

Variación en la concentración de sólidos solubles en tres especies arbustivas forrajeras del trópico alto de Colombia

Variation in the concentration of soluble solids in three forage shrub species of the high tropic of Colombia

María Fernanda Urbano-Estrada¹ <https://orcid.org/0000-0002-1304-098X>, Juan Leonardo Cardona-Iglesias² <https://orcid.org/0000-0001-5225-8108> y Edwin Castro-Rincón² <https://orcid.org/0000-0001-9841-8242>

¹Pasante pregrado, Ing. Agroforestal Universidad de Nariño. ²Investigador Máster, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), Centro de Investigación Obonuco, Pasto, Colombia. Correo electrónico: jcardona@agrosavia.co

Resumen

Objetivo: Evaluar la concentración de sólidos solubles en tres especies arbustivas forrajeras con diferentes edades, en Pasto, Nariño-Colombia.

Materiales y Métodos: Se tomaron mediciones en *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, *Sambucus nigra* L. y *Smilax pyramidalis* (Triana) H. Rob., establecidas en un sistema silvopastoril; se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con arreglo factorial 3 x 3, producto de tres especies y tres edades de corte (45, 60 y 75 días) para las variables calidad nutricional (PB, FDN, digestibilidad, CNE y ENL, sólidos solubles y producción de biomasa). Se midió la concentración de sólidos solubles en tres horarios (7:30 a.m., 11:30 a.m. y 3:00 p.m.), bajo un arreglo factorial (3 x 3 x 3). Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza.

Resultados: La edad influyó significativamente en la concentración de sólidos solubles de *T. diversifolia* y *S. nigra* (6,8 y 13,7 %; respectivamente). Se observó interacción entre la hora del día y la edad de corte de *S. nigra*, con el valor más alto de sólidos solubles (15,6 %) a los 45 días a las 3:00 p.m. La mayor cantidad de biomasa se encontró a los 45 días en todas las especies. La edad de corte no afectó significativamente el contenido nutricional de las arbustivas; a los 45 días las especies tuvieron la mayor concentración de sólidos solubles. A los 75 días las tres especies presentaron la mayor producción de biomasa.

Conclusiones: Este estudio demostró el potencial nutricional de las tres especies forrajeras, debido a su concentración de sólidos solubles, por lo que podrían ser utilizadas como parte de la dieta de los rumiantes en los sistemas productivos del trópico alto colombiano.

Palabras clave: biomasa, calidad, sistemas silvopascícolas

Abstract

Objective: To evaluate the concentration of soluble solids in three forage shrub species with different ages, in Pasto, Nariño, Colombia.

Materials and Methods: Measurements were taken in *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, *Sambucus nigra* L. and *Smilax pyramidalis* (Triana) H. Rob., established in a silvopastoral system; a complete randomized block design was used, with 3 x 3 factorial arrangement, product of three species and three cutting ages (45, 60 and 75 days) for the variables nutritional quality (CP, NDF, digestibility, NSC and NLE, soluble solids and biomass production). The concentration of soluble solids was measured at three times (7:30 a.m., 11:30 a.m. and 3:00 p.m.), under a factorial arrangement (3 x 3 x 3). The data were analyzed through a variance analysis.

Results: The age influenced significantly the concentration of soluble solids of *T. diversifolia* and *S. nigra* (6,8 and 13,7 % respectively). Interaction was observed between the time of day and the cutting age of *S. nigra*, with the highest values of soluble solids (15,6 %) after 45 days at 3:00 p.m. The highest quantity of biomass was found at 45 days in all the species. The cutting age did not affect significantly the nutritional content of the shrubs; at 45 days the species had the highest concentration of soluble solids. At 75 days the three species showed the highest biomass production.

Conclusions: This study showed the nutritional potential of the three forage species, due to their concentration of soluble solids, for which they could be used as part of the diet of ruminants in productive systems of the Colombian high tropic.

Keywords: biomass, quality, silvopastoral systems

Recibido: 8 de abril de 2020

Aceptado: 10 de julio de 2020

Como citar este artículo: Urbano-Estrada, María F.; Cardona-Iglesias, J. L. & Castro-Rincón, E. Variación en la concentración de sólidos solubles en tres especies arbustivas forrajeras del trópico alto de Colombia. *Pastos y Forrajes*. 43 (3):201-209, 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

En el trópico alto colombiano los sistemas ganaderos se establecen en forma extensiva y predomina, sobre todo, el monocultivo de *Cenchrus clandestinus* (Hochst.) ex Chiov., gramínea de mediana calidad, lo que conlleva a un uso excesivo de fertilizantes de síntesis en las praderas; la utilización de especies arbóreas o arbustivas dentro de dichos sistemas es escasa (Cardona-Iglesias *et al.*, 2019a). La variación climática afecta directamente la reducción de la oferta de forraje en los sistemas pastoriles del trópico alto, lo que conlleva a desbalances nutricionales y baja productividad de los animales (Mora-Delgado *et al.*, 2014; Castro-Rincón *et al.*, 2019).

Por consiguiente, los sistemas ganaderos en estas zonas deben enfocarse en la utilización de especies adaptadas y con resiliencia al cambio climático, sustentando su productividad desde el punto de vista ambiental, social y económico (Gallego-Castro *et al.*, 2014). Ante este contexto, se hace necesaria una reconversión ganadera, que promueva la sostenibilidad en la producción agropecuaria. Los sistemas silvopastoriles, podrían ser una estrategia que ofrezca múltiples servicios en cuanto a la protección de la biodiversidad, el suelo y el agua. También se ha reconocido su utilización en el aporte nutricional de biomasa vegetal, y balance de energía-proteína a la dieta del ganado (Cardona-Iglesias *et al.*, 2019b).

Especies arbustivas leñosas como el botón de oro [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray], el sauco (*Sambucus nigra* L.) y la colla negra [*Smalanthus pyramidalis* (Triana) H. Rob.], son reconocidas por su adaptación a las condiciones del trópico alto colombiano, su óptima producción de biomasa y alto valor nutricional donde se resalta su contenido energético, lo cual podría mejorar el balance proteína-energía en el rumen (Cardona-Iglesias *et al.*, 2019a). Es por ello que estas especies forrajeras pueden constituir una alternativa para la suplementación animal en el trópico alto andino; sin embargo, la utilización eficiente de estas depende del manejo y el conocimiento sobre su estado fenológico, debido a que su contenido nutricional varía en dependencia del estado de madurez del forraje (Escobar, 2018; Guatusmal-Gelpud *et al.*, 2020). En ese aspecto, el contenido de sólidos solubles (grados brix) se emplea como un indicador del valor nutricional de los forrajes; ya que se relacionan como una fuente energética dentro de la alimentación animal, y varía según la edad de la planta y la

hora del día; esta fluctuación se debe al cese de la fotosíntesis con la reducción lumínica vespertina y paralelamente, al consecuente consumo de una parte de los carbohidratos disponibles para mantener las actividades de las plantas durante la noche (Villalobos y Sánchez, 2010).

Por otra parte, los estudios en las arbustivas forrajeras se han concentrado en determinar el contenido de biomasa, el crecimiento y la composición bromatológica y las investigaciones acerca del contenido de sólidos solubles son todavía incipientes, por ello el objetivo del presente estudio fue evaluar la concentración de sólidos solubles en tres especies arbustivas forrajeras con diferentes edades, en Pasto, Nariño-Colombia.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Centro de Investigación Obonuco de AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) ubicado en la ciudad de San Juan de Pasto (Nariño), coordenadas 77°18'23''W - 1°11'54''N a 2 710 msnm de altitud, 13 °C de temperatura, 84,4 % de humedad relativa y 840 mm de precipitación, zona de vida catalogada como de bosque seco montano bajo (bsMB) según Holdridge (1996).

El diseño del experimento fue de bloques completamente aleatorizados con un arreglo factorial 3 x 3, producto de tres especies y tres edades de corte (45, 60 y 75 días), para las variables de calidad nutricional, sólidos solubles y producción de biomasa. También se midieron los sólidos solubles, según la edad de cosecha y el horario del día, bajo un diseño factorial 3 x 3 x 3, producto de tres especies, tres edades de corte (45, 60 y 75 días) y tres tiempos (horarios) de observación durante el día (7:30 a.m., 11:30 a.m. y 3:00 p.m.).

Procedimiento experimental

La investigación se realizó en un sistema silvopastoril de banco mixto forrajero con tres arbustivas forrajeras del trópico alto colombiano: *T. diversifolia*, *S. nigra* y *S. pyramidalis*. El SSP se estableció en el año 2016 en un área total de 240 m². La distancia de siembra fue un metro entre plantas y un metro entre surcos, con un total de 51 arbustos de cada especie. El periodo de evaluación comprendió los meses de enero a septiembre de 2019, y correspondió a dos épocas climáticas bien definidas: una época de altas precipitaciones entre enero y mayo y una de bajas precipitaciones entre julio a septiembre.

A tres edades de rebrote (45, 60 y 75 días) se realizó una poda manual; el corte de los arbustos

fue a una altura de 70 cm sobre el nivel del suelo para *S. nigra* y *T. diversifolia*, y a 120 cm para *S. pyramidalis*.

La poda consistió en el corte en bisel de tallos tiernos y hojas de cada arbusto; el forraje se pesó en una balanza de precisión y los datos se tabularon para su análisis posterior (López y Santamaría, 2003).

Se cosechó al azar 300 g del material vegetal (hojas y tallos tiernos) simulando el ramoneo del ganado bovino; el forraje se picó (tijera inoxidable) y maceró en un mortero hasta obtener la savia de la planta (Suárez-Paternina *et al.*, 2015). Del resultado del macerado se tomó una pequeña muestra con la ayuda de un gotero y se colocó sobre el prisma de un refractómetro digital y se realizaron tres lecturas, de las cuales se obtuvo un promedio.

Determinación del valor nutricional. El valor nutricional se determinó para cada especie, y en cada ciclo de evaluación. Durante la poda de los arbustos se recolectaron 500 g de muestra de forraje (hojas y tallos tiernos). Dichas muestras se secaron en una estufa de ventilación forzada a 65 °C durante 72 h. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal, del Centro de Investigación Tibaitatá (Agrosavia) en la ciudad de Mosquera (Cundinamarca), y se les determinó: proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FDN), carbohidratos no es-

tructurales (CNE), energía neta de lactancia (ENL) y digestibilidad (DIG) mediante la técnica de espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRS) de acuerdo con Ariza-Nieto *et al.* (2018).

Análisis estadístico. Para los datos de sólidos solubles, producción de biomasa y calidad nutricional de las especies forrajeras, se realizó un análisis de varianza a través del software estadístico R. V.3.5.1., acompañado de una prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$) para aquellas variables que presentaron diferencias estadísticas.

Resultados y Discusión

En cuanto a calidad nutricional de las especies forrajeras, no se observaron diferencias estadísticas para las fracciones evaluadas (tabla 1).

En las tres arbustivas la proteína se redujo a medida que aumentaba la edad de corte, lo que coincide con Naranjo y Cuartas (2011) quienes encontraron en forrajeras perennes que el contenido de proteína disminuyó gradualmente con la madurez de las plantas.

Los valores de PB en *T. diversifolia* a los 60 días (27,3 %) coinciden con lo informado por Lezcano *et al.* (2012), los cuales encontraron valores de 28,6 %; por otra parte, Cardona-Iglesias *et al.* (2019a) hallaron contenidos de proteína del 18,3 %

Tabla 1. Composición nutricional de las especies forrajeras en distintas edades de corte.

Especie	Edad de corte, días	PB, %	FDN, %	DIG, %	ENL, Mcal kg de MS Ms	CNE, %
<i>T. diversifolia</i>	45	28,1	31,3	77,5	1,6	23,5
	60	27,2	33,1	76,5	1,6	23,1
	75	23,4	37,1	72,5	1,5	23,4
	EE ±	3,0	1,6	2,7	0,06	2,23
	Valor - P	0,546	0,075	0,448	0,453	0,991
<i>S. nigra</i>	45	28,9	26,8	78,8	1,7	30,5
	60	25,7	30,4	77,0	1,6	37,9
	75	25,2	27,3	76,4	1,6	33,5
	EE ±	2,4	1,1	2,07	0,05	2,24
	Valor - P	0,572	1,140	0,703	0,722	0,405
<i>S. pyramidalis</i>	45	28,0	30,6	77,7	1,6	27,5
	60	24,3	32,0	74,9	1,6	29,2
	75	22,9	32,6	74,0	1,5	33,8
	EE ±	1,9	1,5	1,4	0,03	2,39
	Valor-P	0,233	0,684	0,242	0,222	0,738

PB: proteína bruta, FDN: fibra neutro detergente, DIG: digestibilidad, ENL: energía neta de lactancia, CNE: carbohidratos no estructurales.

Medias con letras diferentes en las columnas difieren entre si según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

para *T. diversifolia* a los 75 días, menor a lo encontrado en esta investigación (23,3 %).

En *S. nigra* el mayor valor de PB se observó a los 45 días, seguido del 25,7 % a los 60 días; este último valor coincide con lo informado para el trópico alto andino por Guatusmal-Gelpud *et al.* (2019) en plantas cosechadas a los 60 días.

Para el caso de *S. pyramidalis* se encontró el valor más alto de PB a los 45 días (27,98 %); al respecto Cortés-Jojoa y Ramos-Obando (2018) hallaron valores de 22,7 % de PB, y catalogaron a esta especie como un recurso forrajero con una proteína de buen valor nutricional para las especies pecuarias.

Con respecto a la FDN no se presentaron diferencias significativas para las tres especies; sin embargo, se encontró que aumentó proporcionalmente respecto a la edad de corte. Para *T. diversifolia* la FDN varió entre 31,3 y 37,1 %, lo cual coincide con el reporte de Ápraez *et al.* (2014), sobre la caracterización de *T. diversifolia* a los 75 días (pre floración), donde se encontraron 39 y 41 % de FDN. Cardona-Iglesias *et al.* (2017) hallaron para *T. diversifolia* 39 % de FDN a los 70 días de cosecha, y un valor mayor de fibra a esa edad, respecto a menores edades de cosecha.

Los porcentajes más altos de FDN para *S. nigra* y *S. pyramidalis* respectivamente, se obtuvieron a los 60 y 75 días de corte, respectivamente. Estos valores se encontraron dentro del rango de fibra recomendado en vacas lecheras, el cual estimula la rumia, sin disminuir la tasa de pasaje a nivel ruminal (Medina *et al.*, 2009).

La digestibilidad de la MS indicó un comportamiento homogéneo para las tres arbustivas forrajeras (tabla 1); hubo una relación inversamente proporcional entre la digestibilidad y la edad de corte (a más edad, menor digestibilidad), comportamiento que coincide con lo descrito por Espinoza-Canales *et al.* (2017) quienes afirman que, a mayor edad de la planta, la fracción lignina en la pared celular se hace mayor, lo que reduce la digestibilidad en los pastos y los forrajes. De acuerdo con lo informado por Van Soest (1994), los valores de digestibilidad obtenidos para las especies forrajeras se consideran óptimos, ya que se podría esperar que gran cantidad de fracciones de nutrientes, sean aprovechadas por el animal.

La estimación del contenido de energía neta de lactancia (ENL) y de carbohidratos no estructurales, pueden dar una idea del contenido energético del forraje y de su efecto en la producción de leche (Téllez-Sanabria y Mendoza-Brand, 2014). Las arbustivas

no presentaron diferencias significativas en cuanto a la ENL. Los valores fueron mayores que 1,15 Mcal kg de MS⁻¹ de ENL, que registra en promedio la gramínea base *C. clandestinus* de los sistemas lecheros del trópico alto colombiano (Marais, 2001). Los CNE se consideran como una fuente de energía de rápida disponibilidad para los microorganismos a nivel ruminal; su contenido está relacionado con la utilización de otros nutrientes como la proteína, y con una mayor síntesis de leche (Correa *et al.*, 2019).

El contenido de carbohidratos solubles de los forrajes está determinado por diferentes factores relacionados con la fotosíntesis, la respiración y la distribución de nutrientes y se puede modificar en correspondencia con el estado fisiológico del forraje, siempre y cuando las condiciones climáticas no sean una limitante (Montoya *et al.*, 2004).

La concentración de sólidos solubles para *T. diversifolia*, *S. pyramidalis* y *S. nigra*, a diferentes edades de corte se muestra en la figura 1a, 1b y 1c; en las tres especies el valor numérico más alto de sólidos solubles se registró a los 45 días; sin embargo, no difirió del obtenido a los 75 días; tampoco se encontró diferencia entre los valores a los 75 y 60 días.

El menor valor numérico de sólidos solubles para las tres forrajeras, ocurrió a la edad de 60 días (*T. diversifolia* 7,7; *S. pyramidalis* 5,6 y en *S. nigra* 12,1 %). De manera general las especies demostraron un potencial en concentración de sólidos solubles por encima de las gramíneas utilizadas tradicionalmente para alimentar bovinos en el trópico alto colombiano, como el kikuyo (*C. clandestinus*) para el cual se reportan valores promedio de 2,1 % (Rojo *et al.*, 2011).

Se debe resaltar la especie *S. nigra*, la cual mostró un buen potencial en cuanto a su contenido de sólidos solubles en las tres edades, además esta especie tuvo un contenido alto de ENL (mayor o igual a 1,6 Mcal kg de MS⁻¹ y CNE superior al 30 % en todas las edades (tabla 1). Respecto al óptimo contenido energético de *S. nigra*, Carvajal-Salcedo y Cuesta-Peralta (2016) sostienen que su forraje podría constituir una importante fuente de energía a nivel ruminal, lo que mejoraría la degradación de los carbohidratos estructurales.

En la ganadería del trópico alto y bajo de Colombia los productores utilizan diferentes especies de gramíneas para alimentar a los bovinos y buscan sincronía entre la energía y la proteína de la dieta, que maximice la productividad animal. Suárez-

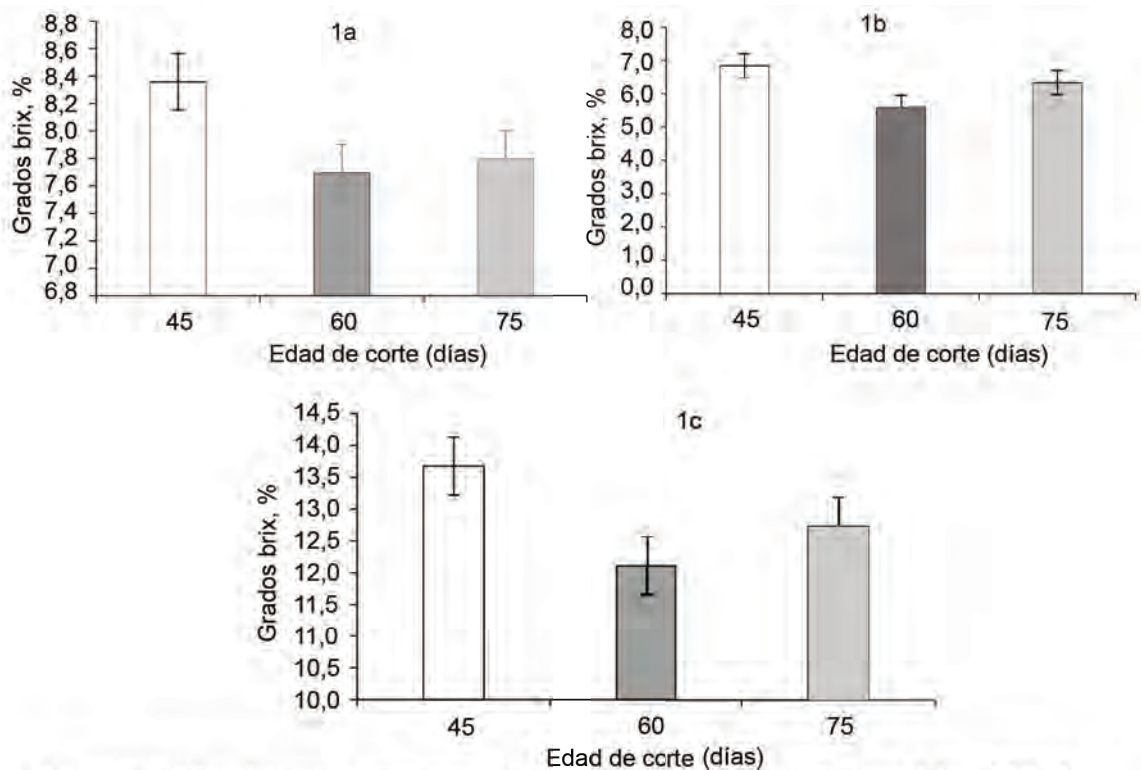


Figura 1. a. Sólidos solubles de *T. diversifolia*, b. Sólidos solubles de *S. pyramidalis*, y c. Sólidos solubles de *S. nigra* evaluados en tres edades de corte.

Barras verticales representan intervalos de confianza al 95 % y letras diferentes muestran diferencias significativas según Tukey ($p < 0,05$).

Paternina *et al.* (2015), en gramíneas del trópico bajo colombiano reportan para especies como *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II, pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) y pasto guinea [*Megathyrsus maximus* (Jacq.) cv. Mombasa] concentraciones de sólidos solubles de 9,0; 8,2 y 7,1 %; respectivamente, valores similares a lo encontrado en este trabajo para *T. diversifolia* (fig. 1a), la cual es una forrajera que se adapta muy bien tanto en el trópico bajo como en el alto (Londoño *et al.*, 2019).

En las figuras 2a, 2b y 2c se puede apreciar el porcentaje de sólidos solubles de *T. diversifolia*, *S. pyramidalis* y *S. nigra*, respectivamente, en tres edades de corte y a diferentes horas del día. Para *T. diversifolia* no hubo diferencia en las horas de muestreo, para las edades de 45 y 60 días y a los 75 días en el horario de las 3:00 p.m. se registró el mayor valor de sólidos solubles ($p < 0,05$).

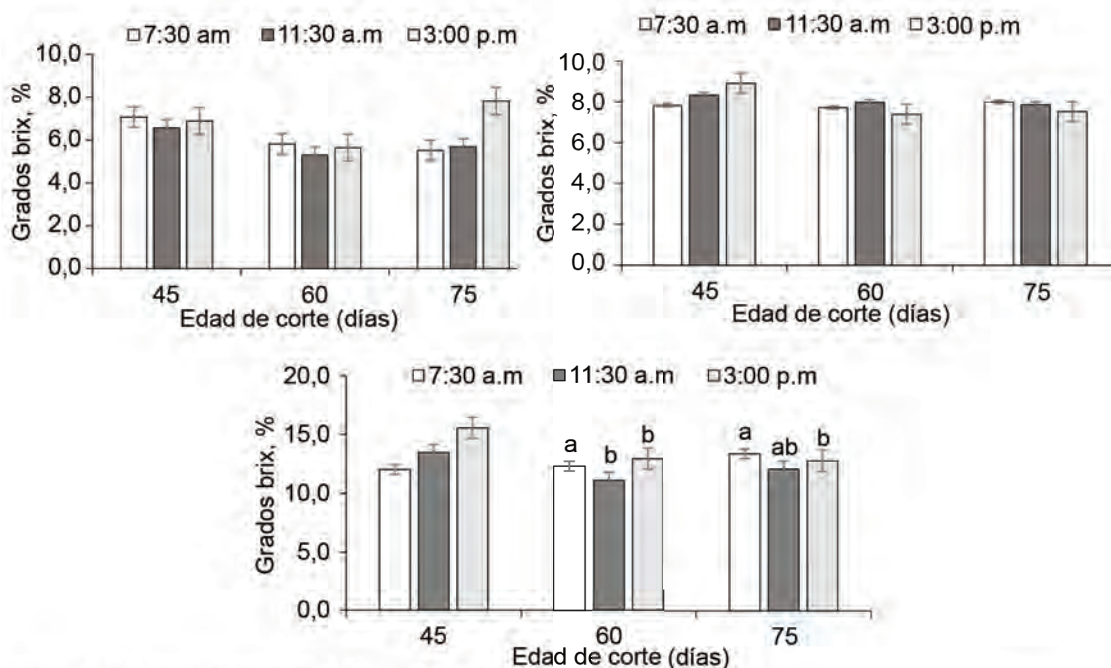
Para *S. pyramidalis* no hubo efecto de la hora de muestreo para ninguna edad de cosecha, y en *S. nigra* no hubo diferencias a los 45 días; sin embargo, a los 60 días se registró la mayor ($p < 0,05$) concentración de sólidos solubles a las 3:00 p.m., y

a la edad de 75 días no hubo diferencia entre los resultados de las 7:30 a.m. y 11:30 a.m., mientras que los sólidos solubles de las 3:00 p.m. difirieron de lo hallado a las 7:30 a.m.

Velásquez *et al.* (2003) no encontraron diferencia al evaluar durante varios horarios del día (6, 9, 12, 15 y 18 h) la concentración de sólidos solubles en gramíneas forrajeras tropicales como *Brachiaria decumbens* Stapf., *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf., *M. maximus* Jacq. y *Paspalum notatum* Flugge. Mientras que Suárez-Paternina *et al.* (2015) encontraron en el pasto *C. nlemfuensis*, mayor cantidad de sólidos solubles en los horarios de muestreo del mediodía y la tarde, comparados con los de la mañana.

Al respecto Arriaga *et al.* (2014) sostienen que la variación de fotosintatos a lo largo del día depende de la tasa fotosintética de la planta; en los días donde la radiación solar es constante (días nublados) se esperaría poca variación en los sólidos solubles, en relación con los días con una marcada radiación solar hacia el mediodía y la tarde.

Según Rojo y Montoya (2011) generalmente la mayor tasa fotosintética en los forrajes se presenta en



horas de la tarde, por lo que los sistemas de pastoreo deberían estar diseñados para que los animales consuman la mayor cantidad de forraje en esos horarios, y así aprovechar un mayor contenido energético de las plantas.

Gaviria *et al.* (2015) plantearon que las forrajeras perennes y las leguminosas se caracterizan por presentar un mayor contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) respecto a las gramíneas; el valor nutricional de este tipo de carbohidratos se debe a que son una fuente energética de rápida disponibilidad para el crecimiento de los microorganismos ruminales (Castillo-Lopez y Domínguez-Ordóñez, 2019). Los carbohidratos no estructurales se relacionan con la concentración de sólidos solubles en la planta (Rojo y Montoya, 2011); en el presente estudio el contenido de CNE (tabla 1) se considera alto (>20 %) para todas las especies forrajeras y es superior al de las pasturas utilizadas tradicionalmente para alimentar bovinos como el kikuyo (*C. clandestinus*) el cual presenta un promedio de CNE de 10,5 % en el trópico alto colombiano (Vargas-Martínez *et al.*, 2018), o como los ryegrass perennes (*Lolium perenne* L.) con CNE de 17 % en el departamento de Nariño, Colombia (Castro-Rincón *et al.*, 2019).

Teniendo en cuenta que una de las principales limitantes en los sistemas ganaderos bovinos del trópico alto colombiano, es el bajo contenido de CNE en las gramíneas, las especies forrajeras leñosas podrían ser una estrategia para mejorar el contenido energético de las dietas, promover un mejor uso de los nutrientes como la proteína en el animal, con lo que se maximiza la productividad y disminuye la emisión de compuestos nitrogenados al medio ambiente (Londoño *et al.*, 2019; Cardona-Iglesias *et al.*, 2019b).

Para la variable contenido de biomasa (kg de forraje verde arbusto) se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en las edades de corte y se observó un incremento de la biomasa a mayor edad de cosecha en las tres arbustivas. A los 75 días *S. pyramidalis* presentó los valores más altos de forraje fresco, con un promedio de 8,8 kg de FV arbusto⁻¹, seguido de *T. diversifolia* y *S. nigra* con valores medios de 5,8 y 2,6 kg de FV arbusto⁻¹, respectivamente (fig. 3).

En un estudio realizado por Guatusmal-Gelpud *et al.* (2020) se encontró a los 8 meses, producciones de *S. pyramidalis* de 5,29 kg y a los 15 meses 17,68 kg de FV planta⁻¹; mientras que, en el presente estudio, con cortes a menor edad se obtuvo un mayor rendimiento para la biomasa verde (4,1; 6,7

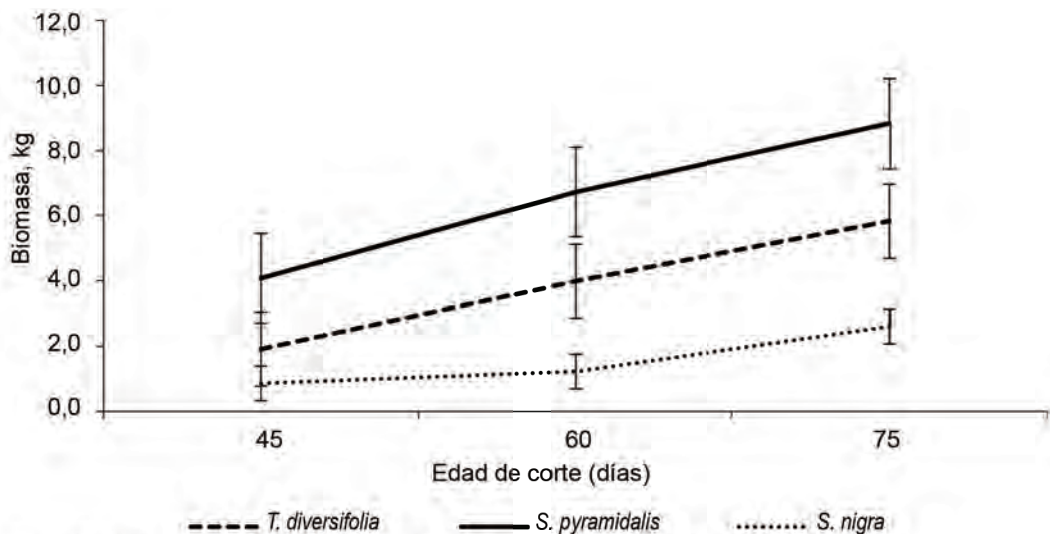


Figura 3. Producción de biomasa de tres arbustivas forrajeras a tres edades de corte.

y 8,8 kg de FV arbusto⁻¹ a edades de 45, 60 y 75 días de corte, respectivamente) y en comparación con las otras especies fue la que presentó un mayor rendimiento.

El rendimiento de *T. diversifolia* en este estudio para la edad de 45 días, fue de 133 t de forraje verde por año, inferior al informado por Nieves *et al.* (2011) que obtuvieron 250 t; el mayor valor de biomasa en otro fue de 2,58 kg (85 días); 1,73 kg (60 días) y 0,82 kg de FV arbusto⁻¹ a los 30 días (Lugo-Soto *et al.*, 2012). En comparación con el estudio anterior, en este trabajo se encontraron valores más altos de producción de forraje verde: 1,9; 4,0 y 5,8 kg de FV arbusto⁻¹, a los 45, 60 y 75 días de corte, respectivamente, y en ambos coincidió que a medida que aumentó la edad de corte, hubo un aumento en la producción de forraje verde.

En este sentido Ruíz *et al.* (2014) afirmaron que *T. diversifolia* en edades entre 70 y 90 días presenta un alto porcentaje de biomasa y además, permite un mayor aprovechamiento de los nutrientes.

S. nigra tuvo un rendimiento de 8 626, 12 260 y 26 077 kg de FV ha⁻¹ por corte a los 45, 60 y 75 días, respectivamente; en un estudio se evaluaron tres edades de cosecha en *S. nigra* (90, 120 y 150 días) y se halló un rendimiento de 18 960, 43 640 y 48 600 kg de FV ha⁻¹, respectivamente; lo que indica que 150 días es la mejor edad de corte por la alta producción de biomasa (FABEGAN, 2015). Sin embargo, Chamorro y Barreto (2005) señalaron que la edad de corte propicia para el *S. nigra* es a los 60 días teniendo en cuenta que la producción de biomasa es de 9,8 t de MS ha⁻¹ año⁻¹ a una distancia de 1 x 1 m.

Conclusiones

Este estudio demostró el potencial nutricional que presentan las especies forrajeras *S. nigra*, *T. diversifolia* y *S. pyramidalis*, debido a su concentración de sólidos solubles, por lo cual podrían ser utilizadas como parte de la dieta de los rumiantes en los sistemas productivos del trópico alto colombiano. Además, se observó una disminución en la concentración de sólidos solubles a medida que aumentó la edad de cosecha en las tres especies.

Agradecimientos

Los autores agradecen 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. También se agradece a los profesionales de investigación adscritos al centro de investigación Obonuco de Agrosavia: Lina Marcela Ríos, Carolina Guatusmal, Martín Valenzuela y Filadelfo Hernández, por su apoyo en la toma de muestras en el campo.

Contribución de los autores

- María Fernanda Urbano-Estrada. Contribuciones sustanciales a la concepción del trabajo; la adquisición, el análisis e interpretación de datos para el trabajo
- Juan Leonardo Cardona-Iglesias. Concepción del trabajo, la toma de datos, el análisis de información y la redacción del documento.

- Edwin Castro-Rincón. La redacción del trabajo, la revisión crítica y el análisis de información..

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Apréaz, E.; Gálvez, A. & Jojoa, C. Valoración nutricional y emisión de gases de algunos recursos forrajeros del trópico de altura. *Rev. Cienc. Agr.* 31 (2):122-134, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.22267/rcia.143101.47>.
- Ariza-Nieto, C.; Mayorga, O. 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>.
- Arriaga, María; Betancourt, A.; Padilla, J.; Rodríguez, E. & Sánchez, J. Evaluación de la adaptación aceptable en las regiones tropicales, de 5 variedades del sorgo dulce (*Sorghum bicolor* L. Moench), y su calidad química para la producción de biocombustible etanol, como alternativa energética. In: M. Ramos and V. Aguilera, eds. *Ciencias Agropecuarias Handbook T-II*. Valle de Santiago, México: ECONFAN, 2014.
- 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. *Revista Científica, FVC-LUZ*. 29 (1):20-23, 2019a.
- Cardona-Iglesias, J. L.; Mahecha-Ledesma, Liliana & Angulo-Arizala, J. Efecto sobre la fermentación *in vitro* de mezclas de *Tithonia diversifolia*, *Cenchrus clandestinum* y grasas poliinsaturadas. *Agron. Mesoam*. 28 (2):405-426, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i2.25697>.
- Cardona-Iglesias, J. L.; Mahecha-Ledesma, Liliana & Angulo-Arizala, J. Estimación de metano en vacas pastoreando sistemas silvopastoriles con *Tithonia diversifolia* y suplementadas con grasas polinsaturadas. *Revista Científica, FVC-LUZ*. 29 (2):107-118, 2019b.
- Carvajal-Salcedo, Teresa & Cuesta-Peralta, Aurora. Conservación y composición nutricional del follaje de sauco (*Sambucus nigra*). *Pastos y Forrajes*. 39 (2):125-132, 2016.
- Castillo-Lopez, E. & Domínguez-Ordóñez, María G. Factores que afectan la composición microbiana ruminal y métodos para determinar el rendimiento de la proteína microbiana. Revisión. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 10 (1):120-148, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4547>.
- 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.
- Chamorro, D. & Barreto, C. *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. Informe técnico proyecto "Desarrollo de alternativas silvopastoriles para sistemas de producción de bovinos de leche en los Altiplanos de Cundinamarca"*. Colombia, 2005.
- Correa, H. J.; Pabón, M. L. & Carulla, J. E. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): II. Contenido de energía, consumo, producción y eficiencia nutricional. *LRRD*. 20 (4). <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corr20061.htm>, 2008.
- Cortes-Jojoa, Kris S. & Ramos-Obando, L. *Caracterización nutricional y antinutricional de algunas especies forrajeras promisorias para alimentación animal en el municipio de Pasto*. Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Especialista en Nutrición Animal Sostenible. Pasto, Colombia: Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2018.
- Escobar, M. *Efecto de la madurez del pasto Kikuyo (Cenchrus clandestinus Hochst. ex Chiov.) sobre la producción de biomasa y la composición nutricional en diferentes altitudes de la provincia de Ubaté*. Tesis de maestría. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2018.
- Espinoza-Canales, A.; Gutiérrez-Bañuelos, H.; Sánchez-Gutiérrez, R. A.; Muro-Reyes, A.; Gutiérrez-Piña, F. J. & Corral-Luna, A. Calidad de forraje de canola (*Brassica napus* L.) en floraciones temprana y tardía bajo condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 8 (3):243-248, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4501>.
- FABEGAN. *Evaluación arbórea y efecto de la utilización de sauco como sustituto parcial de alimento balanceado comercial en vacas lechera. Informe Proyecto Ganadería Sostenible*. Colombia: Federación de Ganaderos de Boyacá, 2015.
- Gallego-Castro, L. A.; Mahecha-Ledesma, Liliana & Angulo-Arizala, J. Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agron. Mesoam*. 25 (2):393-403, 2014. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v25i2.15454>.
- Gaviria, Xiomara; Rivera, J. E. & Barahona, R. Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros

- de un sistema silvopastoril intensivo. *Pastos y Forrajes*. 38 (2):194-201, 2015.
- 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>.
- Holdridge, L. R. *Life zone ecology*. San José, Costa Rica: Tropical Science Center, 1996.
- Lezcano, Yohanka; Soca, Mildrey; Ojeda, F.; Roque, E.; Fontes, Dayami; Montejo, í. L. *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. *RECIA*. 11 (1), 2019. DOI: <https://doi.org/10.24188/recia.v0.n0.2019.693>.
- López, J. & Santamaría, S. *Evaluación de la producción de biomasa de tres especies forrajeras en un banco de proteína en el C.I. Obonuco, municipio de Pasto*. Tesis de grado. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 2003.
- Lugo-Soto, María E.; Molina, Francelina; González, I.; González, J. & Sánchez, E. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de materia seca y proteína cruda de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Zootecnia tropical*. 30:317-325, 2012.
- Marais, J. P. Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) a review. *Trop. Grasslands*. 35:65-84, 2001.
- Medina, María G.; García, D. E.; González, Miriam E.; Cova, L. J. & Moratinos, P. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia tropical*. 27 (2):121-134, 2009.
- Montoya, N. F.; Pino, I. D. & Correa, H. J. Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 17 (3):241-249, 2004.
- Mora-Delgado, J.; Romero, Johanna & Zamora, Lenda. Viabilidad financiera de modelos de manejo de rumiantes en sistemas silvopastoriles con y sin suplementación estratégica. *Agrofor. Neotrop.* 4:52-60, 2014.
- Naranjo, J.F. & Cuartas, C. A. 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. *Ces. Med. Vet. Zootec.* 6 (1):9-19, 2011.
- Nieves, D.; Terán, O.; Cruz, L.; Mena, María; Gutiérrez, Fanny & Ly, J. Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14 (1):309-314, 2011.
- Rojo, J. & Montoya, J. *Más nutritivo en la mañana*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2011.
- Rojo, J.; Montoya, J. & Sierra, J. *Más nutritivo en la tarde 2 parte*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2011.
- Ruíz, T. E.; Febles, G. J.; Galindo, Juana L.; Savón, Lourdes L.; Chongo, Bertha B.; Torres, Verena *et al.* *Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 48 (1):79-82, 2014.
- Suárez-Paternina, E.; Reza-García, S.; Cuadrado-Capella, H.; Pastrana-Vargas, I.; Espinosa-Carvajal, M. & Mejía-Kerguelén, S. Variación en la concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas en época seca en el valle medio del río Sinú. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 16 (2):181-188, 2015. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num2_art:367.
- 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.
- Van Soest, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca, London: Cornell University Press, 1994.
- 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. DOI: <https://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.13.2.4>.
- Velásquez, C.; Sierra, J. O. & León, F. Validación de una metodología para determinar en campo el contenido de carbohidratos solubles en especies forrajeras. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 16:29, 2003.
- Villalobos, L. & Sánchez, J. Ml. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass Perenne Tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agron. Costarric.* 34 (1):43-52, 2010.