas y de manejo de los cultivos forrajeros (Papanastasis et al., 1998; Wencomo y Ortiz, 2012).

En los sistemas ganaderos de trópico alto es tradicional encontrar una base forrajera sustentada en monocultivos de kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), sin embargo, es necesario que la oferta forrajera para estos sistemas ganaderos se diversifique, con la intención de mejorar el balance de nutrientes ofertados a los animales, a la vez que se puedan promover otras condiciones como la disminución del impacto sobre el medio ambiente y la calidad de los productos obtenidos. Los sistemas ganaderos tradicionales en su necesidad de transformación, principalmente en lo referente al manejo de la alimentación, requieren de una utilización más efectiva de los recursos forrajeros disponibles (Mahecha et al., 2002), además, por medio de estos es posible alcanzar resultados positivos desde el punto de vista económico, social y ambiental (Verdecia et al., 2011).

Actualmente se han realizado diferentes propuestas para diversificar la oferta forrajera en estos sistemas ganaderos tradicionales, los que promueven la implementación de bancos forrajeros o pasturas asociadas con forrajeras arbustivas. Se destaca de manera particular el botón de oro (*Tithonia diversifolia*), el cual puede constituir una buena alternativa en la alimentación de ganado de alta producción lechera en condiciones de trópico alto.

La *Tithonia diversifolia* (Hemsl A. Gray), planta de la familia Asteraceae, conocida como botón de oro y originaria de América Central, ha sido introducida en el trópico en casi todo el mundo (Maina et al., 2012). Esta especie tiene muchas cualidades que la permiten clasificar como planta forrajera de un alto potencial para la producción animal, especie que presenta innumerables cualidades y es de resaltar su fácil adaptación a diversas condiciones de suelos y resistencia al corte frecuente (Nieves et al., 2011).

En Colombia el botón de oro crece en diferentes condiciones agroecológicas desde el nivel del mar (30 °C) hasta 2500 msnm (10 °C), precipitaciones de 800 hasta 5000 mm al año, y en distintos tipos de suelos de neutros a ácidos y desde fértiles hasta muy pobres en nutrientes (Hernández, 2011). La calidad nutricional de esta planta puede variar en función de la edad de cosecha, condiciones del suelo y prácticas culturales realizadas. También puede verse influenciada por factores ambientales, siendo importante considerar el efecto de las temporadas secas o lluviosas a lo largo del año (Jama et al., 2000). Para condiciones de trópico alto, sin realizar fertilización, se reportan producciones de 13, 17 y 19 t MS/ha/año, al establecer el cultivo con estacas, plantas obtenidas de semilla sexual manejada *in vitro* en condiciones de laboratorio y, plantas obtenidas de semilla sexual manejada en almácigos a cielo abierto (Gallego et al., 2015).

El forraje botón de oro ha sido reconocido entre los productores por su capacidad para la acumulación de nitrógeno (Jama et al., 2000, Medina et al., 2009; Verdecia et al., 2011) y de fósforo y potasio (Jama et al., 2000); cuenta con importantes niveles de proteína y carbohidratos solubles (Medina et al., 2009). Además, su nivel de taninos no se considera tan alto como para llegar a influenciar de manera negativa el aprovechamiento de los nutrientes por parte del ganado bovino (García et al., 2006; Lezcano et al., 2012b). A pesar de que esta planta se ha utilizado ya desde hace varios años en la producción de forraje para consumo directo o para corte, la calidad nutricional de forrajes obtenidos bajo condiciones de cultivo con condiciones de manejo agronómicas bien definidas no ha sido suficientemente ilustrado, menos aun, si se consideran métodos de siembra diferentes al uso de estacas como material para el establecimiento del cultivo.

La siembra y establecimiento de botón de oro se ha realizado tradicionalmente empleando estacas como material de propagación, método que resulta costoso y que además requiere de mucho tiempo, por lo que en muchos casos no resulta práctico. La dificultad para conseguir el material vegetativo o el daño y deshidratación que este sufre durante el transporte, son aspectos que han planteado la necesidad de encontrar alternativas para el establecimiento de *T. diversifolia* (Saavedra et al., 2011; Romero et al., 2014).

La semilla sexual se plantea como un método alternativo de siembra, sin embargo, los reportes de

germinación en general no han sido muy alentadores; Saavedra et al. (2011) lograron niveles máximos de 13% de germinación; Muoghalu y Chuba (2005) encontraron un 16,3% de germinación; mientras que Romero et al. (2014), encontraron que a partir de semillas clasificadas como viables, es posible obtener plántulas para el trasplante.

El objetivo de ese trabajo fue comparar la composición bromatológica y el contenido de taninos del forraje de botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray) obtenido bajo tres sistemas de siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la finca Santa Martha, entre los meses de octubre de 2013 y julio de 2014, en el municipio de Guarne, departamento de Antioquia, Colombia; ubicada a 6°17'44,0"N y 75°25'23,3"W, con suelo de tipo franco arenoso, a 2453 msnm, con una temperatura media de 17 °C y una precipitación de 1860 mm.

Se realizó el análisis de suelo al terreno donde se establecieron las parcelas (Cuadro 1), este se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. La preparación del terreno se realizó manualmente, previamente se aplicó un herbicida sistémico (glifosato, producto comercial y bajo las recomendaciones del fabricante) para eliminar la biomasa presente en el terreno, se prepararon los surcos a un metro de distancia, dejando calles para la realización de actividades culturales.

Las características físico-químicas del suelo seleccionado permiten identificarlo como un suelo apropiado para actividades agroforestales, tanto el pH como la textura y su composición química permiten el desarrollo con poca dificultad de especies arbóreas o arbustivas, y forrajeras (Dávila y Márquez, 2007).

### Cultivo del botón de oro

Las plantas destinadas al establecimiento del cultivo, se obtuvieron por tres métodos: estacas (Pes), semilla sexual manejada bajo condiciones *in vitro* (Piv) y semilla sexual manejada en almácigos (Psx). Las estacas fueron obtenidas en un cultivo de botón de oro establecido como banco de material vegetal para su propagación (corregimiento de San Cristóbal, Medellín, Colombia), su siembra se hizo en un terreno

**Cuadro 1.** Características del suelo donde se cultivó *Tithonia diversifolia*, para comparar la composición bromatológica y el contenido de taninos del forraje obtenido bajo tres sistemas de siembra. Municipio de Guarne, Antioquia, Colombia. 2013.

Table 1. Soil characteristics where grown *Tithonia diversifolia*, to compare the chemical composition and the tannin content of forage obtained under three planting systems. Municipality of Guarne, Antioquia, Colombia. 2013.

| Características      | Composición     |       |
|----------------------|-----------------|-------|
| Materia orgánica (%) |                 | 15,60 |
| pH                   |                 | 5,60  |
| CICE*                |                 | 12,5  |
| Textura              | A %             | 68,00 |
|                      | L %             | 22,00 |
|                      | Ar %            | 10,00 |
|                      | Clase           | FA**  |
|                      |                 |       |
| Contenido mineral    | Al <sup>1</sup> | -     |
|                      | Ca <sup>1</sup> | 10,70 |
|                      | Mg <sup>1</sup> | 1,20  |
|                      | K <sup>1</sup>  | 0,56  |
|                      | Na <sup>1</sup> | 0,03  |
|                      | P <sup>2</sup>  | 11,00 |
|                      | S <sup>2</sup>  | 10,00 |
|                      | Fe <sup>2</sup> | 69,00 |
|                      | Mn <sup>2</sup> | 6,00  |
|                      | Cu <sup>2</sup> | 4,00  |
|                      | Zn <sup>2</sup> | 6,00  |
| B <sup>2</sup>       | 0,39            |       |

<sup>1</sup> meq/100 g de suelo / meq/100 g of soil.

<sup>2</sup> mg/kg.

\* CICE: Capacidad de intercambio catiónico efectiva / CICE: effective cation exchange capacity.

\*\* FA: franco arenoso / sandy loam.

definido para ello; la semilla sexual se obtuvo en el mercado con un proveedor localizado en los llanos orientales de Colombia, se llevó una parte de esta semilla a un laboratorio local para la obtención de plantas a partir de semilla purificada y germinadas mediante proceso *in vitro*, las plántulas se trasladaron a bolsas de almácigo; otra parte de la semilla sexual se estableció en almácigos, para esto la semilla se mezcló con gallinaza en una relación 3:1 (gallinaza:semilla) a razón de 5 kg de semilla/ha.

Para el establecimiento del cultivo, se prepararon de manera manual veinticuatro parcelas de 20 m<sup>2</sup> cada una, las parcelas fueron distribuidas de manera aleatoria en el terreno, de manera que se asignaron ocho parcelas para cada método de siembra, se distribuyeron considerando los niveles del terreno de acuerdo con la topografía (divididos por igual en la parte alta y parte baja del terreno). Pasadas ocho semanas se seleccionaron 288 plantas obtenidas por cada método (Pes, Piv y Psx) y fueron trasladadas a las parcelas experimentales destinadas para ello, plantando 36 plantas por parcela, para una densidad de 1,8 plantas por m<sup>2</sup>, distribuidas en los niveles bajo y alto del terreno; durante el primer mes se revisó que tuvieran el desarrollo adecuado. Se controlaron las malezas en el área cultivada y a los tres meses de establecido el cultivo, se fertilizó cada planta con 70 g de un producto comercial de elementos mayores (N 10%, P 30%, K 10%) y 15 g de una mezcla de elementos secundarios y menores (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5%, CaO 18%, MgO 6%, S 1,6%, Cu 0,14% B 1%, Mo 0,005%, Zn 2,5%). Se hizo seguimiento semanal para observar desarrollo de las plantas, pasados cuatro meses se realizó un corte de uniformización a 30 cm de altura, en todas las parcelas.

Pasados 56 días desde la uniformización del cultivo, se realizó la cosecha de plantas completas a 30 cm de altura. El material fue llevado al laboratorio integrado de nutrición animal, bioquímica y de pastos y forrajes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia donde, de acuerdo con los procedimientos establecidos por la AOAC (2005), se realizaron los análisis de cenizas (Cen), calcio (Ca), fósforo (P), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA); para los análisis de fenoles totales (FT) y taninos totales (TT), las muestras se enviaron al laboratorio de nutrición animal y calidad de forrajes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), donde se sigue la metodología definida según FAO/IAEA (2003) y que expresa los resultados como % de ácido tánico; finalmente, para carbohidratos totales no estructurales se enviaron las muestras al laboratorio de nutrición de plantas y química de suelos del CIAT.

Al momento del corte y según la MS contenida en plantas completas para cada uno de los métodos de siembra, se realizó una proyección para estimar la producción de biomasa, para lo cual se consideró la

densidad de siembra y el número de cortes posibles al año (365/56).

Los datos obtenidos fueron analizados mediante SPSS (Statistics v.22.0), realizando un ANOVA y probando diferencias para la composición nutricional, fenoles totales y taninos totales. No se encontraron diferencias para los niveles del terreno según los métodos de siembra, por lo que los resultados se presentaron bajo un diseño completamente aleatorizado, con tres tratamientos (Pes, Piv y Psx), con ocho repeticiones cada uno (parcelas); las diferencias se analizaron mediante prueba de Tukey (P<0,05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio se realizó en trópico de altura (2453 msnm) y no fue posible encontrar otros estudios en condiciones similares para discutir y comparar los resultados. Asimismo, en la mayoría de los estudios publicados se ha hecho la evaluación de solo material foliar o con selección de tallos tiernos, por tanto, no se contó con suficientes datos de comparación, toda vez que en este estudio se tomó la planta completa (tanto hojas como la totalidad de los tallos, que presentaron hasta 3,5 cm de diámetro). Además, se destaca que la composición química de los forrajes depende en gran medida de las partes de la planta que sean cosechadas, la edad de cosecha, la altura sobre el nivel del mar a la que se desarrolle el cultivo o el manejo agronómico dado al cultivo (Wencomo y Ortiz, 2012). La mayoría de los estudios publicados en literatura nacional e internacional sobre *T. diversifolia*, no son muy detallados en tales aspectos; no se logró tener otros reportes en cuanto a composición nutricional del botón de oro en cultivos establecidos por semilla sexual.

Los resultados obtenidos en las parcelas de estudio establecidas con Pes, Piv y Psx, mostraron que todas las estrategias son viables para el desarrollo de cultivos tendientes a la producción de *T. diversifolia*.

La producción de biomasa proyectada, al considerar la densidad de siembra utilizada de 1,8 plantas por metro cuadrado, la MS hallada para el forraje en cada uno de los métodos de siembra y los 6,52 posibles cortes/año, fue de 20,74, 16,14 y 17,70 ton Ms/ha/año, para Pes, Piv y Psx, respectivamente. Los valores obtenidos fueron mayores a las 10,36 y 13,61 t de MS/ha/año halladas por González et

al. (2013), al establecer cultivos mediante el uso de estacas obtenidas de diferentes partes de la planta, y fueron similares a las 17,2 t de MS/ha/año encontradas por Manuin (2007).

Los valores obtenidos para la biomasa proyectada fueron aceptables, no obstante, es conveniente que se realicen evaluaciones en las que se consideren, por ejemplo, diferentes estrategias de manejo del cultivo o cortes sucesivos a lo largo del año y así, tener mayor claridad al respecto, sobre todo si se considera que las primeras cosechas de un cultivo presentan rendimientos inferiores (Medina et al., 2009).

Los valores medios por tratamiento para materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas (Cen), calcio (Ca), fósforo (P), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y carbohidratos totales no estructurales (CTN), no mostraron diferencias estadísticamente significativas en lo referente a la composición química de los forrajes según el material empleado para la siembra ( $P > 0,05$ ) (Cuadro 2).

Los resultados obtenidos para MS (12,74%, 12,90% y 12,45%, para Pes, Piv y Psx, respectivamente), fueron superiores al 10,13% reportado por Lezcano et al. (2012a) para hojas más tallos tiernos en periodo lluvioso, y similares al 12,78% para periodos poco lluviosos; aunque estos reportes fueron para plantas de sesenta días de edad, similar a los 56 días de cosecha en este estudio, es importante considerar que la edad de corte de las plantas y la época del año son factores que influyen sobre el contenido de MS, aspectos importantes de consideración para estimar y optimizar el rendimiento en biomasa del cultivo (Papanastasis et al., 1998; Alonso et al., 2012).

En un estudio en tres ciclos de pastoreo, se reportó un porcentaje de MS mayor al obtenido en este estudio para cuatro distancias de plantación con una variación entre 19,5% y 23,8%, siendo necesario mencionar que la cosecha se efectuó a los noventa días de rebrote (Alonso et al., 2012). En un asocio de pasto guinea (*P. maximum*) y botón de oro (*T. diversifolia*), cuando este último se sembró a 4 m entre surcos y se pastoreó a los 64 días de descanso, el nivel de MS correspondiente fue de 16,8% (Alonso et al., 2013). Lo anterior puede indicar que existió gran variabilidad en cuanto al contenido de MS en el forraje de *T. diversifolia*, y que pueden ser múltiples las causas de esta variación, entre las que se encuentran la edad del cultivo, la frecuencia de corte, la temporada del año, el manejo agronómico,

**Cuadro 2.** Composición química de plantas de botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray) obtenidas mediante estacas (Pes), manejo *in vitro* (Piv) y semilleros (Psx). Municipio de Guarne, departamento de Antioquia, Colombia, 2014.

**Table 2.** Chemical composition of botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray) plants obtained by cuttings (Pes), by sexual seed handled *in vitro* (Piv) and by sexual seed handled in seedlings (Psx). Municipality of Guarne, department of Antioquia, Colombia, 2014.

|                  | Pes     | Piv    | Psx    |
|------------------|---------|--------|--------|
| Materia seca (%) | 12,74a* | 12,90a | 12,45a |
| Cenizas (%)      | 16,19a  | 15,50a | 16,00a |
| Calcio (%)       | 2,86a   | 3,05a  | 2,93a  |
| Fósforo (%)      | 0,27a   | 0,25a  | 0,27a  |
| Proteína (%)     | 14,10a  | 12,76a | 13,31a |
| FDN (%)          | 53,81a  | 50,21a | 52,80a |
| FDA (%)          | 48,18a  | 48,87a | 48,47a |
| CTN (%)          | 8,50a   | 8,35a  | 7,82a  |

\* Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa (Tukey  $P \leq 0,05$ ) / Different letters in the same row indicate significant differences (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, CTN: Carbohidratos totales no estructurales / FDN: neutral detergent fiber, FDA: acid detergent fiber, CTN: total nonstructural carbohydrates.

la asociación con otras especies forrajeras, aspectos que deberán ser estudiados con mayor detenimiento.

En lo referente a PC, quizás uno de los parámetros de más variación entre los resultados presentados por diferentes autores, los valores obtenidos de 14,10%, 12,76% y 13,31%, para Pes, Piv y Psx, respectivamente, fueron similares a los presentados por Pasqualotto et al. (2010), quienes reportaron 14,09% para PC, aunque estos no mencionaron edad de cosecha del forraje; mientras que Roa et al. (2010) cosechando a los sesenta días, sin aclarar si se trata de planta completa o no, reportaron solo un 10% de PC.

En un corte a los noventa días de rebrote y a 50 cm desde el suelo, se encontró un nivel de PC del 25,62% (García et al., 2008); mientras que Lezcano et al. (2012a), a los sesenta días, reportaron 19,03% de PC; todos ellos valores superiores a los encontrados en este trabajo, aclarando que en la publicación de García et al. (2008) no se especificó el tipo de material

empleado, y en el de Lezcano et al. (2012a) se usaron solo hojas y tallos tiernos.

En plantas cosechadas a las ocho semanas en un ensayo de vivero, en el que evaluaron el efecto del tamaño y grosor de la estaca empleada para el establecimiento de las plantas, se encontraron valores entre 20,37% y 23,65% de PC, tomando solo hojas y tallos tiernos de menos de 6 mm de diámetro (Medina et al., 2009). En otro reporte, empleando solo hojas y tallos de menos de 2 cm de diámetro, a los 120 días de edad de las plantas, se obtuvo un 22,3% de PC (Verdecia et al., 2014); mientras tanto, De Souza (2007) reportó que en estado de prefloración (correspondiente a 103 días de edad del forraje, en plantaciones a 50 cm entre plantas y 75 cm entre surcos) la PC fue de 12,35%.

Frente a las variaciones en los niveles de PC reportados por diversos autores y los encontrados en este trabajo, es importante considerar que el contenido de este nutriente en los forrajes puede estar influenciado por las partes de la planta empleadas para su análisis, en este trabajo se incluyó la planta completa (con tallos de diámetros de hasta 3,5 cm), además, influyen el tipo de suelo, programas de fertilización, temporada del año, que la mayoría de publicaciones no aclaran y que en el presente estudio se mantuvieron similares para Pes, Piv y Psx. Los valores proteicos encontrados en este estudio fueron superiores al 9% indicado como valor mínimo proteico requerido para la alimentación de rumiantes adultos, y por encima del 7% definido para que no se afecte el consumo voluntario (Gualberto et al., 2010).

Los niveles de FDN (53,81%, 50,21% y 52,80%) y los de FDA (48,18%, 48,87% y 48,47%, para Pes, Piv y Psx, respectivamente), no presentaron diferencias entre los métodos de siembra; estos dos aspectos presentaron valores elevados en comparación con diferentes publicaciones revisadas. Para hojas más tallos, Puerto (2012) reportó niveles de FDN de 27,07% y FDA de 19,5%, muy inferiores a los hallados en este estudio.

Cuando se realizó el corte a los noventa días de rebrote, se encontró un 38,41% para FDN, pero no se analizó la FDA (García et al., 2008). En otro estudio, en el cual las plantas se cosecharon a los sesenta días se obtuvieron resultados de 39,4% para FDN y 29,7% para FDA (Roa et al., 2010); Verdecia et al. (2014), reportaron 45,71% FDN y 25,56% FDA; Medina et al.

(2009) encontraron entre 33,27% y 35,87% y 26,27% y 27,74% para FDN y FDA, respectivamente. Los autores antes citados no detallaron las características del cultivo, lo que dificulta la explicación de la diversidad de resultados reportados.

Con unos valores más cercanos a los encontrados en el presente estudio, Pasqualotto et al. (2010), sin reportar la edad de cosecha y la parte de la planta empleada, hallaron un 48,90% para FDN, mientras que De Souza (2007) presentó datos más similares a los de este estudio con 50,48% para FDN y 42,0% para FDA. Los datos obtenidos para FDN y FDA, y según Gualberto et al. (2010), pueden ser razonables al emplear plantas completas, tales valores se encontraron dentro de lo indicado para alimentación animal.

En lo referente a carbohidratos totales no estructurales (CTN), los valores de 8,50%, 8,35% y 7,82% para Pes, Piv y Psx, respectivamente, fueron similares a los reportados por Medina et al. (2009), quienes encontraron valores de 9,65% para carbohidratos solubles totales, pero inferiores a los definidos como carbohidratos no estructurales presentados por Puerto (2012), con un 18,41%. Para este parámetro se reportan muy pocas publicaciones, sin embargo, es importante aclarar que los resultados obtenidos en este estudio fueron similares entre sí, y el método de siembra parece no afectar su contenido.

Para cenizas con valores de 16,19%, 15,50% y 16,00%, para Pes, Piv y Psx, respectivamente, fueron superiores a los reportados por Roa et al. (2010), quienes cosechando el forraje a los sesenta días reportaron 9,4%, sin embargo, estos autores no aclararon si el material analizado estaba compuesto solo de hojas o por la planta completa. Medina et al. (2009) encontraron entre 7,38% y 8,12% de cenizas; mientras que, Lezcano et al. (2012a), para hojas más tallos tiernos, reportaron 12,51%. De Souza (2007) halló un 14,06% de cenizas; por su parte, García et al. (2008) en su trabajo reportaron un 14,91%, en tanto que en el trabajo de Verdecia et al. (2014), se alcanzaron valores de 19,28%.

En lo referente a calcio y fósforo, con valores de 2,86%, 3,05% y 2,93%, y de 0,27%, 0,25% y 0,27%, respectivamente para Pes, Piv y Psx, se hallaron en general valores altos para especies forrajeras. Lezcano et al. (2012a), a los sesenta días reportaron 3,17% de Ca; mientras que Verdecia et al. (2014) encontraron un 2,63% de Ca, similares a los resultados obtenidos

en este estudio. Sin embargo, se hallaron valores inferiores de tan solo 1,38% de Ca (De Souza, 2007). Entre tanto, y en relación con el contenido de P, De Souza (2007) reportó un 0,523% y Medina et al. (2009) encontraron entre 0,36% y 0,38%, en ambos casos valores superiores a los hallados en este estudio; mientras que Verdecia et al. (2014) reportaron solo un 0,01% de P, muy inferior a lo encontrado para botón de oro en los diferentes métodos de siembra evaluados.

Lo anterior muestra que hay gran variación en los resultados obtenidos por diversos investigadores para cenizas, Ca y P; posiblemente el tipo de material analizado, la edad de corte, las condiciones del suelo y el manejo, en particular si se fertilizan o no los cultivos, tuvieron gran incidencia sobre su contenido en los forrajes. El contenido de Ca y P, de manera particular, mostró ventajas con respecto a otro tipo de forrajes, lo que permitiría una buena complementación para el adecuado balance de estos minerales en las dietas típicas de ganaderías lecheras en el trópico alto colombiano.

Para los valores medios por tratamiento para fenoles totales (FT) se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre Pes y Piv, pero no entre Pes y Psx o Psx y Piv.

Para fenoles totales los valores de 0,20%, 0,29% y 0,24% encontrados para Pes, Piv y Psx, respectivamente, fueron inferiores a los reportados por Medina et al. (2009), quienes encontraron entre 0,64% y 0,87% y al 1,49% reportado por García et al. (2006); pero superiores al 0,02% reportado por Puerto (2012).

Para taninos totales, con valores de 0,08%, 0,11% y 0,08% para Pes, Piv y Psx, respectivamente (expresados como % de ácido tánico), no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) (Cuadro 3); se ha dificultado la comparación con otros estudios dados los diversos métodos empleados para su medición. Puerto (2012), reportó 0,75% de taninos que precipitan proteínas; además, reportó 0,04% de taninos hidrolizables y 13,5 g/kg para taninos condensados.

En el caso de FT y TT es importante evaluar sus niveles, pues estos metabolitos pueden llegar a tener efectos sobre el consumo de materia seca o la digestibilidad del alimento; los niveles hallados en el presente estudio se encuentran en un punto que no deberían mostrar tales efectos. Min et al. (2003) reportaron que la efectividad de bajas concentraciones de taninos, entre 20 y 45 g/kg de materia seca de forraje, pueden reducir la acción proteolítica en el

**Cuadro 3.** Contenido de fenoles totales y taninos totales en plantas de botón de oro (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray) obtenidas mediante estacas (Pes), manejo *in vitro* (Piv) y semilleros (Psx). Municipio de Guarne, departamento de Antioquia, Colombia, 2014.

**Table 3.** Contents of total phenols and total tannins in botón de oro plants (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray) obtained by sexual seed handled *in vitro* (Piv) and by sexual seed handled in seedlings (Psx). Municipality of Guarne, department of Antioquia, Colombia. 2014.

|                     | Pes    | Piv   | Psx     |
|---------------------|--------|-------|---------|
| Fenoles totales (%) | 0,20a* | 0,29b | 0,24a,b |
| Taninos totales (%) | 0,08a  | 0,11a | 0,08a   |

\* Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa (Tukey  $P \leq 0,05$ ) / Different letters in the same row indicate significant differences (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

rumen, lo que estaría asociado al tipo de tanino; Frutos et al. (2004) indicaron que para que se afecten el consumo de MS y la digestibilidad tendrían que superarse los 50 g de taninos condensados por cada kilogramo de materia seca consumida.

La presencia moderada de taninos puede ser favorable para los rumiantes, dado que se posibilita la formación de proteína sobrepasante (Lazcano, 2012b), así mismo, los taninos pueden diezmar la presencia de protozoos ruminales, afectando indirectamente la actividad metanogénica, lo que conlleva a una mayor eficiencia en la utilización de la energía de los alimentos por parte del animal (Galindo et al., 2011).

Las diferencias encontradas en los compuestos químicos analizados, en comparación con resultados de otros investigadores, posiblemente se deben a cambios en la biosíntesis y el acoplamiento de los componentes de la pared celular de las plantas en las condiciones en las que se realizó el estudio, particularmente, la altura sobre el nivel del mar, las condiciones de los suelos, el grado de fertilidad y el tipo de material colectado para los respectivos análisis.

El contenido de nutrientes como PC, CTN, Ca y P hallados, es alto en relación con los contenidos nutricionales de otras forrajeras empleadas en la alimentación del ganado, razones por las que el uso de botón de oro puede ser una alternativa para la alimentación animal mediante el establecimiento de

bancos forrajeros destinados a la suplementación alimenticia, bien sea mediante sistemas de corte y acarreo o para la obtención de harina para ser utilizada en la formulación de diferentes tipos de alimentos (Papanastasis et al., 1998; Alonso et al., 2012).

Los contenidos de metabolitos secundarios del botón de oro encontrados no fueron elevados; por tanto, se espera que no tengan influencia sobre la palatabilidad, el consumo y la digestibilidad de la materia seca. El nivel de FT y TT encontrado, al contrario, podría favorecer el paso de proteína hacia el tracto digestivo posterior, al inhibir su hidrólisis e incluso propender por una menor producción de metano a nivel ruminal, por sus efectos en la reducción de protozoos y metanógenos ruminales (Galindo et al., 2011).

En este estudio, la *T. diversifolia* establecida tanto a partir de semilla sexual sembrada directamente y luego trasplantada (Psx), como plantas obtenidas a partir de estacas (Pes) y plantas obtenidas a partir de semillas manejadas *in vitro* en condiciones de laboratorio (Piv), presentaron niveles importantes en cuanto a la composición bromatológica y el contenido de metabolitos secundarios cuando se cosechó a los 56 días posteriores al corte, lo cual la hace de gran utilidad para ser empleada en diferentes programas de alimentación animal, situación que debe ser evaluada científicamente.

Se deberían realizar nuevos ensayos que permitan evaluar características nutricionales del botón de oro cultivado en bancos forrajeros en condiciones de trópico alto en diferentes épocas del año y bajo diferentes condiciones de manejo agronómico, que permitan valorar de manera más integral el comportamiento de esta especie arbustiva.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Laboratorio de Nutrición de Plantas y Química de Suelos, del CIAT, Palmira, Valle del Cauca, Colombia, por su apoyo en los análisis de carbohidratos solubles totales. Al Proyecto de Sostenibilidad 2011-2012 (CODI, Universidad de Antioquia) y al proyecto CODI mediana cuantía 2011 Acta CODI 614 del 14/02/12, por el apoyo económico para la ejecución de este trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Alonso, J., T. Ruíz, G. Achang, L. Santos, y R. Sampaio. 2012. Producción de biomasa y comportamiento animal en pastoreo con *Tithonia diversifolia* a diferentes distancias de plantación. Liv. Res. Rural Dev. 24:160. <http://www.lrrd.org/lrrd24/9/lazo24160.htm>.
- Alonso, J., G. Achang, L. Santos, y R. Sampaio. 2013. Productividad de *Tithonia diversifolia* y conducta animal a diferentes momentos de comenzar el pastoreo. Liv. Res. Rural Dev. 25:192. <http://www.lrrd.org/lrrd25/11/alon25192.htm>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists International). 2005. Official methods of analysis of AOAC International. 18<sup>th</sup> ed. AOAC Int., MD, USA.
- Dávila, M., y O. Márquez. 2007. Caracterización de los suelos con fines agroforestales en la finca U.L.A., unidad experimental Caparo. Agric. Andina 12:41-53.
- De Souza, O. 2007. Influência do espaçamento e da época de corte na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Tesis Mestre, Universidade de Marília, Unimar, Marília, SP, BRA.
- FAO/IAEA (Food and Agriculture Organization - International Atomic Energy Agency). 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. FAO/IAEA, Vienna, AUS.
- Frutos, P., G. Hervás, F. Giráldez, and A. Mantecón. 2004. Tannins and ruminant nutrition. Spanish J. Agric. Res. 2:191-202.
- Galindo, J., N. González, A. Sosa, T. Ruíz, V. Torres, A. Aldana, H. Díaz, O. Moreira, L. Sarduy, y A. Noda. 2011. Efecto de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones *in vitro*. Rev. Cub. Cienc. Agric. 45:33-37.
- Gallego, L., L. Mahecha, y J. Angulo. 2015. Crecimiento y desarrollo de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en condiciones de trópico alto. En: P. Pietri, editor, 3<sup>o</sup> Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles – VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales, Misiones, Argentina. 1<sup>a</sup> ed. Santa Cruz Ediciones, INTA, ARG. p. 53-57.
- García, D., M. Medina, J. Humbría, C. Domínguez, A. Baldizán, L. Cova, y M. Soca. 2006. Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor



- nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. Arch. Zootec. 55:373-384.
- García, D., M. Medina, L. Cova, A. Torres, M. Soca, P. Pizzani, A. Baldizán, y C. Domínguez. 2008. Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el Estado Trujillo, Venezuela. Pastos y Forrajes 31:255-270.
- González, D., T. Ruiz, y H. Díaz. 2013. Sección del tallo y forma de plantación: su efecto en la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia*. Rev. Cub. Cienc. Agríc. 47:425-429.
- Gualberto, R., O. Souza, N. Costa, C. Bracciali, e L. Gaion. 2010. Influência do espaçamento e do estágio de desenvolvimento da planta na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Rev. Nucleus 7:135-149.
- Hernández, M. 2011. Cartilla 2: principales especies arbóreas y arbustivas usadas en sistemas silvopastoriles de la región del Sumapaz-Colombia. Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, COL.
- Jama, B., C. Palm, R. Buresh, A. Niang, C. Gachengo, G. Nziguheba, and B. Amadalo. 2000. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya A review. Agrofor. Syst. 49:201-221.
- Lezcano, Y., M. Soca, F. Ojeda, E. Roque, D. Fontes, I. Montejo, H. Santana, J. Martínez, y N. Cubillas. 2012a. Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. Rev. Pastos y Forrajes. 35:275-282.
- Lezcano, Y., M. Soca, L. Sánchez, F. Ojeda, Y. Olivera, D. Fontes, I. Montejo, y H. Santana. 2012b. Caracterización cualitativa del contenido de metabolitos secundarios en la fracción comestible de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Pastos y Forrajes. 35:283-292.
- Mahecha, L., L. Gallego, y F. Peláez. 2002. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Rev. Col. Cienc. Pecu. 15:213-225.
- Maina, I., S. Abdulrazak, C. Muleke, and T. Fujihara. 2012. Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in Kenya. J. Food Agric. Env. 10:632-635.
- Manuin, R. 2007. Supervivencia y concentración de carbono y de nitrógeno en forrajeras con diferentes frecuencias de corte. Tesis Lic., Universidad EARTH, Guácimo, Limón, CRC.
- Medina, M., D. García, E. González, L. Cova, y P. Morantinos. 2009. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. Zootec. Trop. 27:121-134.
- Min, B., T. Barry, G. Attwood, and W. McNabb. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages. Rev. Anim. Feed Sci. Technol. 106:3-19.
- Muoghalu, J., and D. Chuba. 2005. Seed germination and reproductive strategies of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray and *Tithonia rotundifolia* (p.m) Blake. Appl. Ecol. Environ. Res. 3:39-46.
- Nieves, D., O. Terán, L. Cruz, M. Mena, F. Gutiérrez, y J. Ly. 2011. Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. Trop.Subtrop. Agroecosyst. 14:309-314. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93915703030>
- Papanastasi, V., P. Platis, and O. Dini-Papanastasi. 1998. Effects of age and frequency of cutting on productivity of Mediterranean deciduous fodder tree and shrub plantations. For. Ecol. Manage. 110:283-292.
- Pasqualotto, M., L. de Souza, S. Gundt, T. Fernandes, A. de Andrade, e M. Alavarse. 2010. Degradabilidade *in situ* e avaliação químico-bromatológica de forrageiras e resíduos agroindustriais da região oeste do Paraná. Apresentada em: XIX Trabalho 1654 – 28 a 30 out. 2010, UNICENTRO, Guarapuava, PR, BRA.
- Puerto, L. 2012. Evaluación química de tres especies con potencial forrajero del trópico alto y medio. Tesis esp., Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Bogotá, COL.
- Roa, M., C. Castillo, y E. Téllez. 2010. Influencia del tiempo de maduración en la calidad nutricional de ensilajes con forrajes arbóreos. Rev. Sist. Prod. Agroecol. 1:63-73.
- Romero, M., A. Galindo, E. Murgueitio, y Z. Calle. 2014. Primeras experiencias en la propagación del botón de oro (*Tithonia diversifolia*, Hemsl. Gray) a partir de semillas para la siembra de sistemas silvopastoriles intensivos en Colombia. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 17:525-528.
- Saavedra, S., J. Cotes, J. Cuartas, y J. Naranjo. 2011. Avances en la caracterización fisiológica de la semilla sexual de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Rev. Colomb. Cienc. Pecu. 24:511.
- Verdecia, D., R. Herrera, J. Ramírez, I. Acosta, R. Bodas, S. Lorente, F. Giráldez, J. González, Y. Arceo, Y. Bazán, Y. Álvarez, y S. López. 2014. Caracterización

- bromatológica de seis especies forrajeras en el Valle del Cauto, Cuba. Rev. AIA 18:75-90.
- Verdecia, D., J. Ramírez, I. Leonard, Y. Álvarez, Y. Bazán, R. Bodas, S. Andrés, J. Álvarez, F. Giráldez, y S. López. 2011. Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauto. REDVET 12(5). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050511/051113.pdf>
- Wencomo, H., and R. Ortiz. 2012. Comportamiento de la disponibilidad de biomasa y la composición química en 23 accesiones de *Leucaena* spp. Pastos y Forrajes 35:43-56.