

Calidad nutricional de cinco gramíneas asociadas a *Lotus uliginosus* Schkuhr en el trópico alto de Colombia

Nutritional quality of five grasses associated to *Lotus uliginosus* Schkuhr in the high tropic of Colombia

Edwin Castro-Rincón¹ <https://orcid.org/0000-0001-9841-8242>, Juan Evangelista Carulla-Fornaguera² <https://orcid.org/0000-0002-8854-1850> y Edgar Alberto Cárdenas-Rocha² <https://orcid.org/0000-0002-4279-844X>

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, AGROSAVIA, Nariño, Colombia. ²Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: ecastro@agrosavia.co, jecarulla@unal.edu.co, ecardenasr@unal.edu.co

Resumen

Objetivo: Evaluar la calidad nutricional y la aceptabilidad de cinco gramíneas para clima frío: *Holcus lanatus* (L), *Bromus catharticus* (Vahl), *Festuca arundinacea* (Schreb), *Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov (naturalizado), *Dactylis glomerata*, asociadas con *Lotus uliginosus* (Schkuhr) en el trópico alto de Colombia.

Materiales y Métodos: El trabajo se realizó en el Centro Agropecuario Marengo, de la Universidad Nacional de Colombia. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con arreglo de franjas divididas. Se tuvo en cuenta la asociación y la edad de rebrote de 45 y 70 días. Se analizó la calidad nutricional de cada accesión: proteína bruta, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido y digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Luego de un año de establecimiento, se realizó una prueba de cafetería con novillas (300 kg de peso vivo) para calcular el índice de aceptabilidad relativa.

Resultados: Se destacaron por su alto contenido de proteína bruta ($p < 0,01$): *C. clandestinum* (naturalizado), *D. glomerata* y *F. arundinacea* asociadas, en comparación con las otras gramíneas y el testigo puro. En general, todas las muestras de *L. uliginosus* presentaron buen contenido nutricional, con altos valores de proteína (26,5 %) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (68,6 %), especialmente.

Conclusiones: La asociación que presentó el mayor índice de aceptabilidad relativo fue *C. clandestinus* (naturalizado), siendo también la de mejor contenido de PB y digestibilidad. Se destacó *F. arundinacea* como el material promisorio para el establecimiento en asociaciones con leguminosas, debido a su alta calidad nutricional y compatibilidad con la leguminosa.

Palabras clave: forrajes, leguminosas, calidad de los alimentos, aceptabilidad

Abstract

Objective: To evaluate the nutritional quality and acceptability of five cold-climate grasses: *Holcus lanatus* (L), *Bromus catharticus* (Vahl), *Festuca arundinacea* (Schreb), *Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov (naturalized), *Dactylis glomerata*, associated with *Lotus uliginosus* (Schkuhr) in the high tropic of Colombia.

Materials and Methods: The work was conducted in the Marengo Agricultural Center, of the National University of Colombia. A randomized block design was used, with split-plot arrangement. The association and regrowth age of 45 and 70 days was taken into consideration. The nutritional quality of each accession was analyzed: crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber and *in vitro* dry matter digestibility. After one year of establishment, a cafeteria test was carried out with heifers (300 kg of live weight) to calculate the relative acceptability index.

Results: Due to their high crude protein content, associated *C. clandestinum* (naturalized), *D. glomerata* and *F. arundinacea*, stood out ($p < 0,01$), compared with the other grasses and the pure control. In general, all the samples of *L. uliginosus* showed good nutritional content, with high values of protein (26,5 %) and *in vitro* dry matter digestibility (68,6 %), especially.

Conclusions: The association that showed the highest relative acceptability index was *C. clandestinus* (naturalized), being also the one with the best CP content and digestibility. *F. arundinacea* stood out as the promising material for the establishment in associations with legumes, due to its nutritional quality and compatibility with the legume.

Keywords: forages, legumes, feed quality, acceptability

Introducción

Desde la perspectiva de la investigación, en la selección de forrajes óptimos para cada ecosistema se evalúa la calidad nutricional, como suplementario

de la producción de biomasa, la fenología, la adaptación y la aceptabilidad por parte de los animales (Enciso *et al.*, 2019; Portillo-López *et al.*, 2019).

Recibido: 18 de octubre de 2020

Aceptado: 17 de marzo de 2021

Como citar este artículo: Castro-Rincón, Edwin; Carulla-Fornaguera, Juan Evangelista & Cárdenas-Rocha, Edgar Alberto. Calidad nutricional de cinco gramíneas asociadas a *Lotus uliginosus* Schkuhr en trópico alto de Colombia. *Pastos y Forrajes*. 44:eE07, 2021.

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.

Cuando se hace selección de forrajes, no es lo mismo evaluar gramíneas puras que asociadas a una leguminosa. En estas últimas, se puede observar el efecto de la leguminosa acompañante en las variables de las gramíneas objeto de evaluación, sea en la producción o en su calidad (Lok-Mejías *et al.*, 2017; Momberg *et al.*, 2017).

Por medio de este análisis se pueden seleccionar especies de gramíneas susceptibles de mezclar adecuadamente con leguminosas, y que ofrecen características nutricionales deseables, complementarias con la aceptabilidad relativa por parte del animal, a partir de la premisa de que el valor nutricional de un forraje es producto de su calidad y de su aceptabilidad relativa (Arcos-Álvarez *et al.*, 2019; Portillo-López *et al.*, 2019).

En investigaciones en forrajes para clima frío se han realizado trabajos como el de Jaime (2002), quien evaluó exploratoriamente las especies encontradas en la Unidad de Recursos Genéticos Forrajeros de la Universidad Nacional de Colombia, en el Centro Agropecuario Marengo (CAM), en Mosquera, Cundinamarca. Este autor demostró que existen gramíneas que, por su adaptación y producción de biomasa, serían materiales de potencial evaluación para su uso posterior en la alimentación animal.

Portillo-López *et al.* (2019) realizaron trabajos que incluyeron en las evaluaciones a *Lolium multiflorum* Lam, anual y bianual, *Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov; las leguminosas *Trifolium repens* L., *Trifolium pratense* L., *Vicia sativa* L. y las rastreiras, no leguminosas *Cichorium intybus* L. y *Plantago major* L. Durante los períodos de altas y bajas precipitaciones, e *L. multiflorum* aubade e italiano; los cultivares perennes falsa poa, columbia y boxer; la leguminosa *V. sativa*, y las rastreiras no leguminosas *C. intybu* y *P. major* mostraron en las localidades evaluadas los mejores valores de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y extracto libre de nitrógeno (ELN).

Como alternativa, se ha planteado también la evaluación de la leguminosa *Lotus uliginosus* Schkuhr que, ante otras leguminosas, como *Medicago sativa* L., presenta ventajas por su adaptación a suelos ácidos e infértiles, alta producción de biomasa aérea, altos contenidos de proteína y, además, presencia de taninos en niveles favorables para la digestión de proteína (García-Bonilla *et al.*, 2015; Santacoloma-Varón, 2017). Estas características perfilan a esta leguminosa con potencialidades para su uso en sistemas de producción lechera en el trópico alto andino de Colombia.

A partir de estas razones, el objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad nutricional y aceptabilidad de cinco gramíneas para clima frío: *Holcus lanatus* (L), *Bromus catharticus* (Vahl), *Festuca arundinacea* (Schreb), *Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov (naturalizado), *Dactylis glomerata*, asociadas con *Lotus uliginosus* (Schkuhr) en Colombia.

Materiales y Métodos

Localización del estudio. El trabajo se realizó durante el año 2004, en el Centro Agropecuario Marengo, ubicado en la vereda San José, municipio de Mosquera, Cundinamarca, Colombia. El municipio está localizado a 4° 42' de latitud norte y 74° 12' de longitud oeste.

Condiciones edafoclimáticas. Su altitud corresponde a 2 650 msnm, con temperatura promedio de 13 °C, fluctuaciones entre 0 y 20 °C y presencia de heladas en enero, febrero y principios de agosto. La precipitación anual promedio es de 528,9 mm, con distribución bimodal de dos períodos lluviosos: uno entre abril y mayo, y otro desde septiembre hasta noviembre. La región clasifica como zona de vida de bosque seco montano bajo (Holdridge, 1982). Se consideró como período de altas precipitaciones los meses con precipitación promedio igual o superior a 50 mm (octubre, marzo, abril y mayo) y período de bajas precipitaciones, aquellos meses en los que no se registró, por lo menos, 50 mm de precipitación como promedio (enero, febrero y junio).

Tratamientos y diseño experimental. En una primera fase, se usaron 11 materiales de gramíneas asociadas a la leguminosa *L. uliginosus*, los que se evaluaron en cuanto a adaptación, producción y aceptabilidad relativa con bovinos. A partir de dicha evaluación, se seleccionaron los cinco mejores materiales de gramíneas: *H. lanatus*, *B. catharticus* var. Banco, *F. arundinacea* var. Festorina, *Cenchrus clandestinus* (naturalizado), *D. glomerata* var. knaulgrass, asociados con la leguminosa *L. uliginosus*, y un control puro *C. clandestinus* (naturalizado). Los materiales se seleccionaron en la Unidad de Recursos Genéticos Forrajeros (URGF) de la Universidad Nacional de Colombia, por su mayor adaptación y producción de biomasa aérea. Se aplicó un diseño de bloques al azar con arreglo de franjas divididas. Cada parcela constituyó la unidad experimental, que contenía cada accesión, y la franja la época de corte (45 y 70 días). Se reunieron, en total, seis materiales de gramíneas, y cinco de ellas asociadas con *L. uliginosus*. De las

seis parcelas establecidas para el experimento, cada una contó con tres repeticiones. Las evaluaciones se realizaron en época de altas (octubre, marzo, abril y mayo) y bajas precipitaciones (enero, febrero y junio).

Procedimiento experimental. Las evaluaciones se realizaron a edad de rebrote de 45 y 70 días. Se establecieron estas edades porque, en los actuales sistemas productivos del trópico alto andino colombiano, 70 días es el rebrote que más se emplea para pastorear *L. multiflorum* en la región, y 45 días es el rebrote que se considera óptimo para la cosecha en esta zona (Correa *et al.*, 2016).

Variables evaluadas. Para cada asociación se evaluó la aceptación con novillas Holstein (300 kg de peso promedio) en 12 parcelas y se estimó el índice de aceptabilidad relativa (IAR) utilizado por Maass *et al.* (1999). Para ello se realizaron observaciones cada cinco minutos, entre las 8:30 a.m. y 3:30 p.m., durante dos días en cada repetición. Se concibió la primera como acostumbamiento. Con el resultado de las observaciones se calculó el IAR para cada accesión, dividiendo la frecuencia de pastoreo observada en cada accesión específica por el total de las frecuencias de pastoreo, relativo al total de accesiones incluidas. Esto es:

$$\text{IAR} = \frac{\text{Consumo accesión}}{\frac{\text{Consumo todas accesiones/Repetición}}{\text{No de accesiones}}}$$

Para los mejores materiales se determinó la calidad nutricional. Se tomó para ello una submuestra de 200 g, a la que se le analizó: proteína bruta (PB) según AOAC (2016), fibra detergente neutro (FDN) por Van Soest (1963) y fibra detergente ácido (FDA) por Van Soest (1963) y fibra detergente ácido (FDA) por la metodología de Van Soest *et al.* (1991) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) a través del método Tilley y Terry (1963). Se uniformizaron las parcelas, al finalizar los cortes de producción (1 año post-establecimiento) y a los 45 días de rebrote en la época de bajas precipitaciones.

Análisis estadístico. Las variables de calidad nutricional PB, FND, FDA y DIVMS se analizaron mediante el programa GLM/ANOVA (SAS, 2009), mientras que el IAR se mostró como el valor absoluto obtenido. La comparación de medias se realizó por la prueba de Tukey.

Resultados y Discusión

Para las 12 parcelas, al rebrote de 45 días, el IAR varió de 0,43 a 1,82 entre asociaciones, y sobresalieron *F. arundinacea* (1,82) y *C. clandestinus* (1,76), siendo altamente aceptables estas asociaciones, no fue así para 50 % de ellas (IAR < 1,0). Las asociaciones de menor aceptabilidad fueron *F. pratense*, *H. lanatus* y *P. pratense*, con valores de 0,43; 0,45 y 0,46, respectivamente (tabla 1). Esto se puede asociar a la alta proporción de leguminosa en estas asociaciones.

En estudio realizado por Leep *et al.* (2002) se observaron resultados similares, al evaluar la aceptabilidad

Tabla 1. Índice de aceptabilidad relativa (IAR) de novillas en pastoreo de accesiones de gramíneas asociadas a *L. uliginosus* y una accesión de gramínea pura.

Accesión	Índice de aceptabilidad relativa
<i>C. clandestinus</i> (naturalizado control puro)	1,46
<i>B. catharticus</i>	0,74
<i>F. rubra</i>	0,47
<i>D. glomerata</i>	0,94
<i>F. arundinacea</i>	1,82
<i>P. pratense</i>	0,46
<i>C. clandestinus</i> (int)	1,42
<i>A. odoratum</i>	1,35
<i>H. lanatus</i>	0,45
<i>D. glomerata</i> (var Knuaulgrass)	0,71
<i>F. pratense</i>	0,43
<i>C. clandestinus</i> (naturalizado)	1,76
Promedio	1,00
Desviación estándar ±	0,58

de mezclas de gramíneas con *L. uliginosus*. Estos autores encontraron que la mezcla con *F. arundinacea* fue la más aceptada por los animales, en términos de porcentaje de utilización de la pastura, con valores de hasta 50 y 54 %, con respecto al 13 y 15 % obtenido en otras mezclas. También se asemejan a otro trabajo que evaluó la aceptación y la producción de leche, y donde se registraron buenos consumos para *F. arundinacea* e incrementos en producción de leche de hasta 20 % (Roca-Fernández *et al.*, 2016). También se debe tener en cuenta que, en otros casos, se reporta bajo consumo de *F. arundinacea* por poca preferencia, sobre todo en ovejas (Cougnon *et al.*, 2018).

Calidad nutricional. En la época de altas precipitaciones no se presentaron diferencias entre gramíneas en el contenido de PB, a los 45 días de rebrote, con promedio de 15,1 %. Mientras, a los 70 días de rebrote, se constataron diferencias entre gramíneas ($p < 0,01$), con promedio de 12,0 % (tabla 2).

Se destaca entre todas las gramíneas, el contenido de PB en el *C. clandestinus* (naturalizado) a los 45 y 70 días de rebrote, con 17,3 y 14,3 % respectivamente (tabla 2). Sin embargo, Portillo-López *et al.* (2019) refirieron valores superiores, con contenido de PB de 23,3 % en la localidad de Pasto y 18,7 % en Sapuyes, Nariño, Colombia, en época de altas precipitaciones. Jaime (2002) informó para *C. clandestinus*, a 45 días de rebrote, 21,5 % de PB, valor más alto que el registrado en el presente estudio.

En la leguminosa acompañante, el contenido de PB no varió entre las edades de rebrote, pero sí entre las épocas ($p < 0,01$), con promedio general entre asociaciones de 26,1 y 24,0 % en época de altas precipitaciones, a los 45 y 70 días de rebrote. Para el contenido de PB en la leguminosa, se hallaron valores entre 21,7 y 30,8 %. Se destaca la asociación con *C. clandestinus* (naturalizado), con valores de PB de 30,8 y 29,1%, a los 45 y 70 días (tabla 3).

Tabla 2. Calidad nutricional de cinco gramíneas asociadas a *L. uliginosus*, al corte de 45 días y 70 días, durante la época de altas precipitaciones en Mosquera, Cundinamarca.

Material/días de rebrote	PB		FDN		FDA		DIVMS	
	45	70	45	70	45	70	45	70
<i>C. clandestinus</i> (naturalizado control puro)	16,6	14,2 ^a	59,3 ^{ab}	57,8 ^{ab}	27,2 ^c	29,4 ^b	64,6	62,3 ^{ab}
<i>D. glomerata</i>	14,9	11,6 ^{ab}	52,9 ^c	57,3 ^{ab}	34,5 ^a	34,2 ^a	58,9	65,7 ^a
<i>F. arundinacea</i>	15,9	12,2 ^{ab}	54,2 ^c	52,0 ^c	31,6 ^b	34,8 ^a	69,5	63,8 ^{ab}
<i>H. lanatus</i>	13,1	10,0 ^b	60,2 ^a	60,7 ^a	34,0 ^{ab}	34,3 ^a	62,1	58,4 ^c
<i>B. catharticus</i>	12,8	10,2 ^b	56,0 ^{bc}	56,5 ^b	34,7 ^a	34,3 ^a	68,1	61,6 ^{bc}
<i>C. clandestinus</i> (naturalizado)	17,3	14,3 ^a	59,6 ^a	59,8 ^{ab}	27,2 ^c	26,8 ^c	68,7	62,4 ^{ab}
EE ±	1,49	0,55	0,66	0,7	0,78	0,36	0,8	10,32
Valor - P	0,07	0,0003	0,0002	0,0001	0,00001	0,00002	0,08	0,004

Letra minúscula corresponde a significancia entre promedios de gramínea

Medias seguidas por letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0,05$), según prueba de Tukey

Tabla 3. Calidad nutricional de *L. uliginosus* asociado a gramíneas, al corte de 45 días y 70 días, durante la época de altas precipitaciones.

Material/días de rebrote	PB		FDN		FDA		DIVMS	
	45	70	45	70	45	70	45	70
<i>D. glomerata</i> + <i>L. uliginosus</i>	26,6 ^{ab}	24,0 ^{ab}	38,0 ^b	40,2 ^b	24,2 ^b	24,9 ^d	64,4 ^d	61,9 ^{b1}
<i>F. arundinacea</i> + <i>L. uliginosus</i>	26,6 ^{ab}	22,5 ^b	34,6 ^c	42,2 ^a	23,2 ^c	25,3 ^d	71,6 ^a	60,2 ^c
<i>H. lanatus</i> + <i>L. uliginosus</i>	22,9 ^b	23,1 ^{ab}	39,0 ^a	40,3 ^b	22,3 ^c	26,9 ^a	67,0 ^c	70,4 ^a
<i>B. catharticus</i> + <i>L. uliginosus</i>	23,3 ^b	21,7 ^b	38,9 ^{ab}	41,9 ^a	25,4 ^a	28,8 ^a	60,3 ^c	58,7 ^c
<i>C. clandestinus</i> (naturalizado) + <i>L. uliginosus</i>	30,8 ^a	29,1 ^a	35,2 ^c	35,1 ^c	16,6 ^d	26,0 ^c	68,8 ^a	65,4 ^{ab}
EE ±	1,19	2,07	0,12	0,048	0,013	0,046	0,006	1,3
Valor - P	0,0002	0,03	0,0002	0,002	0,00001	0,00002	0,00006	0,004

Letra minúscula corresponde a significancia entre promedios de leguminosa

Medias seguidas por letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0,05$), según prueba de Tukey

En época de bajas precipitaciones, a los 45 días de rebrote, las gramíneas no presentaron diferencias significativas, con un promedio general de 14,4 %. En tanto, a los 70 días, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,01$) con promedio general de 13,0 %. Entre todas las gramíneas, se destacó el contenido de PB en *C. clandestinus* (naturalizado), a los 70 días de rebrote, con 16,4 % (tabla 4).

Estos valores resultan inferiores o similares a los informados por Correa *et al.* (2016), quienes refirieron contenido de PB de 19,2 y 14,5 % para esta especie en sistemas de monocultivo, a los 45 y 79 días de rebrote. Resultan también semejantes a los que obtuvieron Portillo-López *et al.* (2019), cuando informaron contenido de PB de 18,7 % en la localidad de Pasto y de 19,0 % en Sapuyes Nariño, Colombia, en época de bajas precipitaciones. Flórez-Gómez y Correa (2017) señalaron para estas especies contenido de PB de 20,3 % en la época seca como en la lluviosa.

Quiroga y Barreto (2002), cuando evaluaron la calidad nutricional de *C. clandestinus*, a frecuencias de 45 y 75 días, en épocas de máxima y mínima precipitación, obtuvieron valores entre 12,6 y 17,9 % en el contenido de PB, los que resultan también muy similares a los registrados en este estudio. En esta misma línea de investigación, Correa *et al.* (2018) al evaluar la altura residual y su relación con la calidad nutricional de *C. clandestinus*, concluyeron que *L. multiflorum* mejora su calidad y producción hasta los 35 días de rebrote, cuando deja un remanente en el pastizal de 15 cm. En este estudio, en la leguminosa acompañante, el contenido de PB no varió entre las edades de rebrote, pero sí entre las épocas, con promedio general entre asociaciones de

28,1 y 28,1 %, a los 45 y 70 días, respectivamente, en la época de bajas precipitaciones.

Para el contenido de PB en la leguminosa, se registraron valores que variaron entre 26,7 y 30,6 %, de acuerdo con la gramínea con la que estuvo asociada ($p < 0,01$). Se destacó la asociación con *C. clandestinus* (naturalizado), con valores de PB de 30,0 y 30,6 %, a los 45 y 70 días (tabla 5), siendo en general alto el contenido, si se compara con estudios realizados para esta misma leguminosa y para *M. sativa*.

Para las gramíneas, durante las épocas de bajas y altas precipitaciones, el contenido de PB fue mayor al rebrote de 45 días con respecto al de los 70. Al comparar los dos periodos, hubo mayor contenido promedio en el de altas precipitaciones, aunque sin diferencias significativas entre asociaciones.

Los contenidos de FDN y FDA en las gramíneas, a los 70 días, fueron mayores con respecto a los 45 días de rebrote, con 57,3 y 59,9 % para las épocas de altas y bajas precipitaciones, respectivamente. Los valores más bajos se obtuvieron en las gramíneas *D. glomerata*, *F. arundinacea* y *C. clandestinus* naturalizado como control puro, con contenidos de 57,3 y 52; 57,3 y 55,1; 59,7 y 59,7%, respectivamente. Esto concuerda con los altos valores registrados en el contenido de DIVMS: 65,7 y 63,8; 62,3 y 54,2; 57,4 y 71,2; respectivamente (tabla 2 y 3).

Los resultados de esta investigación estuvieron en correspondencia y, en algunos casos, resultaron superiores a los que informaron Castro *et al.* (2008). Estos autores evaluaron dos pasturas: una mezcla de *C. clandestinus* y *F. arundinacea*, con contenidos de FDN, FDA y DIVMS de 59,1 y 28,9; 65,7 y 58,6; 34,3 y 65,6 respectivamente, y una mezcla de

Tabla 4. Calidad nutricional de cinco gramíneas asociadas a *L. uliginosus*, al corte de 45 días y 70 días, durante la época de bajas precipitaciones.

Material/días de rebrote	PB		FDN		FDA		DIVMS	
	45	70	45	70	45	70	45	70
<i>C. clandestinus</i> (naturalizado control puro)	14	15,9 ^a	62,5	59,7	31,5	29,5 ^b	64,8	71,2 ^a
<i>D. glomerata</i>	15,5	13,8 ^{ab}	53,2	55,1	34,7	35,2 ^{ab}	64	54,2 ^c
<i>F. arundinacea</i>	15,1	12,1 ^{ab}	54,9	59,7	35,7	37,1 ^b	67,6	57,4 ^{bc}
<i>H. lanatus</i>	13,6	10,1 ^b	61,9	65,4	34,9	39,6 ^a	61,8	56,6 ^{bc}
<i>B. catharticus</i>	13,1	9,7 ^b	57,9	60,3	35,7	40,0 ^a	66,4	67,9 ^a
<i>C. clandestinus</i> (naturalizado)	15	16,4 ^a	62,6	59,6	29,3	28,8 ^b	62,5	62,1 ^b
EE ±	0,41	1,2	8,05	4,95	8,94	2,40	15,48	1,81
Valor - P	0,07	0,0003	0,09	0,08	0,07	0,002	0,08	0,0004

Letra minúscula corresponde a significancia entre promedios de gramínea

Medias seguidas por letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0,05$), según prueba de Tukey

Tabla 5. Calidad nutricional de *L. uliginosus* asociado a gramíneas, al corte de 45 y 70 días, durante la época de bajas precipitaciones en Mosquera, Cundinamarca.

Material/días de rebrote	PB		FDN		FDA		DIVMS	
	45	70	45	70	45	70	45	70
<i>D. glomerata</i> + <i>L. uliginosus</i>	27,8	28,4	29,0 ^b	36,3 ^a	22,2 ^a	20,9 ^{bc}	74	70,1 ^{ab}
<i>F. arundinacea</i> + <i>L. uliginosus</i>	27,6	28,7	34,8 ^a	25,4 ^d	19,0 ^b	24,0 ^a	72,7	74,7 ^{ab}
<i>H. lanatus</i> + <i>L. uliginosus</i>	26,7	26,6	27,3 ^c	28,2 ^c	18,9 ^b	21,5 ^b	70,9	76,8 ^a
<i>B. catharticus</i> + <i>L. uliginosus</i>	28,6	26	29,2 ^b	33,4 ^b	19,4 ^b	20,3 ^c	68,3	72,9 ^{ab}
<i>C. clandestinus</i> (naturalizado) + <i>L. uliginosus</i>	30	30,6	27,0 ^c	36,9 ^a	20,0 ^b	24,2 ^a	75,7	67,6 ^b
EE ±	1,85	1,15	0,009	0,05	0,075	0,111	9,24	3,61
Valor - P	0,06	0,09	0,0002	0,002	0,0001	0,0002	0,1	0,004

Letra minúscula corresponde a significancia entre promedios de leguminosa

Medias seguidas por letras iguales en la misma columna no son significativamente diferentes ($p < 0,05$), según prueba de Tukey

F. arundinacea y *L. uliginosus*, con contenidos de FDN, FDA y DIVMS de 58,3 y 34,2; 66,4 y 38,7; 23,9 y 68,9 respectivamente.

Sleugh *et al.* (2000) hallaron contenidos de PB de 18,3 % en *L. uliginosus* y de 18,1 % en *M. sativa*. Jaime (2002) también evaluó leguminosas de clima frío, como *T. pratense*, *M. sativa*, *T. repens* y *L. uliginosus*, y encontró en las dos últimas los contenidos más altos de PB de 27,9 y 27,8 %, respectivamente. Santacoloma-Varón (2017) evaluó la calidad nutricional de *L. uliginosus*, y concluyó que responde muy bien a la biofertilización, con contenido de PB de 22 %. Del mismo modo, Murillo (2003) informó valores de PB entre 18,9 y 21,8 % para *L. uliginosus* con distintos orígenes geográficos. Este autor corroboró que *L. uliginosus* se considera una leguminosa forrajera de trópico alto, tan importante como *M. sativa*. Además, la inclusión de *L. uliginosus* en la alimentación de rumiantes se asocia a una disminución de 16 a 25 % en las emisiones de metano por unidad de MS consumida (Christensen *et al.*, 2017; Narváez-Herrera, 2017).

En la Sabana de Bogotá, Quiroga y Barreto (2002) registraron en *C. clandestinus* fertilizado con compost 72 % de DIVMS, 67,4 % de FDN y 35,5 % de FDA a los 45 días de rebrote, en época de máxima precipitación. En tanto que, a los 75 días, obtuvieron 75,9; 62,5 y 36,3 % de DIVMS, FDN y FDA, respectivamente.

Correa *et al.* (2018) refirieron contenidos de FDN que variaron de 59,55, a los 14 días de rebrote, a 62,7 % a los 35 días. Asimismo, Jaime (2002) halló para gramíneas de clima frío, cosechadas a 45 días, contenidos promedio de FDN (55,3 %); FDA (36,9 %) y DIVMS (70,9 %) que coinciden con aquellos valores que más se destacaron en las asociaciones evaluadas en esta investigación.

A su vez, Burns y Chamblee (2000a) informaron para *F. arundinacea* 56 y 71,7 % de FDN y DIVMS, respectivamente, a 60 días de rebrote, en invierno. Burns y Chamblee (2000b), también para *F. arundinacea*, obtuvieron 51,5 y 64,2 % de FDN y DIVMS, respectivamente, a los 60 días, en verano.

Naydenova y Vasileva (2016) informaron en *D. glomerata* 56,0 y 29,6 % de FND y FDA, respectivamente, en pasturas puras y en asociación con *Trifolium subterraneum* L. En Turquía, Tenikecier y Ates (2019) evaluaron *D. glomerata* a diferentes alturas sobre el nivel del mar, y registraron 36,49 % de FDA y 65,2 % de FDN, a 35 días, a baja altitud.

La DIVMS, en gramíneas, generalmente fue mayor a los 45 días, en época de alta como de bajas precipitaciones ($p < 0,05$). En tanto, en las leguminosas, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,01$) entre épocas, siendo mayor la DIVMS durante las altas precipitaciones. Con respecto a la edad de rebrote, a los 70 días, la DIVMS fue menor con respecto a los 45 días, con 63,3 y 66,4 % respectivamente. Esto concuerda con el contenido de FDN (39,9 y 37,1 %) y FDA (31,5 y 22,3 %), para los 70 y 45 días de rebrote, respectivamente.

Para la leguminosa, los contenidos de FDN, FDA y DIVMS registrados en este estudio (34,6; 22,7 y 68,6 %, respectivamente) fueron mejores que los referidos por otros autores, como Jaime (2002), quien informó 34,8; 24,6 y 75 % de FDN, FDA y DIVMS, respectivamente. En tanto, Peiretti *et al.* (2016) señalaron 36,2 y 29,7 % de FDN y FDA en *L. corniculatus* y *T. repens*, respectivamente.

Conclusiones

Por su alto contenido de proteína, se destacaron las gramíneas *C. clandestinus* (naturalizado), *D. glomerata*

y *F. arundinacea*. *L. uliginosus*, lo que confirma la idea de que se trata de una especie promisoría para los sistemas de producción de leche en Colombia.

La asociación que presentó el mayor IAR fue *C. clandestinus* (naturalizado), siendo también la de mejor contenido de PB y digestibilidad. Se destacó *F. arundinacea* como el material promisorio para el establecimiento en asociaciones con leguminosas, debido a su alta calidad nutricional y compatibilidad con la leguminosa.

Se deben realizar más investigaciones enfocadas a identificar especies que sobresalgan por su adaptación al medio, producción de biomasa, persistencia, calidad nutricional y, finalmente, aceptabilidad por parte de los animales.

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, por la financiación de este estudio, así como a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, AGROSAVIA, por la coautoría del mismo.

Contribución de los autores

- Edwin Castro-Rincón. Desarrollo de la investigación, la redacción del borrador original y el análisis de los datos.
- Juan Evangelista Carulla-Fornaguera. Diseño de la metodología, la redacción, la revisión y la edición del manuscrito.
- Alberto Cárdenas-Rocha. Diseño de la metodología, la redacción, la revisión y la edición del manuscrito.

Referencias bibliográficas

Arcos-Álvarez, C. N.; Lascano-Armas, Paola J. & Guevara-Viera, R. V. Manejo de asociaciones gramíneas-leguminosas en pastoreo con rumiantes para mejorar su persistencia, la productividad animal y el impacto ambiental en los trópicos y regiones templadas. *Rev. Ecuat. Cienc. Anim.* 2 (2):1-31. <http://www.revistaecuatorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/72>, 2019.

AOAC. *Official methods of analysis*. Rockville, USA: AOAC International, 2016.

Burn, J. C. & Chamblee, D. S. Summer accumulation of tall fescue at low elevations in the humid piedmont: II. Fall and winter changes in nutritive value. *Agron. J.* 92:217-234, 2000b. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2000.922217x>.

Burns, J. C. & Chamblee, D. S. Summer accumulation of tall fescue at low elevations in the piedmont: I. Fall yield and nutritive value. *Agron. J.* 92 (2):211-216, 2000a. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2000.922211x>.

Castro, E.; Mojica, E.; León, J. M.; Carulla-Fornaguera, J. E.; Cárdenas-Rocha, E. A. & Pabón-Restrepo, Martha L. Productividad de pasturas y producción de leche bovina bajo pastoreo de gramínea y gramínea+*Lotus uliginosus* en Mosquera, Cundinamarca. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 55 (1):9-21. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/10478>, 2008.

Christensen, R. G.; Eun, J. S.; Yang, S. Y.; Min, B. R. & MacAdam, J. W. *In vitro* effects of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) pasture on ruminal fermentation, microbial population, and methane production. *Prof. Anim. Sci.* 33 (4), 451-460, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01558>.

Correa, H. J.; Escalante, L. F. & Jaimes, L. J. Efecto de la época del año y la altura remanente posterior al pastoreo sobre el crecimiento y calidad nutricional del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el norte de Antioquia. *LRRD.* 30 (97). <http://www.lrrd.org/lrrd30/6/hjcor30097.html>, 2018.

Correa, H. J.; Jaimes, L. J.; Avellaneda, J. H.; Pabón, M. L. & Carulla, J. E. Efecto de la edad de rebrote del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. *LRRD.* 28 (47). <http://www.lrrd.org/lrrd28/3/jaim28047.html>, 2016.

Cougnon, M.; Shahidi, R.; Schoelynck, J.; Van Der Beeten, I.; Van Waes, C.; De Frenne, P. *et al.* Factors affecting grazing preference by sheep in a breeding population of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). 73 (2):330-339, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12340>.

Enciso, Karen; Triana, Natalia; Diaz, M. F. & Burkart, S. *Limitantes y oportunidades del proceso de adopción y difusión de tecnologías forrajeras en Colombia. Informe preliminar*. Cali, Colombia: CIAT, 2019.

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: <https://doi.org/10.21615/cesmvz.12.3.2>.

García-Bonilla, Dulce V.; Guerrero-Rodríguez, J. de D.; García-de-los-Santos, G. & Lagunes-Rivera, S. A. Rendimiento y calidad de forraje de genotipos de *Lotus corniculatus* en el Estado de México. *Nova scientia.* 7 (13):170-189. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000100010&lng=es, 2015.

- Holdridge, D. W. *US Patent No. 4, 312,330*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, 1982.
- Jaime, G. *Estudio exploratorio de la calidad nutricional de gramíneas, leguminosas y arbóreas de la Unidad de Recursos Genéticos de Forrajes (Universidad Nacional de Colombia-sede Bogotá)*. Trabajo de grado. Bogotá: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Departamento de Ciencias para la Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- Leep, R.; Jeranyama, P.; Min, D. H.; Dietz, T.; Bughrara, S. & Isleib, J. Grazing effects on herbage mass and composition in grass-birdsfoot trefoil mixtures. *Agron. J.* 94 (6):1257-1262, 2002. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2002.1257>.
- Lok-Mejías, Sandra; Crespo, G. & Torres, Verena. Influencia de las leguminosas forrajeras en el sistema suelo-pasto. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 51 (2):261-270. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802017000200012&lng=es&tlng=es, 2017.
- Maass, Brigitte L.; Lascano, C. E. & Cárdenas, E. A. La leguminosa arbustiva *Codariocalyx gyroides*. 2. Valor nutritivo y aceptabilidad en el piedemonte amazónico, Caquetá, Colombia. *Pasturas Trop.* 18 (3):10-16. <https://www.researchgate.net/publication/240613384>, 1999.
- Momberg, J.; Balocchi, O. A. & Keim, J. P. Evaluación del establecimiento de tres cultivares de achicoria (*Cichorium intybus* L.) en siembra asociada a ballica bianual y avena en la comuna de Purranque. *Agro Sur.* 45 (2):21-29, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n2-03>.
- Murillo, G. M. Potencial forrajero del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus*) en ecosistemas de trópico de altura. Tesis Zootecnista. Bogotá, Colombia: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/28071-99544-1-PB.pdf>, 2003.
- Narváez-Herrera, J. P. *Especies forrajeras, arbóreas y arbustivas con efectos potenciales sobre la disminución de las emisiones de metano en bovinos*. Especialización en nutrición animal sostenible. Bogotá: Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2017.
- Naydenova, Yordanka & Vasileva, Viliana. Analysis of forage quality of grass mixtures-perennial grasses with subterranean clover. *J. Basic Appl. Res. (Jbaar)*. 2 (4):534-540, 2016.
- Peiretti, P. G.; Gai, F.; Alonzi, S. & Tassone, S. Valor nutritivo y perfil de ácidos grasos del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus*) y el trébol blanco (*Trifolium repens*) en pastos alpinos. *LRRD*. 28 (12):218. <http://www.lrrd.org/lrrd28/12/peir28218.html>, 2016.
- Portillo-López, Paola A.; Meneses-Buitrago, D. H.; Morales-Montero, Sonia P.; Cadena-Guerrero, Máryory M. & Castro-Rincón, E. Evaluación y selección de especies forrajeras de gramíneas y leguminosas en Nariño, Colombia. *Pastos y Forrajes*. 42 (2):93-103. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v42n2/2078-8452-pyf-42-02-93.pdf>, 2019.
- Quiroga, L. D. M. & Barreto, G. A. R. *Respuesta en rendimientos y calidad de una pradera de Pennisetum clandestinum degradada a tratamientos de mecanización y aplicación de compost en la Sabana de Bogotá*. Tesis Zootecnista. Bogotá: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, 2002.
- Roca-Fernández, A. I.; Peyraud, J. L.; Delaby, L. & Delagarde, R. Pasture intake and milk production of dairy cows rotationally grazing on multi-species sward. *Animal*. 10 (9):1448-1456, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731116000331>.
- Santacoloma-Varón, Luz E.; Granados-Moreno, J. E. & Aguirre-Forero, Sonia E. Evaluación de variables agronómicas, calidad del forraje y contenido de taninos condensados de la leguminosa *Lotus corniculatus* en respuesta a biofertilizante y fertilización química en condiciones agroecológicas de trópico alto andino colombiano. *Entramado*. 13 (1):222-233, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25136>.
- SAS. *SAS user's guide: Statistics. Version 9.2*. Cary, USA: Statistical Analysis System Institute, 2009.
- Sleugh, B.; Moore, K. J.; George, J. R. & Brummer, E. C. Binary legume-grass mixtures improve yield and quality and seasonal distribution. *Agron. J.* 92 (1):24-29, 2000. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2000.92124x>.
- Tenikeci, H. S. & Ates, E. Effect of the altitude on morphological and nutritive characteristics of orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) collected from natural flora of Ganos mountain in Thrace region, Turkey. *Range Manag. Agroforest.* 40 (2), 286-292, 2019.
- Tilley, J. M. A. & Terry, R. A. A two-stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *Grass Forage Sci.* 18:104-111, 1963. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>.
- Van Soest, P. J. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. A rapid method for determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Offic. Agric. Chem.* 46 (5):825-829, 1963. DOI: <https://doi.org/10.1093/jaoac/46.5.825>.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. & Lewis, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 (10):3583-3597, 1991. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).