

ANÁLISIS Y COMENTARIOS

POTENCIAL FORRAJERO DE *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray EN LA PRODUCCIÓN DE VACAS LECHERAS¹

Luis Alberto Gallego-Castro², Liliana Mahecha-Ledesma², Joaquín Angulo-Arizala²

RESUMEN

Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. El objetivo de este trabajo fue analizar el uso potencial de la *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (botón de oro) en la alimentación de vacas lecheras en el trópico alto colombiano. Se eligieron términos clave para la búsqueda de información y a partir de ellos se abordaron y analizaron diferentes publicaciones, permitiendo un acercamiento a la problemática propuesta. En estos sistemas de producción típicos del trópico alto en Colombia, el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) contribuye con el mayor aporte en la ración del ganado y debido al alto N, la baja fibra y materia seca, lleva con frecuencia a balances energéticos negativos en las vacas más productivas, por lo que en muchos casos se sostiene la producción con alimento comercial, compuesto principalmente por cereales y con altos niveles de proteína. Las necesidades nutricionales de este tipo de sistemas productivos están orientados a encontrar estrategias que permitan mejorar la oferta forrajera, en términos de variedad y calidad, disminuir la dependencia de alimentos comerciales o al menos facilitar la inclusión de otros que mejoren el desempeño animal. A partir de este análisis, se evidencia el potencial de *T. diversifolia* en la alimentación de vacas lecheras de alta producción; esta forrajera arbustiva, por su contenido de proteína, carbohidratos solubles y taninos, puede tener un impacto positivo sobre los sistemas de ganadería lechera intensiva y puede incorporarse a suplementos alimenticios.

Palabras clave: forrajearas arbustivas, producción lechera, vacas lecheras en el trópico.

ABSTRACT

Potential of *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray as forage for the production of dairy cows. The objective of this study was to analyze the potential use of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Mexican sunflower) in dairy cattle feeding in the Colombian high tropics. Key terms were chosen to search for information and from them this we discussed and analyzed several publications, allowing an approach to the problem proposed. It is common that in the high-tropic dairy farms of Colombia the main component of the cattle's diet is the Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). Given its characteristics of high levels of Nitrogen, low levels of fiber and dry matter, it is common that this diet causes a negative energetic balance in the most productive cows. In order to sustain production in those cases, sometimes it is required to supplement the forage with commercial rations, which have high protein levels, and are mainly composed by cereals. The nutritional requirements of these production systems demand strategies that allow the improvement and quality of fodder offer, and to reduce the dependence on commercial rations or at least to ease the inclusion of others that improve animal performance. From this analysis, the benefits and potential use of *T. diversifolia* in feeding high producing dairy cows were recognized. Considering the content of protein, soluble carbohydrates and tannins, the forage of this shrub may have a positive impact on intensive dairy farming systems and could have potential to be incorporated into dietary supplements.

Keywords: fodder shrubs, milk production, tropical dairy cows.

¹ Recibido: 19 noviembre, 2013. Aceptado: 30 de junio, 2014. Parte de la tesis de grado de la maestría en Ciencias Animales del primer autor, en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia.

² Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación en Ciencias Agrarias - GRICA, Universidad de Antioquia. AA 1126, Medellín, Colombia. luis.gallego@udea.edu.co, liliana.mahecha@udea.edu.co, joaquin.angulo@udea.edu.co



INTRODUCCIÓN

En los sistemas ganaderos de trópico alto es tradicional encontrar una base forrajera sustentada en monocultivos de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), con alta utilización de fertilizantes nitrogenados (Carvajal et al., 2012), y en donde generalmente se usan suplementos alimenticios ricos en proteínas y carbohidratos solubles (Rueda et al., 2006). En este tipo de sistemas los ganaderos y técnicos se han preocupado más por la cantidad que por la calidad de la leche (Calderón et al., 2006), lo que ha llevado a un sinnúmero de complicaciones referente al contenido de proteína y grasa lácteas, y a un exceso de nitrógeno en la dieta, con las posibles repercusiones sobre la reproducción de los animales, sin dejar de mencionar los efectos negativos sobre la salud, su bienestar, el medio ambiente y los mayores costos de producción.

Los sistemas ganaderos de trópico alto pueden requerir de profundas transformaciones en el manejo alimenticio, donde se considere la actividad ganadera como un ecosistema, con una utilización más efectiva de los recursos (Mahecha et al., 2002) y de acuerdo con Verdecia et al. (2011), alcanzar resultados positivos económica, social y ambientalmente. La alimentación es el punto más álgido, debido a la alta demanda energética de este tipo de animales para sostener la producción de leche. Sin embargo, en muchos casos no se obtiene un producto con los estándares de calidad deseados (Solarte et al., 2012). La inclusión de suplementos lleva a una mayor intensidad de la actividad ruminal fermentativa, lo que ha sido asociado con impactos negativos sobre la salud animal y el medio ambiente (Carmona et al., 2005).

En el trópico alto colombiano no se cuenta con muchas opciones al momento de elegir especies forrajeras de interés nutricional y que además, cambie el impacto generado por la ganadería; *Tithonia diversifolia*, por su contenido de proteína, carbohidratos solubles (Medina et al., 2009) y la presencia de taninos, puede ayudar a mejorar el balance ruminal en cuanto al aporte de energía y proteína. Lo anterior implica una mayor eficiencia para la transformación del amoníaco en proteína microbiana, lo que a la vez provoca una disminución en los costos energéticos por las menores pérdidas de amoníaco, metano y CO₂ ruminales y una disminución en la contaminación ambiental. Adicionalmente, podría mejorar de manera importante la calidad de la leche obtenida, al mejorar el

paso de ácidos grasos de cadena larga (Fuentes, 2009) y de proteínas que sirven de precursores para algunos de los componentes de la leche (Hervás et al., 2001).

Este documento, partiendo de la situación actual del sistema de producción lechera de trópico alto y de la revisión de literatura, plantea como objetivo analizar el uso potencial de la *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (botón de oro) en la alimentación de vacas lecheras en el trópico alto colombiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda amplia de publicaciones en las bases de datos Science Direct y Ebsco y se utilizaron fuentes de información disponibles en internet sobre el uso de botón de oro, se excluyeron aquellos artículos que correspondían a revisión de literatura o meta-análisis. De acuerdo con el área de estudio se clasificaron en trabajos de conservación de suelos, comportamiento agronómico, principios bioactivos, potencial de uso en nutrición animal, de bovinos, de otros rumiantes y de monogástricos; así mismo, se tuvo en cuenta el continente y principales países donde se desarrollaron las investigaciones.

Para la revisión bibliográfica, empleando como términos de búsqueda, en español o sus equivalentes en inglés, “botón de oro”, “*Tithonia diversifolia*”, “taninos”, “vacas lecheras”, “suplementación”, “silvopastoreo”, se utilizaron buscadores como Science Direct, Ebsco, libros relacionados, trabajos de grado o comunicaciones de congresos, sin restricción de fecha o tipo de publicación. Los criterios de búsqueda fueron amplios dado que la información publicada sobre *T. diversifolia* es reducida y no se han reportado muchos estudios de su uso en alimentación de rumiantes. De acuerdo con la información obtenida se abordó la problemática propuesta, logrando caracterizar el sistema típico lechero del trópico alto en Colombia, el manejo alimenticio y el potencial de *T. diversifolia* para ser incluida en el suplemento alimenticio de vacas lecheras de alta producción.

AVANCES EN INVESTIGACIÓN SOBRE *Tithonia diversifolia*

Se hallaron en total 122 publicaciones que trataban el tema de uso del botón de oro, fueron

seleccionados 84 (68,85%) artículos por su carácter experimental. De las publicaciones seleccionadas, la mayor cantidad se enfocaron en el potencial de uso en nutrición animal con un 23,81% y en el área de principios bioactivos un 21,43%, sobre comportamiento agronómico y conservación de suelos se hallaron 21,43% y 8,33%, respectivamente; en relación a estudios que involucraran ensayos con animales se encontraron 10,71% en monogástricos, 3,57% en bovinos y 10,71% en otros rumiantes. De acuerdo con esta información y las principales conclusiones en los artículos analizados, hay una gran tendencia a investigar *T. diversifolia* y su uso potencial en la alimentación animal, la mayoría de estos estudios se basaron en pruebas *in vitro*, enfocados a conocer posibles efectos a nivel ruminal, en relación con la producción de gases y entre ellos de su efecto en la disminución en la producción de metano; en estos artículos se recomienda evaluar el botón de oro en dietas para rumiantes.

Los estudios en nutrición de bovinos son pocos, uno evaluó botón de oro en lechería doble propósito y dos en terneros en crecimiento. Sin embargo, es de resaltar que entre los estudios sobre el potencial nutricional del botón de oro, Rivera et al. (2013), en su estudio *in vitro*, concluyen que bajo un sistema de silvopastoreo, con inclusión de especies forrajeras no tradicionales en dietas bajo condiciones de pastoreo, se puede permitir una disminución en la producción de gases durante la fermentación, ya que *T. diversifolia* alcanzó un 43,3% menor en la producción de gas que *P. clandestinum*, sin afectar su degradabilidad.

América es el continente donde más se ha estudiado esta forrajera con un 57,14% de los trabajos evaluados, seguido de África con un 33,33%; en Nigeria se reportan el 20,24% de los trabajos considerados en este documento y en cuanto a las investigaciones realizadas por países siguen en su orden Colombia y Cuba con 19,05% y 16,67%, respectivamente. De los trabajos realizados en Cuba el 57,14% se dedicaron a estudiar el comportamiento agronómico y un 35,71% al potencial de uso en nutrición animal, en tanto que de los realizados en Colombia 12,5% se destinaron al estudio en nutrición de rumiantes, conservación de suelos y comportamiento agronómico con participaciones iguales del 18,75% y un 37,5% estudiaron su uso potencial en nutrición animal.

Se hace necesario cambiar el manejo de la ganadería hacia sistemas más sostenibles que incluyan

los sistemas agroforestales pecuarios (Murgueitio et al., 2013), esto apoyados de igual manera en lo dicho por Febles y Ruíz (2008), quienes afirman que el estudio integral de los árboles y arbustos es multidisciplinario y multi-institucional, y forma parte de una actividad diversa que es la agroforestería, la cual se encuentra en auge creciente en áreas tropicales y templadas del mundo como una opción para diversificar la ganadería, entre otros beneficios contenidos en los sistemas agroforestales.

GENERALIDADES DE LA GANADERÍA ESPECIALIZADA DE LECHE EN EL TRÓPICO ALTO DE COLOMBIA

Los sistemas de lechería especializada en Colombia no son ajenos a los cambios globales del sector, en lo referente a los costos de producción y la calidad de la leche (Calderón et al., 2006). Los sólidos totales y su calidad, son los factores que definen las metas para lograr una real competitividad y en el caso de la producción colombiana, alcanzar una mayor participación en el mercado internacional. Colombia en 2010, de acuerdo con PROEXPORT (2011), alcanzó los 6538 millones de litros, ubicándose en el 15° lugar del mundo y el cuarto en Latinoamérica; sin embargo, no alcanza un nivel de participación importante en los mercados internacionales.

La producción de leche en el país se orienta a la obtención de productos de excelente calidad, lo que ha llevado a establecer un sistema de pago de leche cruda al productor, sobre lo cual se generan condiciones necesarias para la toma de decisiones respecto al manejo de los animales, principalmente en lo que se refiere a alimentación. Así, se espera mejorar parámetros como la grasa y proteína láctea, al tiempo que se espera que con cambios importantes en la alimentación del ganado bovino, se disminuyan impactos negativos sobre el medio ambiente.

El panorama actual de la ganadería lechera del trópico alto en Colombia, hace fundamental encontrar alternativas en la alimentación, que garanticen un mejor balance en la actividad ruminal para maximizar el aporte energético y proteico, disminuir la presentación de problemas reproductivos y de salud, minimizar emisiones perjudiciales para el ambiente

y lograr un mejor posicionamiento de la producción láctea colombiana en los mercados nacional e internacional. En general, el manejo de la alimentación en estas ganaderías, no ha logrado definir estrategias realmente viables para la suplementación alimenticia, especialmente en las vacas de mayor producción, y apuntar al cumplimiento de las metas trazadas por diversos entes encargados de definir las políticas de la ganadería en Colombia.

La búsqueda de posibles alternativas es el principal trabajo que tienen actualmente los diferentes grupos de investigación en el ámbito local y nacional. Carmona et al. (2005), Galindo et al. (2011), Mahecha, et al. (2002), Mahecha et al. (2007), entre otros autores, consideran que el uso de especies forrajeras arbustivas influye positivamente sobre la actividad ruminal y por tanto, disminuye la emisión de metano, aumenta el paso de nutrientes hacia el duodeno y el aporte de energía al rumiante. No obstante, en estas lecherías no se cuenta a gran escala con la implementación de sistemas silvopastoriles, bien sea para el consumo directo, el corte y acarreo o la inclusión de materiales forrajeros alternativos en los suplementos alimenticios.

Las principales dificultades de las ganaderías especializadas se originan en la demanda energética por parte de las vacas de mayor producción. Con el afán de dar solución a este aspecto, las vacas reciben alta cantidad de suplementos de tipo comercial, con alto nivel de proteína y carbohidratos solubles, llevando a alteraciones en la actividad ruminal, lo que significa mayor producción de metano, cambios en los niveles de grasa y proteína en la leche y a mayores

niveles de nitrógeno ureico (Galvis et al., 2003), que estarían indicando un importante desbalance entre energía y nitrógeno en el rumen.

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LA *T. diversifolia*

La *T. diversifolia* (botón de oro), originaria de América Central ha sido introducida en el trópico en todo el mundo (Maina et al., 2012); esta especie tiene muchas cualidades que permiten clasificarla como planta forrajera de un alto potencial para la producción animal, entre las que se pueden mencionar su fácil establecimiento, resistencia al corte frecuente, tolerancia a suelos pobres, una producción aproximada de 55 toneladas de materia seca por hectárea por año (Nieves et al., 2011).

La *Tithonia diversifolia* ha sido reconocida entre los productores como una planta con un importante valor nutricional, principalmente por su capacidad para la acumulación de nitrógeno (Medina et al., 2009, Verdecia et al., 2011) y por el nivel de fibra bruta, siendo este del 31,6% a los sesenta días de edad (Roa et al., 2010), características que dejan al botón de oro en condiciones nutricionales similares a las de otras plantas arbustivas destinadas a la producción forrajera en el trópico alto colombiano, entre las que se pueden mencionar el nacedero (*Trichanthera gigantea*), san joaquín (*Malvaviscus penduliflorus*), morera (*Morus alba*), chachafruto (*Erythrina edulis*), aliso (*Alnus acuminata*). En el Cuadro 1, se presentan algunos

Cuadro 1. Composición nutricional de algunas forrajeras arbustivas de uso en la alimentación de rumiantes.

Planta forrajera	Materia seca (%)	Proteína bruta (%)	Fibra detergente neutro (%)	Fibra detergente ácido (%)
<i>Tithonia diversifolia</i>	19,1	24,13	38,62	34,48
<i>Trichanthera gigantea</i>	20,1	21,2	43,66	41,66
<i>Malvaviscus penduliflorus</i>	19,5	15,92	43,78	24,58
<i>Morus alba</i>	24,6	24,77	33,55	32,7
<i>Erythrina edulis</i>	18,4	26,52	49,64	32,18
<i>Alnus acuminata</i>	23,6	16,88	35,79	31,06

Fuente: Naranjo y Cuartas, 2011.

datos de las características nutricionales del botón de oro y otras plantas forrajeras arbustivas de trópico de altura.

La composición nutricional del botón de oro puede presentar variaciones en función de las condiciones del suelo donde se cultive, así como de otros factores ambientales, siendo de especial importancia considerar el efecto de las temporadas secas o lluviosas a lo largo del año. En el Cuadro 2 se presenta la composición química, la digestibilidad *in vitro* y el perfil polifenólico de la *Tithonia diversifolia* a los sesenta días de edad en dos épocas del año.

El botón de oro presenta niveles altos de carbohidratos solubles comparada con otras forrajeras (Medina et al., 2009), es alta en minerales y la presencia de metabolitos secundarios anti-nutritivos, especialmente taninos condensados, parece no ser alta. Los animales consumen la planta completa, con preferencia por hojas y flores (Maina et al., 2012). En cuanto a los metabolitos secundarios, Galindo et al. (2011), mencionan que la presencia de fenoles totales, taninos, saponinas, entre otros compuestos es variable y de acuerdo con Márquez y Suárez (2008) y Dardon y

Durán (2011), en niveles bajos no afectan el consumo ni la digestibilidad de la materia seca.

En lo referente a carbohidratos solubles esta planta presenta valores de 7,6% (Pérez et al., 2009), mientras Medina et al., (2009) menciona que este valor varía entre 9,65% y 12,92%, con niveles de almidón que varían entre 4,55% y 6,73%, valores que pueden estar influenciados de manera importante por el estado de maduración de la planta. Así mismo, la edad de la planta o la parte de la planta de la que se obtenga el material, influyen en el contenido de metabolitos secundarios. De acuerdo con Maina et al. (2012), el nivel de taninos extractables totales puede estar entre 29,2 y 37,7 gramos por kilogramo de materia seca, para hojas maduras y jóvenes, respectivamente.

De acuerdo con Naranjo y Cuartas (2011), el botón de oro presenta un buen balance entre proteína y compuestos fibrosos, en adición a lo manifestado por Galindo et al. (2011) con respecto a los posibles estímulos para una mayor actividad de la flora celulolítica y menor de la metanogénica, se puede pensar en el botón de oro como un forraje con buen potencial para la alimentación de vacas lecheras de alta producción.

Cuadro 2. Composición nutricional, digestibilidad *in vitro* (DIV), digestibilidad de la pared celular (DPC) y perfil polifenólico de *Tithonia diversifolia* a los 60 días de edad en periodos lluvioso y poco lluvioso.

	Periodo lluvioso	Periodo poco lluvioso
Materia seca (%)	19,77	18,81
Proteína bruta (%)	28,95	27,49
Fibra detergente neutro (%)	43,66	40,44
Fibra detergente ácido (%)	27,69	24,11
Lignina detergente ácido (%)	6,62	7,15
Celulosa (%)	21,08	16,96
Hemicelulosa (%)	15,97	16,33
Contenido celular (%)	56,34	59,56
Digestibilidad <i>in vitro</i> materia seca (%)	75,28	78,59
Digestibilidad de la pared celular (%)	79,52	74,61
Taninos totales (g/kg)	0,56	2,17
Taninos condensados totales (g/kg)	14,24	10,45
Taninos condensados ligados a la fibra (g/kg)	11,32	8,76
Taninos condensados libres	2,91	1,68

Fuente: adaptado de Verdecia et al. (2011).

USO POTENCIAL DE LA *T. diversifolia* EN SISTEMAS LECHEROS DE TRÓPICO ALTO

De acuerdo con Gualberto et al. (2010), las publicaciones sobre el valor nutritivo y alimenticio de la *Tithonia diversifolia* son escasas, sin embargo los estudios reportados permiten hacer inferencias sobre la potencialidad de este forraje, que en términos generales se caracteriza por presentar una alta aceptabilidad y altos niveles de proteína, además de su rápida degradabilidad y buen nivel de fermentación ruminal. Lo anterior coincide con los hallazgos de Medina et al. (2009), quienes reportaron valores para la digestibilidad ruminal entre 68,93% y 73,73%, refiriendo que no se vio afectada por el contenido de metabolitos secundarios de la planta.

De acuerdo con la composición química y la digestibilidad, el botón de oro podría mejorar la sincronización entre energía y nitrógeno que ingresan al rumen y beneficiar la eficiencia en la fermentación, para lo cual muestra gran potencial (La O et al., 2012). Recientemente se ha incrementado su uso para silvopastoreo o forraje de corte y de acuerdo con Mahecha et al. (2007) se puede incorporar en el suplemento de vacas lecheras F1 (primera generación) hasta un nivel de 35% sin que se afecte su producción.

Los rumiantes producen alrededor del 23% del metano global (Galindo et al., 2011), como producto de la fermentación de carbohidratos. Sin embargo, Galindo et al. (2012) señalan que el empleo de forrajeras, entre las que se menciona el botón de oro, puede influir mejorando la actividad ruminal. Así mismo, de acuerdo con Carmona et al. (2005), esto podría reflejarse en una reducción de metano por unidad de proteína animal producida, como resultado del mejor balance entre los componentes de la dieta y a la presencia de metabolitos secundarios como los taninos.

Cuando se evaluaron diferentes materiales forrajeros seleccionados por su contenido de saponinas y taninos, en el caso de *T. diversifolia* no encontraron efectos negativos sobre la población de bacterias viables totales pero sí una disminución de hasta tres veces en la presencia de arquea metanógena y una reducción significativa en los protozoos (Delgado et al., 2012). Resultados similares fueron obtenidos por Galindo et al. (2011), quienes evaluaron el efecto

de botón de oro sobre pobladores ruminales en condiciones *in vitro*, encontrando que al incluir el 10% de la planta, se aumentaba la población celulolítica y que el 20% no la modificaba; para los protozoos la inclusión del 10% no manifestó cambios pero sí la del 20% causando una alta reducción, no encontrando efectos sobre la población de hongos ruminales.

En su estudio *in vitro*, Galindo et al. (2011) encontraron que la inclusión del 10% y 20% de *T. diversifolia* produjo reducciones en la población de metanógenos ruminales. La información anterior, muestra efectos potenciales de la *T. diversifolia* para reducir la emisión de metano. De acuerdo con Galindo et al. (2008) esto podría ser atribuido posiblemente a la presencia de taninos y otros metabolitos en la planta.

Cuando se utilizan follajes que suministren fuentes de proteínas, compuestos tales como amoníaco, aminoácidos, péptidos y ácidos grasos de cadena corta ramificada serán más disponibles para los microorganismos celulolíticos favoreciendo la degradación de la fibra (Galindo et al., 2008), lo que también justifica la mayor capacidad de fermentación de la materia seca y, por lo tanto, una rápida disponibilidad de los nutrientes para el rumiante, situación que ya había sido reportada por Mahecha y Rosales (2005).

Los taninos están asociados con la reducción en la producción de metano (Galindo et al., 2011), concordando con lo dicho por Hess et al. (2006), quienes además agregan que los taninos condensados forman enlaces con proteínas, lo que permitiría incrementar su flujo hacia el duodeno, donde será disponible para el animal debido al cambio de pH y a la acción enzimática.

Ante el deseo de mejorar el contenido de proteína láctea, y por lo tanto aumentar la calidad de la leche, es importante explorar nuevas estrategias en los sistemas de alimentación; que contribuyan a incrementar la eficiencia en la fermentación y de esta manera asegurar niveles adecuados de amonio ruminal, ayudando a mejorar la actividad para la síntesis de proteína bacteriana y sobrepasante (Hervás, et al., 2000). Ambos aspectos impactan de manera positiva la disponibilidad de aminoácidos para el rumiante lo que puede generar un mejor nivel proteico en la leche (Hervás et al., 2001).

En un estudio con vacas Holstein alimentadas con *Lotus corniculatus*, como fuente de taninos condensados (Min et al., 2003), reportan un incremento

en la producción de leche de un 60% con respecto a vacas alimentadas con Ray Grass perenne (*Lolium perenne*), obteniéndose también incrementos del 10% en la concentración de proteína de la leche. En el mismo sentido, y trabajando con vacas F1, Mahecha et al. (2007) encontraron valores de 3,5% y 3,52% para la proteína en la leche cuando no se incluyó botón de oro en el suplemento y, 3,8% y 3,84% cuando el suplemento incluyó un 35% de botón de oro, para los ordeños de la mañana y la tarde respectivamente, sin reportar diferencias significativas.

La suplementación con leguminosas o con forrajeras proteicas mejora el aporte de nitrógeno al rumen, pero para maximizar la eficiencia son necesarias buenas fuentes de carbohidratos tanto solubles como estructurales; la *T. diversifolia* posee una composición en cuanto a la proteína y carbohidratos que la hacen interesante desde este punto de vista, en comparación con otras especies forrajeras arbustivas. Essiett y Akpan (2013), reportan una composición para tallos de *T. diversifolia* de 9,62, 70,35 y 15,82%, en proteína cruda, carbohidratos y fibra cruda respectivamente, aunque en su estudio no hacen referencia ni a la edad ni a la altura de corte de la planta.

La composición promedio de la harina de hojas de botón de oro, parece adecuada para usarse como concentrado proteico en rumiantes (Ekeocha, 2012). Este autor indica que puede ser un buen sustituto de materias primas como el salvado de trigo, por sus aceptables niveles de fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, por lo que el animal podría obtener la energía que requiere. Este mismo autor reporta valores promedios de 16,33, 44,38 y 21,80%, para proteína cruda, extracto libre de nitrógeno y fibra cruda respectivamente; la harina de hojas de botón de oro se obtuvo de plantas cosechadas a 50 cm de altura luego de cuatro semanas de rebrote.

El requerimiento de amoníaco (NH_3) para la síntesis de proteína microbiana depende de las especies de bacterias (Reynal y Broderick, 2005) y de las características de la dieta. La mayor parte de estas bacterias pueden utilizar NH_3 como fuente de N, pero a algunas como las celulolíticas les resulta esencial (Guada, 1996). Bajas concentraciones de NH_3 pueden afectar la actividad proteolítica limitando el crecimiento microbiano total, de acuerdo con Guada (1996) y Restrepo y Suárez (2005) entre el 50 y 95% del N bacteriano procede del NH_3 ; sin embargo,

la sobrealimentación proteica puede afectar los rendimientos productivos, situación asociada, según Olmos y Broderick (2006), al bajo nivel energético frecuente en lecherías de trópico alto.

T. diversifolia presenta entre 20,37 y 23,37% de PC y entre 9,65 y 12,92% de carbohidratos solubles totales (Medina et al., 2009), lo que indica un impacto positivo en la alimentación de vacas de alta producción lechera. Lo anterior soportado en que aminoácidos y péptidos mejoran la eficiencia microbiana en la síntesis proteica y en que el metabolismo del nitrógeno está determinado por la capacidad de las bacterias para utilizar el NH_3 (Guada, 1996), esto en presencia de cantidades adecuadas de energía, lo que hace entonces suponer posibles efectos de *T. diversifolia* sobre la sincronización de N y energía que ingresan al rumen.

Cuando falta energía fermentable o la proteína cruda es excesiva, todo el NH_3 producido no puede ser convertido a proteína microbiana, atravesando la pared del rumen para llegar al hígado donde se convierte en urea, la cual puede volver al rumen vía salivar o ser excretada en la orina o incluso una parte ser retenida y aparecer como nitrógeno ureico en leche (MUN). Una deficiencia energética motiva una deficiencia proteica, así la flora microbiana no puede seguir creciendo y utiliza los aminoácidos para obtener energía produciendo un exceso de NH_3 , lo que implica mayor costo energético, en detrimento de la eficiencia productiva y reproductiva del animal y en mayor excreción de nitrógeno a los suelos (Giraldo et al., 2005).

La proteína degradada en el rumen condiciona la cantidad de proteína bacteriana sintetizada, la cual al pasar al intestino constituye la proteína de paso "natural", con calidad constante y que asociada con la no degradada en rumen hace el aporte de aminoácidos requeridos por el animal. Debido a la presencia de taninos, se puede esperar que se optimice el uso de la proteína tanto en el rumen como en el duodeno (McSweeney et al., 2001; Min et al., 2003).

Para maximizar este efecto es conveniente usar mezclas de forrajes con y sin taninos (Hess et al., 2006), así se tendrá una parte de proteínas que se fermente y otra que no, lo que evita pérdidas de amonio ruminal al reducir la degradación de proteínas e incrementar su flujo al duodeno (Frässler y Lascano, 1995; Flores, 1998), lo que puede reducir el nivel de nitrógeno ureico en la leche (MUN). Por la estrecha

relación del MUN con el amonio producido en el rumen, Baker et al. (1995) y Hof et al. (1997) afirman que el MUN puede ser usado como índice para evaluar la eficiencia de utilización del nitrógeno en vacas lecheras.

Las praderas de gramíneas sobrefertilizadas con nitrógeno pueden tener bajos niveles de carbohidratos fermentables, fibra detergente neutra y pectina y que bajo estas condiciones el exceso de proteína no puede ser utilizado por los microorganismos ruminales (Galvis et al., 2003).

La introducción de forrajeras proteicas puede mejorar la situación frente a la presencia de MUN, estando de acuerdo con lo reportado por Hess et al. (2006), quienes después de estudiar vacas de doble propósito en pasturas asociadas con leguminosas o en sistemas silvopastoriles, afirman que la relación energía proteína es el factor que más influye sobre el MUN. Lykos et al. (1997), encontraron una relación negativa entre el contenido energético y el de MUN. Al mantener la proteína de la dieta, la densidad energética y la producción de leche diaria aumentaron y el MUN descendió.

No encontraron diferencias en la cantidad y calidad de la leche al incluir hasta un 35% de *T. diversifolia* en el suplemento de vacas Holstein × Cebú (Mahecha et al., 2007), demostrando la bondad de esta planta dadas sus cualidades nutricionales, y también por la gran estabilidad productiva obtenida entre épocas climáticas, indicando la viabilidad de uso para la sostenibilidad productiva de estos sistemas.

Para el presente estudio, no se encontraron investigaciones donde se haya evaluado el efecto de su utilización en vacas lecheras de alta producción o en condiciones de trópico alto, lo cual deja abierto un gran panorama frente a la necesidad de conocer los posibles efectos de la inclusión del botón de oro sobre la actividad ruminal, sobre el paso de proteína hacía el duodeno, la producción y la calidad de la leche y asociado a esto, aspectos de carácter ambiental relacionados con la producción de metano y el retorno de nitrógeno al suelo.

CONSIDERACIONES FINALES

El uso de la *T. diversifolia* en la producción de leche es relevante debido a sus nutrientes y la

presencia de taninos, y derivado de esto, por la posible mejoría de la fermentación, lo que implica una mayor eficiencia en el uso de los nutrientes de la dieta. Sin embargo, aún no se referencian estudios que evidencien realmente todos los beneficios que se podrían tener al usar esta planta en la alimentación de vacas lecheras.

El botón de oro se plantea entonces como alternativa alimenticia en las dietas para lechería de trópico alto, basado en que investigaciones de diversa índole, realizadas con *T. diversifolia* recomiendan evaluar la inclusión de esta planta en la dieta de los animales y tener un mejor conocimiento del impacto que se pueda dar desde lo productivo, ambiental y económico.

Para mejorar la rentabilidad de los sistemas productivos, dadas las condiciones actuales de la ganadería lechera en Colombia, se deben igualar las condiciones de mercados internacionales, y así permitir un mayor nivel de competitividad en aspectos como la calidad y la cantidad de leche producida, lo que redundará tanto en la posibilidad de acceder a mercados externos como a mejorar el consumo interno de leche.

De los factores envueltos en la empresa ganadera, el más importante es el componente de la alimentación y dentro de este, lo relacionado con las gramíneas, leguminosas y arbóreas ya que constituyen la principal fuente de alimentación de los rumiantes; es evidente entonces que con el uso de forrajeras arbustivas, y especialmente con botón de oro, se pueden mejorar en forma económica y ecológica los parámetros de producción animal.

La *T. diversifolia* se constituye como una alternativa para mejorar las condiciones de manejo en los sistemas de lechería de trópico alto en Colombia y puede optimizar la producción de leche y su calidad, así como el comportamiento reproductivo, lo cual es necesario evaluar científicamente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen 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

- Baker, L., J. Ferguson, y W. Chalupa. 1995. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78: 2424.
- Calderón, A., F. García, y G. Martínez. 2006. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Rev. MVZ Córdoba* 11:725-737.
- Carmona, J., D. Bolívar, y L. Giraldo. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 18:49-63.
- Carvajal, T., L. Lamela, y A. Cuesta. 2012. Evaluación de las arbóreas *Sambucus nigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Rev. Pastos y Forrajes* 35:417-430.
- Dardon, V., y M. Durán. 2011. Cuantificación espectrofotométrica de taninos y análisis bromatológico proximal de cuatro diferentes mezclas de forrajes a base de gramíneas y leguminosas. Trabajo de graduación Lic. en Química y Farmacia, Univ. El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- Delgado, D., J. Galindo, R. González, N. González, I. Scull, L. Dihigo, J. Cairo, A. Aldama, y O. Moreira. 2012. Feeding of tropical trees and shrub foliages as a strategy to reduce ruminal methanogenesis: studies conducted in Cuba. *Trop. Anim. Prod.* 44:1097-1104.
- Essiett, U., y E. Akpan. 2013. Proximate composition and phytochemical constituents of *Aspilia africana* (Pers) C. D. Adams and *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray Stems (Asteraceae). *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.* 2(4):33-37.
- Ekeocha, A. 2012. Performance of growing west african dwarf ewe fed mexican sunflower leaf meal based diets. *J. Rec. Adv. Agri.* 1:69-76.
- Fässler, O., y C. Lascano. 1995. The effect of mixtures of sun-dried tropical legumes on intake and nitrogen balance by sheep. *Trop. Grasslands* 29:92-96.
- Febles, G., y T. Ruíz. 2008. Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles. *AIA* 12(1):5-27.
- Guada, J.A. 1996. XII Curso de especialización FEDNA. Características del sistema de Cornell (CNCPS) como modelo de valoración proteica y energética para rumiantes. Noviembre 7 y 8 de 1996. FEDNA, Madrid, España.
- Flores, O.I. 1998. Contribución ecológica de especies de leñosas sobre la utilización de nitrógenos bovinos y la fertilidad del suelo. Tesis MSc, CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Fuentes, M. 2009. Modificación del perfil de ácidos grasos de la leche a través de la manipulación nutricional en vacas lecheras: el papel del rumen. Tesis Ph.D. Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, España.
- Galindo, J., N. González, D. Delgado, A. Sosa, Y. Marrero, R. González, A. Aldana, y O. Moreira. 2008. Efecto modulador de *Leucaena leucocephala* sobre la microbiota ruminal. *Zootecnia Trop.* 26:249-252.
- 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. Cubana Cienc. Agríc.* 45:33-37.
- Galindo, J., N. González, I. Scull, Y. Marrero, A. Sosa, A. Aldana, O. Moreira, D. Delgado, T. Ruiz, G. Febles, V. Torres, O. La O, L. Sarduy, A. Noda, y O. Achang. 2012. Efecto de *Samanea saman* (Jacq.) Merr., *Albizia lebbek* (L.) Benth y *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (material vegetal 23) en la población de metanógenos y en la ecología microbiana ruminal. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 46:273-278.
- Galvis, R., H. Correa, y N. Ramírez. 2003. Interacciones entre el balance nutricional, los indicadores del metabolismo energético y proteico y las concentraciones plasmáticas de insulina, e IGF-1 en vacas en lactancia temprana. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 16:237-248.
- Giraldo, L., G. Medina, y F. Osorio. 2005. Utilización del nitrógeno por los rumiantes. En: M. Pabón, y J. Ossa, editores, Bioquímica, nutrición y alimentación de la vaca. Fondo Editorial Biogénesis, Colombia, Medellín. p. 45-66.
- Gualberto, R., O. Souza, N. Costa, C. Braccialli, y 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. *Nucleus* 7(2):135-149.
- Hervás, G., P. Frutos, E. Serrano, A. Mantecón, y F. Giráldez. 2000. Effect of tannic acid on rumen degradation and intestinal digestion of treated soya bean meals in sheep. *J. Agr. Sci.* 135:305-310.
- Hervás, G., P. Frutos, y A. Mantecón. 2001. Protección de suplementos proteicos frente a la degradación ruminal: utilización de taninos. <http://digital.csic.es/bitstream/10261/5112/1/Herv%C3%A1s%20et%20>

- al_2001%20(Divulgaci%C3%B3n).pdf (Consultado 9 nov. 2013).
- Hess, H.D., J. Gómez, y C.E. Lascano. 2006. Segundo taller taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. Producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con mezclas de leguminosas con y sin taninos. 30 de noviembre a 1 de diciembre de 2006. Publ. CIAT 352, Compuimagen. Palmira, Colombia.
- Hof, G., M. Vervoorn, P. Lenaers, y S. Tamminga. 1997. Milk urea nitrogen as a tool to monitor protein nutrition of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:3333-3340.
- La O, O., H. González, A. Orozco, Y. Castillo, O. Ruíz, A. Estrada, F. Ríos, E. Gutiérrez, H. Bernal, D. Valenciaga, B. Castro, y Y. Hernández. 2012. Composición química, degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. *Rev. Cubana Cienc. Agr.* 46:47-56.
- Lykos, T., G. Varga, y D. Casper. 1997. Varying degradation rates of total nonstructural carbohydrates: Effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:3341-3355.
- McSweeney, C., B. Palmer, D. McNeill, y D. Krause. 2001. Microbial interactions with tannins – nutritional consequences for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 91:89-93.
- Mahecha, L., L.A. Gallego, y F.J. Peláez. 2002. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 15:213-225.
- Mahecha, L., y M. Rosales. 2005. Valor nutricional del follaje de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livestock Res. Rural Dev.* 17(9):100. <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm> (Consultado 9 nov. 2013).
- Mahecha, L., J. Escobar, J. Suárez, y L. Restrepo. 2007. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Livestock Res. Rural Dev.* 19(2):16. <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm> (Consultado 9 nov. 2013).
- Maina, I., S. Abdulrazak, C. Muleke, y 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. Environ.* 10(2):632-635.
- Márquez, D., y A. Suárez. 2008. El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. *Rev. Medicina Veterinaria* 16:87-109.
- Medina, M., D. García, E. González, L. Cova L, y P. Morantinos. 2009. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Trop.* 27:121-134.
- Min, B., T. Barry, G. Attwood, y 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.
- Murgueitio, E., J. Chará, A. Solarte, F. Uribe, C. Zapata, y J. Rivera. 2013. Agroforestería pecuaria y sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 26:313-316.
- Naranjo, J., y C. Cuartas. 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 Medicina Veterinaria y Zootecnia* 6(1):9-19. <http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/1489/993> (Consultado 22 ene. 2014).
- 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. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14:309–314. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93915703030> (Consultado 9 nov. 2013).
- Olmos, J., y G. Broderick. 2006. Effect of dietary crude protein concentration on ruminal nitrogen metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:1694-1703.
- Pérez, A., I. Montejo, J., Iglesias, O. López, G., Martín, D., García, I., Milián, y A., Hernández. 2009. *Tithonia diversifolia* (Helms.) A. Gray. *Rev. Pastos y Forrajes* 32:1-15.
- PROEXPORT (Promoción de Turismo, Inversión y Exportaciones). 2011. Sector lácteo en Colombia. <http://www.portugalcolombia.com/wp-content/uploads/2012/08/Perfil-Lacteo-Colombia.pdf> (Consultado 9 nov. 2013).
- Restrepo, J., y M. Suárez. 2005. Principales factores que afectan la actividad celulolítica bacteriana en rumiantes. En: M. Pabón, y J. Ossa, editores, *Bioquímica, nutrición y alimentación de la vaca*. Fondo Editorial Biogénesis, Colombia, Medellín. p. 15-43.

- Reynal, S., y G. Broderick. 2005. Effect of dietary level of rumen-degraded protein on production and nitrogen metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 88:4045-4064.
- Roa, M., C. Castillo, y E. Téllez. 2010. Influencia del tiempo de maduración en la calidad de ensilajes con forrajes arbóreos. *Sistemas de Producción Agroecológicos* 1(1): 63-73. http://www.sistemasagroecologicos.co/art/vol1_no1_p63-73_roa.pdf (Consultado 26 ene. 2014).
- Rueda, S., L. Taborda, y H. Correa. 2006. Relación entre el flujo de proteína microbiana hacia el duodeno y algunos parámetros metabólicos y productivos en vacas lactantes de un hato lechero del Oriente Antioqueño. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 19:27-38.
- Solarte, C., C. Rosero, y Y. Eraso. 2012. Comparación de metodologías moleculares para identificar el gen de la kappa caseína en ganado Holstein. *Rev. MVZ Córdoba* 17:2878-2883.
- 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 Caucho. *REDVET* 12(5). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050511/051113.pdf> (Consultado 9 nov. 2013).