

Efecto de la edad de cosecha en la digestibilidad y fraccionamiento energético de dos arbustivas forrajeras en Colombia**Effect of harvest age on the digestibility and energy fractioning of two forage shrubs in Colombia**

Juan Leonardo Cardona-Iglesias <https://orcid.org/0000-0001-5225-8108>, Laura Dayana Escobar-Pachajoa <https://orcid.org/0000-0002-9825-461X>, Carolina Guatusmal-Gelpud <https://orcid.org/0000-0002-2304-7720>, Diego Hernán Meneses-Buitrago¹ <https://orcid.org/0000-0003-3033-3079>, Lina Marcela Ríos-Peña <https://orcid.org/0000-0002-7452-2317>, Edwin Castro-Rincón <https://orcid.org/0000-0001-9841-8242>
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Obonuco, Pasto, Colombia. Correo electrónico: jlcardona@agrosavia.co

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto de la edad y la época de cosecha en la composición química, con énfasis en el fraccionamiento energético y la digestibilidad de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray y *Sambucus nigra* L, establecidas en un sistema silvopastoril en la región de Pasto, Nariño, Colombia.

Materiales y Métodos: El estudio se realizó en el Centro de investigación Obonuco de AGROSAVIA, Pasto, de enero a noviembre de 2018. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con tres réplicas y dos tratamientos, asociados al factor edad de corte por cada especie (*T. diversifolia*, 60 y 80 días y *S. nigra*, 60 y 90 días). Para el estudio de las variables se diferenciaron dos épocas: altas y bajas precipitaciones. Se evaluaron variables de rendimiento y nutricionales, con énfasis en el valor energético (energía digestible, energía metabolizable y energía neta de lactancia). Se utilizó para el procesamiento estadístico el software R V. 3.5.1. Se aplicó análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey, para $p < 0,05$.

Resultados: Los mayores valores de digestibilidad (79,3 y 77,8 %), energía digestible (3,93 y 3,32 Mcal/kg de MS), energía metabolizable (2,8 y 2,7 Mcal/kg de MS) y energía neta de lactancia (1,67 y 1,63 Mcal/kg de MS) se presentaron a la edad de 60 días, en la época de altas precipitaciones para *T. diversifolia* y *S. nigra*, respectivamente. Con respecto a la producción de biomasa, para *T. diversifolia* el rendimiento de materia seca se incrementó significativamente ($p < 0,05$) con la edad, en las dos épocas del año, y para *S. nigra* en el período de bajas precipitaciones.

Conclusiones: Los valores a las edades mayores (80 y 90 días) se consideraron como aceptables, lo que evidenció el potencial de estas forrajeras para mejorar la calidad nutricional de las dietas en sistemas ganaderos.

Palabras clave: *Sambucus nigra*, sistema silvopascícolas, *Tithonia diversifolia*, valor nutritivo

Abstract

Objective: To evaluate the effect of harvest age and season on the chemical composition, with emphasis on the energy fractioning and digestibility of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray and *Sambucus nigra* L, established in a silvopastoral system in the Pasto region, Nariño, Colombia.

Materials and Methods: The study was conducted at the Obonuco Research Center of AGROSAVIA, Pasto, from January to November, 2018. A randomized block design was used, with three replicas and two treatments, associated to the factor cutting age for each species (*T. diversifolia*, 60 and 80 days and *S. nigra*, 60 and 90 days). For the study of the variables two seasons were differentiated: high and low rainfall. Yield and nutritional variables were evaluated, with emphasis on the energy value (digestible energy, metabolizable energy and net lactation energy). The software R V. 3.5.1 was used for the statistical processing. Variance analysis and Tukey's mean comparison test, for $p < 0,05$, were applied.

Results: The highest digestibility values (79,3 and 77,8 %), digestible energy (3,93 and 3,32 Mcal/kg DM), metabolizable energy (2,8 and 2,7 Mcal/kg DM) and net lactation energy (1,67 and 1,63 Mcal/kg DM) appeared at the age of 60 days, in the rainy season for *T. diversifolia* and *S. nigra*, respectively. With regards to the biomass production, for *T. diversifolia* the dry matter yield increased significantly ($p < 0,05$) with age, in the two seasons, and for *S. nigra* in the dry season.

Conclusions: The values at higher ages (80 and 90 days) were considered acceptable, which proved the potential of these forage plants to improve the nutritional quality of diets in animal husbandry systems.

Keywords: *Sambucus nigra*, silvopastoral system, *Tithonia diversifolia*, nutritional value

Recibido: 30 de abril de 2020

Aceptado: 07 de septiembre de 2020

Como citar este artículo: Cardona-Iglesias, J. L.; Escobar-Pachajoa, Laura D.; Guatusmal-Gelpud, Carolina; Meneses-Buitrago, D. H.; Castro-Rincón, E. & Ríos-Peña, Lina M. Efecto de la edad de cosecha en la digestibilidad y fraccionamiento energético de dos arbustivas forrajeras en Colombia. Pastos y Forrajes. 43 (3):254-262, 2020.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

Introducción

El manejo convencional de los sistemas ganaderos, unido a los efectos del cambio climático, ha afectado su productividad, rentabilidad y resiliencia; además de relacionarse con efectos ambientales negativos (López-Vigoa *et al.*, 2017).

Ante esta realidad, surge la necesidad de orientar este renglón productivo hacia el desarrollo sostenible. Desde esta perspectiva, los sistemas silvopastoriles constituyen una de las alternativas potenciales. Con este tipo de sistema, por medio de la incorporación de árboles y arbustos, como componentes productivos de las praderas, se busca contribuir al mejoramiento de la oferta nutricional, al bienestar animal, y a la conservación de los recursos naturales (Arciniegas y Flórez, 2018).

En la ganadería bovina del trópico alto de Colombia, el forraje proveniente de pasturas es la base de los sistemas de alimentación. Sin embargo, una de las principales limitaciones de estos sistemas productivos es el uso de pasturas en monocultivo. Estas pasturas no aportan suficiente disponibilidad de nutrientes, en cantidad como en calidad, para cubrir los requerimientos de los animales, lo que afecta el éxito de la productividad del sistema (Enciso *et al.*, 2018).

Especies predominantes como el kikuyo [*Cenchrus clandestinus* (Hochst.) ex Chiov.] presentan desbalances en su valor nutritivo (Flórez-Gómez y Correa, 2017), ya que generalmente poseen altos contenidos de proteína bruta (> 16 %) y contenido energético de medio a bajo (Vargas-Martínez *et al.*, 2018a). Además, en el trópico alto de Colombia, es evidente la estacionalidad forrajera, provocada por marcados períodos de lluvias e intensos veranos. Esta variabilidad climática incide negativamente en la disponibilidad de nutrientes de los forrajes (Castro-Rincón *et al.*, 2019).

A lo anterior se adiciona el manejo inadecuado de los intervalos de corte de los forrajes, por encima de las edades óptimas de cosecha, lo que provoca aumento en los contenidos de fibra, a expensas de la reducción de nutrientes, como la proteína y la energía, y la disminución de la digestibilidad (Flórez-Gómez y Correa, 2017; Vargas-Martínez *et al.*, 2018a). Esta disminución del aporte energético afecta significativamente la respuesta productiva y reproductiva de los animales, además de que aumenta la excreción de compuestos nitrogenados al ambiente (Vargas-Martínez *et al.*, 2018a).

Paralelo al perfeccionamiento del manejo, también es importante explorar nuevos recursos forrajeros con alta digestibilidad, que mejoren el balance energía-proteína en la dieta de los rumiantes y que, a su vez, disminuyan la excreción de compuestos contaminantes (Carulla y Ortega, 2016).

El estudio de las edades óptimas de cosecha, así como la evaluación de la introducción y uso especies arbustivas leñosas en los sistemas ganaderos, como *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (botón de oro, girasolillo, falso girasol) y *Sambucus nigra* L. (saúco, saúco negro, canillero), podría ser una estrategia para la mejora del aporte de energía, maximizar el uso de la proteína y aumentar la digestibilidad en la dieta de los rumiantes en pastoreo (Cardona *et al.*, 2019).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la edad y la época de cosecha en la composición química, con énfasis en el fraccionamiento energético y la digestibilidad de *T. diversifolia*, y *S. nigra*, establecidas en un sistema silvopastoril en la región de Pasto, Nariño, Colombia.

Materiales y Métodos

Localización y suelo. El experimento se desarrolló de enero a noviembre de 2018, en un suelo andisol, de textura franco-arenosa, en el Centro de Investigación Obonuco, perteneciente a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Esta instalación se halla a 2 750 msnm, entre las coordenadas 1°11'41,3" N y 77°19'19"W, en el municipio de Pasto, departamento de Nariño.

Condiciones climáticas. La zona presenta temperatura promedio de 12,8 °C, humedad relativa de 84,4 % y precipitación promedio anual de 619,8 mm. En época de bajas precipitaciones registra aproximadamente 255,7 mm, y en la de altas precipitaciones 404,8 mm (según estación climática automática Davis Vantage pro2 Agrosavia- Obonuco). Durante el experimento, la distribución de las lluvias fue bimodal, con dos períodos secos (enero-febrero y julio-agosto) y dos húmedos (marzo-mayo y septiembre-noviembre).

Diseño experimental y tratamiento. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar, con tres réplicas y dos tratamientos por especie (*T. diversifolia* y *S. nigra*), resultantes de dos edades de corte: 60 y 80 días en *T. diversifolia*; 60 y 90 días en *S. nigra*. Para el análisis del comportamiento, se diferenciaron dos épocas del año: altas y bajas precipitaciones. Cada unidad experimental estuvo conformada por seis arbustos, y se separó del tratamiento siguiente por un surco de arbustos que no se evaluaron, para controlar el efecto de borde (tabla 1).

En *S. nigra* se utilizó una frecuencia de corte diferente, teniendo en cuenta que experimentos previos realizados en el Centro de Investigación demostraron que esta especie requiere de un tiempo de recuperación más largo, debido a su capacidad de rebrote, con respecto a *T. diversifolia*. También,

Tabla 1. Tratamientos experimentales, según el diseño del estudio

<i>T. diversifolia</i>	<i>S. nigra</i>
T1: 60 días de corte	T1: 60 días de corte
T2: 80 días de corte	T2: 90 días de corte

se consideró estas edades de corte por otras investigaciones de Cárdenas *et al.* (2016) sin reportar.

Procedimiento experimental. La investigación se llevó a cabo en un banco de forraje, compuesto por las especies *T. diversifolia* y *S. nigra*, con año y medio de establecimiento. Se encontraban sembradas a 1 x 1 m, en bloques, con 102 arbustos en total (por especie). Al iniciar el experimento, se realizó un corte de homogenización, a 50 cm de altura sobre el nivel del suelo (Ekeocha, 2012).

Posteriormente, para determinar la producción de forraje verde, teniendo en cuenta los tratamientos experimentales, se realizó la cosecha manual de las hojas y tallos tiernos, a 50 cm de altura con respecto al suelo. Se efectuaron en total cuatro cortes (ciclos) durante 11 meses, para cada uno de los tratamientos por especie: dos en la época de altas precipitaciones (AP) y dos en la época de bajas precipitaciones (BP), desde enero hasta diciembre de 2018.

El manejo agronómico del sistema se realizó mediante el control de arvenses y el de plagas, así como la aplicación preventiva de insecticida orgánico. De acuerdo con el análisis de suelo, se efectuó fertilización después de cada ciclo de corte, con 250 g de abono orgánico y 30 g de mezcla química (urea, KCl y DAP) por planta.

Variables evaluadas. Para estimar la materia seca (MS) kg/arbusto, se tomó una muestra de forraje de 500 g por tratamiento en cada corte. Se secó a 70 °C durante 48 h hasta alcanzar un peso constante (Téllez y Mendoza, 2014). Estos datos se proyectaron al rendimiento en toneladas de MS/ha.

Para determinar la calidad del forraje, se realizaron análisis de composición nutricional en el laboratorio de nutrición animal del Centro de Investigación Tibaitata de Agrosavia (Bogotá, Colombia) mediante la aplicación de la metodología de Espectroscopia de Infrarrojo Cercano NIRS (Ariza-Nieto *et al.*, 2017) con un equipo NIRS DS 2500-FOSS Analytical +6A/S, Dinamarca. Se determinó el porcentaje de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), calcio (Ca), fósforo (P) y total de nutrientes digestibles (TND), así como la digestibilidad de la MS (%) y las fracciones de energía (Mcal por kg de MS): energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta de lactancia (ENL).

Análisis estadístico. Los datos se analizaron de acuerdo con su varianza y distribución normal. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza para determinar la significancia y se compararon las medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). Este proceso se efectuó con el programa estadístico R. V.3.5.1 (R Development Core Team, 2008), además de los paquetes CAR (Fox y Weisberg, 2011) y AGRICOLAE (Mendiburu, 2017).

Resultados y Discusión

El rendimiento y la composición nutricional para *T. diversifolia*, a diferentes edades de corte y épocas del año se muestra en la tabla 2.

A su vez, el rendimiento y la composición nutricional para *S. nigra*, a diferentes edades de corte y épocas del año, se presenta en la tabla 3.

Con respecto a la producción de biomasa, en esta investigación, el rendimiento de MS t/ha se incrementó significativamente ($p < 0,05$) con la edad en las dos épocas del año, para *T. diversifolia*, y en la época de BP, para *S. nigra*.

Este comportamiento es similar al informado por Cárdenas *et al.* (2016) en estas especies, cuando la edad de cosecha fue superior a los 80 días. Estos autores hallaron, como promedio, valores de 3,3 y 1,3 kg/arbusto para *T. diversifolia* y *S. nigra*, respectivamente.

El contenido de MS en *T. diversifolia* aumentó de manera significativa ($p < 0,05$) a mayor edad de corte (60 vs 80 días) en época de AP (12,0 vs 15,6 %, respectivamente) como en BP (17,0 vs 20,2 % respectivamente). Este comportamiento concuerda con lo informado por Pérez *et al.* (2009) para esta especie, quienes registraron 14,1; 17,3 y 23,3 % de MS, a los 30, 60 y 89 días de cosecha, respectivamente.

El contenido de PB presentó efecto de la edad de cosecha ($p < 0,05$), siendo menor al aumentar la edad de corte. Para *T. diversifolia* en la época de AP, los valores de PB disminuyeron de 32,0 a 22,7 % al incrementarse la frecuencia de corte, de 60 a 80 días. Mientras que, en el período de BP, la disminución fue de 24,1 a 19,7 %, respectivamente. Los resultados de PB en esta especie están en correspondencia con los informados por Lezcano *et al.* (2012), quienes encontraron valores de 29,8 % en plantas de 30 días, con respecto

Tabla 2. Rendimiento y composición nutricional de *T. diversifolia*, a diferentes edades de corte, en época de altas y bajas precipitaciones

Indicador	Época de altas precipitaciones			Época de bajas precipitaciones		
	60 días	80 días	EE ±	60 días	80 días	EE ±
FV, kg/arbusto	3,5	7,2	0,723**	1,1	2,6	0,521*
MS, %	12,0	15,6	0,652***	17,0	20,2	0,732**
MS, t/ha	4,2	11,1	1,233***	1,9	4,9	0,945*
PB, %	32,0	22,7	1,245***	24,1	19,7	1,013***
FDN, %	31,5	34,8	0,656**	35,0	39,3	0,823***
FDA, %	15,6	16,6	0,637	18,0	17,9	0,423
TND, %	72,7	66,4	0,913***	66,5	64,6	0,756*
Ca, %	0,9	0,8	0,001*	0,8	0,6	0,434*
P, %	0,3	0,2	0,004**	0,3	0,3	0,012

***p ≤ 0,001; **p ≤ 0,01; *p ≤ 0,05

Tabla 3. Rendimiento y composición nutricional de *S. nigra*, a diferentes edades de corte, en época de altas y bajas precipitaciones

Indicador	Época de altas precipitaciones			Época de bajas precipitaciones		
	60 días	90 días	EE ±	60 días	90 días	EE ±
FV, kg/arbusto	1,5	3,0	0,456*	0,7	1,5	0,213*
MS, %	22,4	18,2	0,723	16,2	18,7	0,543*
MS, t/ha	3,3	5,5	0,923	1,2	2,8	0,465*
PB, %	28,1	20,2	1,123***	26,3	20,3	1,242***
FDN, %	28,1	30,2	0,854**	31,0	29,0	0,634
FDA, %	13,8	13,0	0,423	8,0	15,2	0,956
TDN, %	71,3	65,3	0,732***	70,0	64,8	0,934***
Ca, %	0,7	0,8	0,032**	0,7	0,8	0,125
P, %	0,3	0,2	0,012**	0,2	0,1	0,145***

***p ≤ 0,001; **p ≤ 0,01; *p ≤ 0,05

a las cosechadas a los 60 días (22,0 %). Sin embargo, es importante resaltar que, en esta investigación, las plantas con 60 días de edad presentaron contenidos proteicos superiores a 30 %.

Similar comportamiento se registró en *S. nigra*. En las plantas de 60 a 90 días de corte, los valores de PB disminuyeron en 7,9 % en la época de AP, y de 26,3 a 20,3 % en la de BP. En cuanto a *S. nigra*, Barreto y Chamorro (2005), en el trópico alto de Colombia, informaron valores de PB de 30,2; 30,9; 29,4 y 29,6 %, a las edades de 40, 60, 70 y 80 días de corte, respectivamente, resultados que superan a los de este experimento. No obstante, se demostró, que después de los 60 días el porcentaje de PB descende.

De acuerdo con lo observado en este estudio, para ambas especies, independiente de la edad de

corte y época de cosecha, el valor de PB es mayor al informado en gramíneas base en sistemas de alimentación ganadera del trópico alto colombiano. Este es el caso de *C. clandestinus* (kikuyo), para el que se informan valores promedio de 20 %, con 45 días de rotación (Vargas-Martínez *et al.*, 2018a; Cardona *et al.*, 2019).

Los contenidos de fibra en la dieta de los rumiantes son un estimativo de la edad y composición química del forraje ofrecido (Castro-Rincón *et al.*, 2019). La NRC (2001) recomienda para dietas de vacas lecheras un contenido mínimo de 25 y 17 % (en base seca) de FND y FDA, respectivamente, con el propósito de la estimulación de la rumia y mantener el buen funcionamiento del rumen.

En este estudio, los valores para estas fracciones fueron relativamente bajos, por lo que presentan

potencial para estimular el funcionamiento adecuado del rumen, si se tiene en cuenta que la inclusión de dichas fracciones en la dieta de los rumiantes se complementaría con el pastoreo y otros forrajes. Se observó, de forma general, efecto de las edades de cosecha para el contenido de FDN, para *T. diversifolia* y para *S. nigra*. Esta fracción se incrementó ($p < 0,05$), a medida que aumentó la edad de cosecha.

Los contenidos de TND también se afectaron por la frecuencia de corte. El intervalo de 60 días propició los mayores valores, en *T. diversifolia* como en *S. nigra*, para la época de AP como de BP. De esta forma, en *T. diversifolia* se encontraron cifras de 69,6 y 66,5 %, a los 60 y 80 días de cosecha, mientras que en *S. nigra* fueron de 70,6 y 65,1 %, a los 60 y 90 días, respectivamente.

Estos contenidos son mayores a los informados para las gramíneas antes mencionadas (kikuyo 60 % como promedio, 45 días de cosecha; ryegrases perennes mejorados 63 % como promedio y 35 días de cosecha), y coinciden con los referidos por Vargas-Martínez *et al.* (2018b), y Castro-Rincón *et al.* (2019), respectivamente. Contenidos altos de TND en los forrajes se relacionan, generalmente, con una buena digestibilidad y energía en la dieta (Sanabria-Celis y Ávila-Carrillo, 2015). A nivel nutricional, esto podría significar un potencial en el aporte energético de estas dos forrajeras perennes.

Para el caso de los minerales, el Ca en *T. diversifolia* mostró disminución significativa ($p < 0,05$), a medida que aumentó la edad de cosecha para ambas épocas de corte (AP y BP). Se encontraron contenidos de 0,9 y 0,8 % respectivamente, a edad de 60 días, y contenidos de 0,8 y 0,6 % respectivamente, para los 80 días. Varios autores registraron valores de Ca entre 0,9 y 2,86 % para *T. diversifolia*, con el mayor contenido entre los 55 y 70 días de corte (Gallego-Castro *et al.*, 2017; Londoño *et al.*, 2019).

El comportamiento de Ca en *S. nigra* fue diferente en época de AP, pues a mayor edad de cosecha se observó aumento de este mineral ($p < 0,05$), con contenidos de 0,7 y 0,8 % para las edades de 60 y 90 días, respectivamente. El P presentó un comportamiento similar para ambas especies; sus contenidos disminuyeron ($p < 0,05$) a medida que aumentó la edad de cosecha. Resulta importante destacar que a los 90 días en la época de BP hubo contenidos muy bajos de P.

La deficiencia de P en forrajes arbóreos ha sido reportada en otros estudios, que sugieren que se puede afectar por el bajo nivel de P en el suelo, así como por la edad de la planta y la época seca (Sánchez-Gutiérrez y Fariá-Mármol, 2008).

En *T. diversifolia* se informan valores de P entre 0,3 y 0,4 % (Londoño *et al.*, 2019), similares a los de este estudio.

De acuerdo con Sánchez-Gutiérrez y Fariá-Mármol (2008), hay un alto contenido de minerales en la planta durante las etapas iniciales de crecimiento y dilución gradual, a medida que la planta madura y acumula hidratos de carbono, lo que explica las disminuciones que se presentaron en la mayoría de los casos con el aumento de la edad de cosecha. De manera general, ambas especies forrajeras se caracterizan por sus buenos aportes de Ca y P, que resultan superiores a los de las pasturas tradicionales del trópico alto (Londoño *et al.*, 2019; Fonseca *et al.*, 2019).

El valor energético y de digestibilidad a diferentes edades y épocas de corte para *T. diversifolia* y *S. nigra* se muestran en las tablas 4 y 5.

La digestibilidad disminuyó ($p < 0,05$) a medida que aumentó la edad de corte en ambas forrajeras, en AP como en BP. Al cosechar *T. diversifolia*, a la edad de 80 días, hubo disminución de la digestibilidad de 6,7 y de 5,5 %, con respecto a los 60 días de corte, para las épocas de AP y BP, respectivamente. En el caso de *S. nigra*, al cosechar a los 90 días, disminuyó su digestibilidad en 6,4 y 5,5 % con respecto a las plantas evaluadas a los 60 días, para las épocas de AP y BP, respectivamente. Al igual que en este estudio, Guatusmal *et al.* (2020) encontraron disminución de la digestibilidad en plantas de *T. diversifolia* y *S. nigra*, a medida que aumentó la edad de cosecha, lo que según estos autores estuvo relacionado con la lignificación de la pared celular, que aumenta con la edad.

En este trabajo hubo para *T. diversifolia* aumento ($p < 0,05$) de la FDN a la edad de 60 días, con respecto a 80 días para ambas épocas, mientras que la FDA se mantuvo similar. Para *S. nigra*, se evidenció diferencia ($p < 0,05$) en los valores de FDN, menor a los 60 días, con respecto a los 90 días de cosecha en la época de AP. La FDA fue mayor ($p < 0,05$) a la edad de cosecha de 90 días en BP (tablas 4 y 5). Estos resultados se asemejan a lo que refirieron Barahona-Rosales y Sánchez-Pinzón (2005) y Chiphwanya *et al.* (2017). De acuerdo con estos autores, la digestibilidad de la MS en los forrajes está, por lo general, inversamente relacionada con el contenido de FDN y FDA.

Se puede afirmar que el uso de forrajeras perennes, como *T. diversifolia* y *S. nigra*, favorece la aceptabilidad del forraje, debido a su buena palatabilidad y a la alta digestibilidad de la MS, que generalmente supera 70 %, como se demostró en este experimento. Según plantean Tarazona *et al.* (2012),

Tabla 4. Valor energético y de digestibilidad de *T. diversifolia* a diferentes edades de corte por época del año.

Indicador	Época de altas precipitaciones			Época de bajas precipitaciones		
	60 días	80 días	EE ±	60 días	80 días	EE ±
Digestibilidad de MS, %	79,3	72,6	1,143***	72,6	70,6	0,723*
EDr, Mcal/kg de MS	3,9	2,9	0,154***	3,0	2,8	0,032**
EMr, Mcal/kg de MS	2,8	2,5	0,044***	2,5	2,4	0,025*
ENLr, Mcal/kg de MS	1,7	1,5	0,021***	1,5	1,4	0,017*

*** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$

EDr: energía digestible para rumiantes, EMr: energía metabolizable para rumiantes, ENLr: energía neta de lactancia para rumiantes, MS: materia seca

Tabla 5. Valor energético y de digestibilidad de *S. nigra* a diferentes edades de corte, en época de altas y bajas precipitaciones.

Indicador	Época de altas precipitaciones			Época de bajas precipitaciones		
	60 días	90 días	EE ±	60 días	90 días	EE ±
Digestibilidad de MS, %	77,8	71,4	0,758***	76,3	70,8	1,032***
EDr-Mcal/kg de MS	3,3	2,9	0,127***	3,2	2,9	0,157***
EMr-Mcal/kg de MS	2,7	2,4	0,132***	2,6	2,4	0,156***
ENLr-Mcal/kg de MS	1,6	1,4	0,154***	1,6 a	1,5 b	0,126***

*** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$

EDr: energía digestible para rumiantes, EMr: energía metabolizable para rumiantes, ENLr: energía neta de lactancia para rumiantes, MS: materia seca

estos aspectos promueven el consumo de MS, el flujo y balance de nutrientes en el animal. En este sentido, maximizar el consumo de MS en rumiantes es un aspecto importante en el campo nutricional. De ello depende el estatus nutricional y la productividad de los animales (Gordon y Prins, 2008). Sin embargo, una de las mayores limitantes para lograr un óptimo incremento del CMS en sistemas ganaderos del trópico, es la baja digestibilidad de la MS en las pasturas (Barahona-Rosales y Sánchez-Pinzón, 2005). Lo anterior se debe, generalmente, a aspectos inherentes a la composición y estructura de la pared celular de los pastos con respecto a las leguminosas y a otros recursos forrajeros del trópico (Marais, 2001).

Se evidenció efecto de la edad de cosecha ($p < 0,05$) en los valores del fraccionamiento energético para ambas forrajeras (tablas 4 y 5). De manera general, se observaron mayores valores para EDr, EMr, y ENLr, a la edad de 60 días, en *T. diversifolia* como en *S. nigra*. Las cifras de fraccionamiento energético encontradas en este estudio para ambas especies, independientemente de la época de corte, fueron mayores que las informadas para algunos recursos forrajeros utilizados en el trópico. González-Guarín (2016), en el trópico alto de Colombia,

registró 2,38 Mcal/kg MS de EDr para la especie *S. nigra*, a los 90 días de evaluada, en la época de AP. Este valor resulta inferior a las 2,98 Mcal que se hallaron en *S. nigra* en este experimento.

Según Mendoza-Martínez *et al.* (2008), los forrajes con valores altos de EDr, se relacionan con menores pérdidas energéticas en las deyecciones sólidas. Esto le podría conceder a los sistemas ganaderos que utilicen *T. diversifolia* y *S. nigra* menor costo energético en producción de heces.

La EMr encontrada en ambas especies disminuyó ($p < 0,05$) a medida que aumentó la edad de corte (tablas 4 y 5). En cuanto a los valores de EMr encontrados a los 60 días para ambas especies, son mayores que los de pasturas mejoradas de *Lolium perenne* L (2,45 Mcal/kg/MS), con 36 días de brote (Villalobos y Arce, 2014).

La ENLr promedio, en ambas épocas de cosecha, fue de 1,6 y 1,5 en *T. diversifolia*, para los 60 y 80 días de corte, y de 1,61 y 1,5 Mcal/kg MS en *S. nigra* a las edades de 60 y 90 días, respectivamente. Estos valores están en el rango de lo reportado por Guatusmal *et al.* (2020), quienes refieren valores de 1,58 y 1,6 Mcal/kg MS de ENL, para *T. diversifolia* y *S. nigra* (60 días de edad), respectivamente.

Según La NRC (2001), la mayor limitación de las pasturas tropicales para sostener la producción de leche es la energía. Por tanto, el uso de recursos forrajeros con potencial energético, como son las forrajeras perennes provenientes de sistemas silvopastoriles, podría ser una estrategia válida para mejorar la nutrición, y maximizar la productividad de los sistemas ganaderos en el trópico (Cuartas *et al.*, 2013).

Conclusiones

En este trabajo se evidenció buen aporte energético a partir de las fracciones contenidas en las forrajeras evaluadas, altas digestibilidades y buen balance de nutrientes; por lo que la incorporación de estos arbustos puede constituir una estrategia adecuada para enfrentar la escasez de forraje, como consecuencia del cambio climático.

Especies como *T. diversifolia* y *S. nigra* podrían servir como alternativa nutricional en los sistemas ganaderos, debido a su buena disponibilidad y al balance de energía-proteína en la dieta de los rumiantes. Se recomienda realizar más estudios para determinar la edad óptima de corte en estas especies, con el fin de balancear su contenido nutricional y la disponibilidad de forraje.

Agradecimientos

Al Convenio Especial de Cooperación de Ciencia Tecnología e Innovación No. 882-2015, entre el Departamento de Nariño y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, financiado con recursos del Sistema General de Regalías SGR, asignados al Departamento de Nariño y recursos propios de AGROSAVIA.

Contribución de los autores

- Juan Leonardo Cardona-Iglesias. Concepción de la idea de investigación, la búsqueda bibliográfica, la redacción, la revisión y los arreglos del manuscrito.
- Laura Dayana Escobar-Pachajoa. Organización de la idea de investigación, el diseño y el montaje de los experimentos, así como la toma y el procesamiento de datos, la búsqueda bibliográfica, la redacción y los arreglos en el manuscrito.
- Carolina Guatusmal-Gelpud. Organización de la idea de investigación, el diseño y el montaje de los experimentos, así como la toma y el procesamiento de datos, la búsqueda bibliográfica, la redacción y los arreglos en el manuscrito.
- Diego Hernán Meneses-Buitrago. Diseño y montaje de los experimentos, toma y procesamiento de datos (Análisis estadístico), redacción y arreglos en el manuscrito.

- Edwin Castro-Rincón. Diseño de los experimentos, asesoramiento de la investigación, redacción y arreglos en el manuscrito.
- Lina Marcela Ríos-Peña. Toma y procesamiento de datos, búsqueda bibliográfica, redacción y arreglos en el manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses entre ellos.

Referencias bibliográficas

- Arciniegas-Torres, Sandra P. & Flórez-Delgado, D. F. Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. *Rev. Cienc. Agr.* 15 (2):107-116, 2018. DOI: <http://doi.org/10.19053/01228420.v15.2>.
- Ariza-Nieto, Claudia; Mayorga, Olga L.; Mojica, B.; Parra, D. & Afanador-Tellez, G. Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia *J. Near Infrared Spec.* 26 (1):44-52, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/0967033517746900>.
- Barahona-Rosales, R. & Sánchez-Pinzón, Solange. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 6 (1):69-82, 2005.
- Barreto, C. & Chamorro, D. *Evaluación nutricional de Sambucus nigra en tres frecuencias de corte asociado con Pennisetum clandestinum y predicción de la respuesta animal de hatos lecheros de Cundinamarca aplicando el sistema CNCPS*. Tesis de grado. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, 2005.
- Cárdenas, C. A.; Rocha, Cristina & Castañeda, R. D. Efecto de la edad de corte sobre las medidas morfométricas, la composición bromatológica y el fraccionamiento de la proteína del sauco (*Sambucus nigra*). *Agron. Costarric.* 40 (2):107-116, 2016.
- Cardona-Iglesias, J. L.; Mahecha-Ledesma, Liliana & Angulo-Arizala, J. Consumption and productivity in Holstein cows grassing silvopastoral system vs monoculture of Kikuyo and supplemented with unsaturated fats. *Rev. Cient., FVC-LUZ.* 29 (1):20-33, 2019.
- Carulla, J. E. & Ortega, E. Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 24 (2):83-87, 2016.
- Castro-Rincón, E.; Cardona-Iglesias, J. L.; Hernández-Oviedo, F.; Valenzuela-Chirán, M. & Avellaneda-Avellaneda, Y. Evaluación de tres cultivares de *Lolium perenne* L. con vacas lecheras, en el trópico alto de Nariño-Colombia. *Pastos y Forrajes.* 42 (2):161-170, 2019.
- Chiphwanya, M.; Chigwa, C. & Msiska, H. Nutritive value of naturally growing *Panicum glochiata*

- and *Panicum maximum* in cool climatic areas of northern Malawi. *LRRD*. 29 (8). <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd29/8/chip29147.html>, 2017.
- Cuartas-Cardona, C. A.; Naranjo-Ramírez, J. F.; Tarazona-Morales, A. M. & Barahona-Rosales, R. Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal. *Ces. Med. Vet. Zootec.* 8 (1):70-81, 2013.
- Ekeocha, A. Utilization of mexican sunflower leaf meal-based diets by pre weaned west African dwarf lambs. *Poljoprivreda*. 18 (1):41-46, 2012.
- Enciso, Karen; Charry, A.; Sotelo, M. E. & Burkart, S. Ex-ante evaluation of the economic impact of adopting improved forages in the Colombian Eastern plains. *Tropentag 2018: Global food security and food safety: The role of universities*. Ghent, Belgium: Ghent University. p. 17-19, 2018.
- Flórez-Delgado, D. F. Estimación de la capacidad de carga del sistema de producción lechero de la vereda Fontibón del municipio de Pamplona. *Mundo FESC*. 13 (13):15-21, 2017.
- Flórez-Gómez, Laura A. & Correa, H. J. Efecto del tercio de lactancia y la época del año sobre el consumo de materia seca en vacas Holstein pastoreando kikuyo. *Ces. Med. Vet. Zootec.* 12 (3):181-194, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.12.3.2>.
- Fonseca-López, Dania; Niño-Monroy, Laura E.; Salamanca-López, Anyela E.; Rodríguez-Molano, C. E.; Hoyos-Concha, J. L.; Otero-Ramírez, I. D. et al. Caracterización nutricional y de producción de biomasa de *Sambucus peruviana*, *Sambucus nigra* y *Morus alba* en un banco forrajero. *Cienc. Desarro.* 10 (2):23-32, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.9098>.
- Fox, J. & Weisberg, S. *An R companion to applied regression*. 3rd. USA: SAGE Publications, Inc. <https://r-forge.r-project.org/projects/car/><https://CRAN.R-project.org/package=car>, 2011.
- Gallego-Castro, L. A.; Mahecha-Ledesma, Liliana & Angulo-Arizala, J. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agron. Mesoam.* 28 (1):213-222, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>.
- González-Guarín, J. R. *Alternativa silvopastoril para trópico alto con base en bancos forrajeros con dalia (Dahlia imperialis) y sauco (Sambucus nigra) en el páramo de Cruz Verde, Ubaque, Cundinamarca, Colombia*. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, 2016.
- Gordon, I. J. & Prins, H. H. T. Introduction: Grazers and browsers in a changing world. In: I. J. Gordon and H. H. T. Prins, eds. *The ecology of browsing and grazing. Ecological studies*. Vol. 195. Berlin, Heidelberg: Springer, 2008.
- Guatusmal-Gelpud, Carolina; Escobar-Pachajoa, Laura D.; Meneses-Buitrago, D. H.; Cardona-Iglesias, J. L. & Castro-Rincón, E. Producción y calidad de *Tithonia diversifolia* y *Sambucus nigra* en trópico altoandino colombiano. *Agron. Mesoam.* 31 (1):193-208, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.15517/am.v31i1.36677>.
- Lezcano, Yohanka; Soca, Mildrey; Sánchez, Luz M.; Ojeda, F.; Olivera, Yuseika; Fontes, Dayami et al. Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray, en dos etapas de su ciclo fisiológico. *Pastos y Forrajes*. 35 (3):275-282, 2012.
- Londoño, J.; Mahecha, Liliana & Angulo, J. Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray. para la alimentación de bovinos. *Rev. Colomb. Cienc. Anim.* 11 (1), 2019. DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v0.n0.2019.693>.
- López-Vigoa, O.; Sánchez-Santana, Tania; Iglesias-Gómez, J. M.; Lamela-López, L.; Soca-Pérez, Mildrey; Arece-García, J. et al. Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*. 40 (2):83-95, 2017.
- Marais, J. P. Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*)-a review. *Trop. Grasslands*. 35:65-84, 2001.
- Mendiburu, F. de. *Agricolae: Statistical procedures for agricultural research*. Version 1.2-8. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html>, 2017.
- Mendoza-Martínez, G. D.; Plata-Pérez, F. X.; Espinosa-Cervantes, R. & Lara-Bueno, A. Manejo nutricional para mejorar la eficiencia de utilización de la energía en bovinos. *Universidad y Ciencia*. 24 (1):75-87, 2008.
- NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th rev. USA: National Academy Press, 2001.
- Pérez, A.; Montejo, I. L.; Iglesias, J. M.; López, O.; Martín, G. J.; García, D. E. et al. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*. 32 (1):1-15, 2009.
- R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. Version 3.5.1. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.icesi.edu.co/CRAN/bin/windows/base/old/3.5.1/>, 2008.
- Sanabria-Celis, E. & Ávila-Carrillo, Iveth Y. *Producción de follaje de la especie botón de oro (Tithonia diversifolia) utilizando 5 técnicas de siembra con fines de alimentación animal*. Tesis de grado. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2015.
- Sánchez-Gutiérrez, A. & Faria-Mármol, J. Efecto de la edad de la planta en el contenido de nutrientes y digestibilidad de *Leucaena leucocephala*. *Zootecnia Trop.* 26 (2):133-139, 2008.
- Tarazona, A. M.; Ceballos, María C.; Naranjo, J. F. & Cuartas, C. A. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 25 (3):473-487, 2012.

- Téllez-Sanabria, A. & Mendoza-Brand, R. A. *Comportamiento productivo de Tithonia diversifolia en bancos forrajeros, bajo condiciones de suelos de Piedemonte Llanero*. Trabajo presentado para optar por el título de Zootecnista. Bogotá: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de la Salle, 2014.
- Vargas-Martínez, J.; Sierra-Alarcón, Andrea; Benavidez-Cruz, J.; Mayorga-Mogollón, Olga; Avellaneda-Avellaneda, Y. & Ariza-Nieto, Claudia. Establecimiento y producción de raigrás y tréboles en dos regiones del trópico alto colombiano. *Agron. Mesoam.* 29(1):177-191, 2018b. DOI: <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.28077>.
- Vargas-Martínez, J. de J.; Sierra-Alarcón, Andrea M.; Mancipe-Muñoz, E. A. & Avellaneda-Avellaneda, Y. El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *CES. Med. Vet. Zootec.* 13 (2):137-156, 2018a. DOI: <https://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.13.2.4>.
- Villalobos, L. & Arce, J. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agron. Costarric.* 38 (1):133-145, 2014.