

**Efecto de la frecuencia de cosecha y la aplicación de enmiendas en la productividad de *Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov Morrone****Effect of harvest frequency and application of amendments on the productivity of *Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov Morrone**

Edgar Augusto Mancipe-Muñoz<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9831-673X>, Javier Castillo-Sierra<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0797-3908>, Yesid Avellaneda-Avellaneda<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2471-5863>, Juan de Jesús Vargas-Martínez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7674-3850>

<sup>1</sup>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), km 14 vía Bogotá - Mosquera, Cundinamarca, Colombia. Correo electrónico: [emancipe@agrosavia.co](mailto:emancipe@agrosavia.co), [jcastillos@agrosavia.co](mailto:jcastillos@agrosavia.co), [yavellaneda@agrosavia.co](mailto:yavellaneda@agrosavia.co), [jvargasm@agrosavia.co](mailto:jvargasm@agrosavia.co)

**Resumen**

**Objetivo:** Evaluar el efecto de la frecuencia de cosecha y la aplicación de cal y materia orgánica en la producción de forraje, valor nutritivo y costos del *Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov Morrone.

**Materiales y Métodos:** Se trabajó en tres bloques de 208 m<sup>2</sup>, divididos en cuatro parcelas, a los que se les aplicó cuatro dosis de materia orgánica (0, 2, 4 y 6 t ha<sup>-1</sup>). Cada parcela se dividió en tres subparcelas, en las que se usaron tres dosis de cal (0, 3 y 6 t ha<sup>-1</sup>). Posteriormente, cada subparcela se dividió en cinco sub-subparcelas, en las que se utilizó una de las cinco frecuencias de cosecha (28, 35, 42, 49, y 56 días). Se evaluó la respuesta agronómica y la composición química durante los períodos lluvioso y poco lluvioso. Además, se calculó el costo de producción del pasto *C. clandestinus*. Los resultados se analizaron con un diseño de parcelas divididas.

**Resultados:** Las frecuencias de cosecha de 35 y 49 días mostraron mayor tasa de crecimiento diario durante los períodos lluvioso y poco lluvioso, respectivamente. Sin embargo, la frecuencia de cosecha no afectó el valor nutritivo. La aplicación de cal y materia orgánica no mostró un efecto evidente en la producción o calidad del forraje. La frecuencia de cosecha de 35 días tuvo un menor costo de producción.

**Conclusión:** La cosecha o pastoreo del pasto *C. clandestinus* es variable, y no debe ser estática durante el año.

**Palabras clave:** materia orgánica, producción de biomasa, sistemas de pastoreo

**Abstract**

**Objective:** To evaluate the effect of harvest frequency and application of lime and organic matter on the forage production, nutritional value and costs of *Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov Morrone.

**Materials and Methods:** The work was done in three 208-m<sup>2</sup> blocks, divided into four plots, to which four doses of organic matter (0, 2, 4 and 6 t ha<sup>-1</sup>) were applied. Each plot was divided into three subplots, in which three doses of lime (0, 3 and 6 t ha<sup>-1</sup>) were used. Afterwards, each subplot was divided into five sub-subplots, in which one of the five harvest frequencies (28, 35, 42, 49, and 56 days) was used. The agronomic response and chemical composition during the rainy and dry seasons were evaluated. In addition, the production cost of the pasture *C. clandestinus* was calculated. The results were analyzed with a split-plot design.

**Results:** The harvest frequencies of 35 and 49 days showed higher daily growth rate during the rainy and dry seasons, respectively. However, the harvest frequency did not affect the nutritional values. The application of lime and organic matter did not show an evident effect on the forage production or quality. The 35-day harvest frequency showed lower production cost.

**Conclusion:** The harvest or grazing of the pasture *C. clandestinus* is variable, and should not be static throughout the year.

**Keywords:** organic matter, biomass production, grazing systems

**Introducción**

El pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov Morrone) es una especie C<sub>4</sub> que tolera los suelos ácidos, y responde eficientemente a la aplicación de nitrógeno y agua. Además, es la gramínea predominante en los sistemas con rumiantes del trópico alto colombiano (Vargas-

Martínez *et al.*, 2018). La intensificación de los sistemas productivos bovinos en pastoreo requiere mejorar la producción de biomasa, la eficiencia animal, la rentabilidad de las fincas, además de reducir el impacto ambiental, para promover sistemas sostenibles (Rao *et al.*, 2015). La literatura refiere diferentes estrategias para incrementar la

Recibido: 04/05/2022

Aceptado: 07/06/2022

Como citar este artículo: Mancipe-Muñoz, Edgar Augusto; Castillo-Sierra, Javier; Avellaneda-Avellaneda, Yesid & Vargas-Martínez, Juan de Jesús. Frecuencia de cosecha y aplicación de enmiendas sobre la productividad del pasto *Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov Morrone. *Pastos y Forrajes*. 45:eE20, 2022

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.

producción de materia seca y la calidad nutritiva en el pasto *C. clandestinus*. También se dispone de información sobre la evaluación de la suplementación, el manejo de suelos, la fertilización nitrogenada, la menor edad para la cosecha y la asociación con leguminosas y árboles (Vargas-Martínez *et al.*, 2018). Sin embargo, hay pocas referencias acerca de la aplicación de cal y materia orgánica (MO) y su efecto en la producción, calidad nutricional y costos de producción del pasto *C. clandestinus* en el trópico alto colombiano (Castillo *et al.*, 2019).

El manejo del pastoreo es una estrategia para maximizar el uso del forraje y promover su persistencia. La intensidad, la frecuencia y el momento óptimo de pastoreo son herramientas para modular la productividad, la calidad nutricional y los servicios ecosistémicos en los sistemas ganaderos (Soltenberger *et al.*, 2020a).

En Colombia, estudios relacionados con la frecuencia de cosecha (número de hojas) sugieren ajustar una frecuencia de defoliación en sistemas pastoriles de *C. clandestinus* de acuerdo con las condiciones ambientales (Fonseca *et al.*, 2016; Molina-Gerena, 2018; Escobar-Charry *et al.*, 2020). También, la morfología de la planta puede variar, debido a las condiciones ambientales o al manejo del pastoreo, limitando la relación con el rendimiento del forraje y la calidad nutricional (Shepard *et al.*, 2018; Martins *et al.*, 2021). Las recomendaciones técnicas de frecuencia de pastoreo se hallan respaldadas por la rotación estática de la duración del día, mientras que las características morfológicas del pasto *C. clandestinus* no se consideran (Escobar-Charry *et al.*, 2020). Tampoco existen reportes del efecto del pastoreo o frecuencia de cosecha en el rendimiento, la calidad nutricional y los costos en sistemas con bovinos alimentados con pasto *C. clandestinus*.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la frecuencia de cosecha y la aplicación de cal y MO en la producción de forraje,

calidad nutricional y evaluación de costos del pasto *C. clandestinus* en el trópico alto colombiano.

## Materiales y Métodos

**Localización, suelo y tratamientos.** Se seleccionó un área de 624 m<sup>2</sup> en el centro de investigación Tibaitatá, perteneciente a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), ubicado en el municipio de Mosquera, a una altitud de 2 516 msnm, latitud 4°35'56"N y longitud 74°04'51"W, temperatura promedio de 16 °C, y humedad relativa de 75 %. Se seleccionó un suelo moderadamente ácido para evaluar la frecuencia de cosecha y las dosis de cal dolomita y MO. Antes del período experimental, se tomó una muestra de suelo y se analizó en el laboratorio de suelos de Agrosavia. El análisis químico de suelo mostró adecuadas concentraciones de nutrientes. Por ello, la fertilización nitrogenada (40 kg ha<sup>-1</sup>) se aplicó al inicio y en la mitad del período experimental (tabla 1). La MO utilizada para este experimento fue bovinaza, proveniente del hato lechero del C.I. Tibaitatá. También se realizó un corte para uniformar el área seleccionada, a una altura de 10 cm.

El área experimental se dividió en tres bloques de 208 m<sup>2</sup> cada uno. Los bloques se separaron por un callejón de 2 m. Cada bloque se dividió en cuatro parcelas para la aplicación aleatoria de MO (0, 2, 4, y 6 t ha<sup>-1</sup>). Cada parcela se separó por un callejón de 2 m entre sí y se dividió en tres subparcelas. A cada una se le asignó de una a tres dosis de cal dolomita (0, 3, y 6 t ha<sup>-1</sup>). Cada subparcela se separó por un callejón de 1 m entre ellas y se dividió en cinco sub-subparcelas, y a cada una se le asignó una de las cinco frecuencias de cosecha (28, 35, 42, 49 y 56 días). El área de cada subparcela de evaluación fue de 1.6 m<sup>2</sup>. Las sub-subparcelas se cosecharon a una altura de 10 cm y se realizó continuamente, desde el corte de uniformización (diciembre 2018) hasta el final del experimento (agosto 2019), de acuerdo con la frecuencia de cosecha. La producción de

Tabla 1. Características químicas del suelo donde se realizó el experimento.

pH	MO	P	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Ca	Mg	K	Na	CIC
5,9	%	mg kg <sup>-1</sup>					Cmol kg <sup>-1</sup>						
	8,3	62,0	40,4	1082,0	6,6	36,4	2,8	0,4	15,0	4,4	1,6	1,4	22,7
Moderadamente ácido	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	No salino	Alto

MO materia orgánica, CIC capacidad de intercambio catiónico

forraje y el valor nutritivo se evaluaron durante el período de lluvia (abril a mayo de 2019) y el seco (julio a agosto de 2019). En la figura 1 se muestra el comportamiento de las precipitaciones durante las etapas de evaluación.

#### *Variables evaluadas y análisis de laboratorio.*

Durante los períodos de evaluación se determinó la altura del pasto (AP) promedio en cada sub-subparcela. Se seleccionó un área de 0,08 m<sup>2</sup> de cada subparcela, caracterizada por su altura, sin que se perturbara el número de hojas y demás variables morfológicas. El número de hojas verdes (NHV), la concentración de clorofila (CC) (Minolta SPAD 502 Plus), la longitud de la hoja (LH) y el ancho (AH) se evaluaron en cada tallo. También, en cada sub-subparcela se cosechó y midió el rendimiento de forraje. Una submuestra de cada sub-subparcela se secó y conservó para su análisis posterior. La producción de materia seca (PMS) se calculó como el producto entre el rendimiento de forraje y la concentración de MS. La tasa diaria de crecimiento (TDC) se calculó como la relación entre la PMS y el período de crecimiento. Finalmente, la proteína bruta (PB), la proteína bruta soluble (PBS), la fibra detergente neutro (FDN), la fibra detergente ácida (FDA), los carbohidratos no estructurales (CNE), el calcio (Ca), el fósforo (P), la digestibilidad de la materia seca (DMS) y la energía neta de lactancia (EN<sub>L</sub>), se determinaron con la metodología NIRS (*Near-infrared spectroscopy*), propuesta por Ariza-Nieto *et al.* (2017).

Para calcular el costo de MS, N, y producción de energía, se consideró un período seco de 200 días y un período de lluvia de 165. Además, la producción de biomasa total se calculó con la TDC

en cada período. El costo base de establecimiento por hectárea fue de 365,000 \$ pesos colombianos (COP). El costo de cal dolomita y de MO fue de 200,000 y 360,000 \$COP por tonelada, respectivamente.

*Análisis estadístico.* La información agronómica y composicional se analizó mediante un diseño de parcelas divididas, según el procedimiento GLM de SAS. Los períodos seco y lluvioso se evaluaron independientemente. Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey y las diferencias significativas se consideraron con un nivel de alfa inferior al 5 %. Se cumplió el supuesto de homogeneidad y normalidad. También se evaluaron los efectos lineal y cuadrático para las aplicaciones de MO y cal dolomita.

### Resultados

*Respuesta agronómica y composicional del pasto C. clandestinus durante el período de lluvia.* La aplicación de MO mostró un efecto cuadrático sobre las variables AP, CC, LH y AH, y lineal sobre el NHV. Sin embargo, no afectó ( $p > 0,05$ ) PMS o la TDC. La aplicación de cal dolomita no modificó ( $p > 0,05$ ) el NHV, la AP, la LH y el AH, y mostró efecto cuadrático sobre la CC, PMS, y TDC. La frecuencia de cosecha no modificó ( $p > 0,05$ ) la CC y el NHV. Sin embargo, redujo ( $p < 0,05$ ) a 0,49; 0,28 y 0,003 cm días<sup>-1</sup> la AP, LH y AH, respectivamente. También, al cosechar a los 28 días, hubo 53,4 % menos ( $p < 0,05$ ) de PMS con respecto a otras frecuencias. Además, cuando el pasto *C. clandestinus* tuvo 35 días mostró la mayor TDC (62 %) con respecto a otras frecuencias de cosecha (tabla 2).

La aplicación de cal dolomita mostró efecto lineal en la PB e incrementó ( $p < 0,05$ ) en 8,3 %

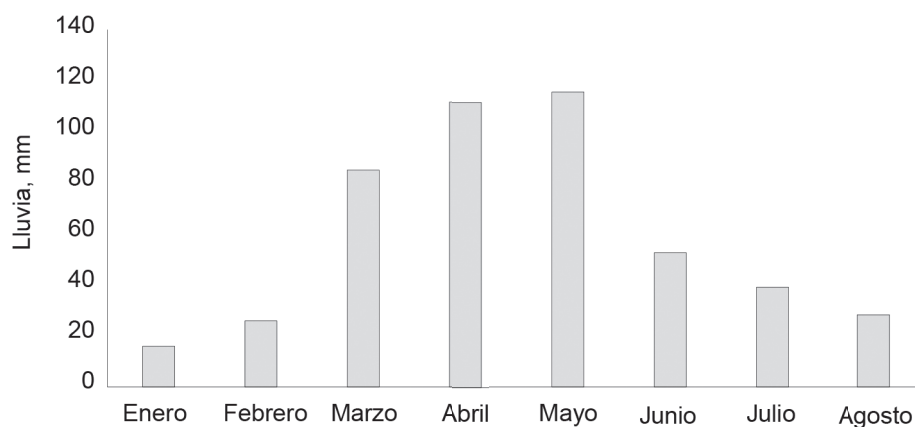


Figura 1. Precipitación durante el período experimental, mm por mes.

Tabla 2. Respuesta agronómica del pasto *C. clandestinus* con diferentes frecuencias de cosecha, dosis de cal dolomita y materia orgánica durante el periodo de lluvia.

Factor	AP	LH	AH	CC	NHV	PMS	TDC
	cm			SPAD		g m <sup>2</sup>	kg de MS ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
Frecuencia de cosecha, días							
28	14,1 <sup>b</sup>	12,7 <sup>b</sup>	0,43 <sup>b</sup>	32,7	5,6	154 <sup>b</sup>	55,0 <sup>b</sup>
35	21,8 <sup>ab</sup>	12,5 <sup>b</sup>	0,42 <sup>b</sup>	33,6	6,6	363 <sup>a</sup>	103,9 <sup>a</sup>
42	23,9 <sup>a</sup>	16,8 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	33,9	6,3	307 <sup>a</sup>	73,2 <sup>b</sup>
49	26,0 <sup>a</sup>	18,0 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	32,9	6,3	326 <sup>a</sup>	66,5 <sup>b</sup>
56	29,0 <sup>a</sup>	19,7 <sup>a</sup>	0,50 <sup>a</sup>	31,5	6,1	340 <sup>a</sup>	60,7 <sup>b</sup>
EEM	1,50	0,61	0,01	0,99	0,27	18,0	4,5
Cal dolomita, t ha <sup>-1</sup>							
0	23,0	16,3	0,47	33,1	6,2	294	71,3
3	23,6	16,4	0,47	34,1	6,3	311	74,5
6	22,3	15,1	0,46	31,6	6,1	289	69,9
EEM	0,67	0,77	0,01	0,67	0,17	14,4	3,5
MO, t ha <sup>-1</sup>							
0	21,1	15,2	0,43	30,5	5,8	306	73,2
2	24,9	16,6	0,51	32,9	6,2	303	73,5
4	24,0	17,3	0,49	35,1	6,2	291	70,2
6	22,0	14,7	0,43	33,0	6,4	292	70,6
EEM	1,48	1,33	0,03	0,57	0,25	23,1	6,1
Efectos							
Frecuencia de cosecha	*	*	*	NS	NS	**	**
Cal dolomita	NS	NS	NS	+	NS	NS	NS
MO	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cal dolomita efecto	NS	NS	NS	C	NS	C	C
MO efecto <sup>1</sup>	C	C	C	C	L	NS	NS

AP: altura del pasto, LH: longitud de la hoja, AH: ancho de la hoja, CC: concentración de clorofila, NHV: número de hojas verdes, PMS: producción de materia seca, TDC: tasa diaria de crecimiento, EEM: error estándar de la media

<sup>1</sup>L efecto lineal, C efecto cuadrático

<sup>a,b</sup> Diferentes letras entre el mismo tratamiento presentan diferencias significativas

NS: no significativo

\*p < 0,05 \*\* p < 0,01

la concentración de Ca. Asimismo, la cal dolomita presentó un efecto cuadrático en la FDN, pero no reveló diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en la PBS, FDA, P, DMS, y EN<sub>L</sub>. La aplicación de MO no evidenció efectos en la PBS, la CNE, y el P. Sin embargo, manifestó efecto lineal en la FDA, y cuadrático en la PB, la FDN, el Ca, la DMS, y la EN<sub>L</sub>. La frecuencia de 28 días mostró 6,6 % más ( $p < 0,05$ ) concentración de PB respecto a los 56 días. El periodo de cosecha de 35 días tuvo 13,4 % más ( $p < 0,05$ ) CNE que otras frecuencias. En otros análisis químicos no se afectó ( $p > 0,05$ ) el tratamiento de cosecha (tabla 3).

*Respuesta agronómica y composicional del pasto C. clandestinus durante el periodo seco.* La aplicación de cal dolomita mostró efecto cuadrático en la AP, PMS, y TDC, pero no influyó en las características de las hojas. La aplicación de MO solo afectó cuadráticamente el NHV. La frecuencia de cosecha no tuvo influencia en el AH y CC. Sin embargo, la AP, LH, y TDC fueron mayores en la frecuencia de cosecha de 49 días. También, las frecuencias de 49 y 56 días incrementaron ( $p < 0,05$ ) la PMS (tabla 4).

La aplicación de MO mostró efecto cuadrático en la PB, la FDN, el Ca, el P, la DMS, y la EN<sub>L</sub>, pero no afectó ( $p > 0,05$ ) PCS, FDA, y CNE. La

Tabla 3. Composición química del pasto *C. clandestinus* con diferentes frecuencias de cosecha, dosis de cal dolomita y materia orgánica durante el periodo de lluvias.

Factor	PB	PBS	FDN	FDA	CNE	Ca	P	DMS	EN <sub>L</sub>
	%					Mcal kg <sup>-1</sup>			
Frecuencia de cosecha, días									
28	16,7 <sup>a</sup>	38,9	58,1	34,9	6,5 <sup>b</sup>	0,25	0,30	61,8	1,27
35	16,3 <sup>ab</sup>	39,7	58,4	35,3	7,6 <sup>a</sup>	0,23	0,31	61,3	1,26
42	16,1 <sup>ab</sup>	39,6	58,4	34,9	6,6 <sup>b</sup>	0,26	0,31	61,4	1,26
49	15,9 <sup>ab</sup>	38,9	59,5	35,8	6,7 <sup>b</sup>	0,27	0,29	61,7	1,25
56	15,6 <sup>b</sup>	38,9	58,3	35,7	7,0 <sup>b</sup>	0,27	0,28	60,9	1,24
EEM	0,15	0,48	0,61	0,41	0,08	0,02	0,01	0,79	0,01
Cal dolomita, t ha <sup>-1</sup>									
0	16,3	39,2	58,9	35,7	6,8	0,24 <sup>b</sup>	0,30	61,7	1,26
3	16,3	39,2	57,6	35,0	6,9	0,26 <sup>a</sup>	0,29	61,4	1,26
6	15,7	39,2	59,1	35,2	6,9	0,26 <sup>a</sup>	0,30	61,1	1,24
EEM	0,29	0,58	0,65	0,33	0,10	0,01	0,01	0,34	0,01
MO, t ha <sup>-1</sup>									
0	15,7	34,8	59,0	35,0	7,0	0,27	0,30	61,4	1,26
2	16,3	43,4	58,3	35,2	6,5	0,24	0,28	61,8	1,27
4	17,0	38,3	57,4	35,1	7,5	0,26	0,30	62,0	1,27
6	15,4	40,2	59,5	35,9	6,6	0,26	0,30	60,5	1,22
EEM	0,53	3,14	0,89	0,53	0,48	0,03	0,01	0,28	0,01
Efectos									
Frecuencia de cosecha	*	NS	NS	NS	**	NS	+	NS	NS
Cal dolomita	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
MO	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Efecto de la cal dolomita	L	NS	C	NS	NS	L	NS	NS	NS
Efecto de la MO	C	NS	C	L	NS	C	NS	C	C

PB: proteína bruta, PBS: proteína bruta soluble, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, CNE: carbohidratos no estructurales, Ca: calcio, P: fósforo, DMS: digestibilidad de la materia seca, EN<sub>L</sub>: energía neta de lactancia

EEM: Error estándar de la media

L: efecto lineal, C: efecto cuadrático

<sup>a,b</sup> Diferentes letras entre el mismo tratamiento presentan diferencias significativas.

NS: no significativo

\*p < 0,05 \*\*p < 0,01

aplicación de cal dolomita tuvo efecto lineal en PB, FDA, Ca, DMS y EN<sub>L</sub>, pero no modificó (p > 0,05) PBS, CNE y P. De igual forma, por cada tonelada de cal aplicada se redujo 0,25 % la FDN (p < 0,05). La frecuencia de 28 días incrementó los CNE, pero redujo la concentración de Ca (p < 0,05). La frecuencia de 49 días tuvo mayor FDN y FDA (p < 0,05). Finalmente, la frecuencia de cosecha no modificó la PB, CNE, P, DMS y EN<sub>L</sub> (tabla 5).

*Costos de producción del pasto C. clandestinus con diferentes frecuencias de cosecha y aplicación de cal dolomita y MO.* Ya que no hubo interacción

entre los factores experimentales, los cálculos están presentes para el promedio de cada nivel, según los diferentes factores evaluados. La frecuencia de 28 días mostró el más alto costo de la PMS, el N, y la EN<sub>L</sub>, mientras que la de 35 días tuvo el más bajo. Además, la frecuencia de 42 o 49 días tuvo costos iguales en la PMS. La aplicación de cal dolomita y MO incrementó el costo de producción de *C. clandestinus*. Una tonelada de cal dolomita aumentó 11,9 y 422 \$COP por kilogramo de MS y de N, respectivamente, y 9,2 \$ COP por Mcal de EN<sub>L</sub>. Mientras, la aplicación de 1 t de MO incrementó

Tabla 4. Respuesta agronómica del pasto *C. clandestinus* con diferentes frecuencias de cosecha, dosis de cal dolomita y de MO durante el período seco.

Factor	AP	LH	AH	CC	NHV	PMS	TDC
	cm		SPAD		g m <sup>-2</sup>		kg MS ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
Frecuencia de cosecha, días							
28	10,0 <sup>b</sup>	7,3 <sup>b</sup>	0,42	30,8	4,7	38,1 <sup>d</sup>	13,6 <sup>c</sup>
35	12,1 <sup>b</sup>	7,5 <sup>b</sup>	0,52	32,6	4,8	81,2 <sup>c</sup>	23,2 <sup>b</sup>
42	16,7 <sup>ab</sup>	9,3 <sup>ab</sup>	0,45	34,5	5,6	99,2 <sup>b</sup>	23,6 <sup>b</sup>
49	18,7 <sup>a</sup>	11,3 <sup>a</sup>	0,45	33,8	5,7	148,9 <sup>a</sup>	30,4 <sup>a</sup>
56	13,0 <sup>ab</sup>	9,4 <sup>ab</sup>	0,41	33,6	5,8	148,7 <sup>a</sup>	26,5 <sup>ab</sup>
EEM	0,99	0,46	0,07	1,20	0,25	3,4	0,90
Cal dolomita, t ha <sup>-1</sup>							
0	14,3	8,4	0,50	33,2	5,4	104,1	23,8
3	14,5	9,2	0,43	33,6	5,4	98,5	22,3
6	13,6	8,7	0,43	32,5	5,2	107,1	24,2
EEM	0,28	0,41	0,05	0,51	0,13	7,0	1,70
MO, t ha <sup>-1</sup>							
0	14,6	8,8	0,49	32,1	5,5	110,7	25,5
2	12,4	8,2	0,44	33,0	5,2	84,1	19,1
4	15,8	8,9	0,43	33,2	5,1	115,9	26,2
6	13,6	9,1	0,45	33,9	5,4	102,2	23,1
EEM	1,67	0,66	0,06	0,96	0,07	14,5	3,20
Efectos							
Frecuencia de cosecha	*	*	NS	NS	+	***	**
Cal dolomita	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
MO	NS	NS	NS	NS	+	NS	NS
Efecto de la cal dolomita	C	NS	NS	NS	NS	C	C
Efecto de la MO <sup>3</sup>	NS	NS	NS	NS	C	NS	NS

AP: altura de la planta, LH: longitud de la hoja, AH: ancho de la hoja, CC: Concentración de clorofila, HV: hojas verdes, PMS: producción de materia seca, TDC: tasa diaria de crecimiento, EEM: error estándar de la media, L: efecto lineal, C: efecto cuadrático.

<sup>a,b,c</sup> Diferentes letras entre el mismo tratamiento presentan diferencias significativas

NS: no significativo; +; P<0,1 \*p < 0,05 \*\*p < 0,01; \*\*\*p < 0,001

21,3 y 748 \$ COP por kg de MS y de N, respectivamente, y 16,6 \$COP por Mcal de EN<sub>L</sub> (tabla 6).

### Discusión

*Respuesta agronómica y composicional del pasto C. clandestinus.* Se mostró variación fenotípica en el norte de Antioquia, afectada por la geografía, la altitud y el manejo (Arango-Gaviria *et al.*, 2017). También hubo relación entre los días de rebrote, la AP y PMS (Fonseca *et al.*, 2016; Benvenuti *et al.*, 2020; Avellaneda-Avellaneda *et al.*, 2020). En este experimento, un período corto de rebrote o una mayor frecuencia de cosecha disminuyó la AP, LH y PMS, en los períodos de sequía y lluvia (tabla 2 y

4). También en el período de lluvia, la PMS se incrementó con respecto al período seco. Este resultado es contrastante con estudios realizados en Costa Rica, que informan mayor PMS en épocas secas (Nuñez-Arroyo *et al.*, 2022). Esta diferencia pudo estar dada por las condiciones ambientales, como la radiación solar. Sin embargo, es necesario corroborar esta hipótesis. Asimismo, la precipitación es un factor para que la TDC varíe en el tiempo, como se demuestra en este experimento, y en lo informado por Correa *et al.* (2018). Este estudio mostró que la frecuencia de cosecha de 35 y 39 días presentó la mayor TDC para los dos períodos, y que sobresalió

Tabla 5. Composición química del pasto *C. clandestinus* con diferentes frecuencias de cosecha, dosis de materia orgánica y cal dolomita durante el periodo seco.

Factor	PB	PBS	FDN	FDA	CNE	Ca	P	DMS	EN <sub>L</sub>
	%								
	Mcal kg <sup>-1</sup>								
Frecuencia de cosecha, días									
28	19,2	51,2 <sup>a</sup>	50,4 <sup>ab</sup>	31,7 <sup>ab</sup>	4,8	0,41 <sup>b</sup>	0,26	64,8	1,33
35	20,0	48,3 <sup>ab</sup>	46,7 <sup>b</sup>	30,9 <sup>b</sup>	4,9	0,49 <sup>ab</sup>	0,24	65,7	1,35
42	19,0	51,0 <sup>ab</sup>	50,0 <sup>ab</sup>	31,1 <sup>ab</sup>	4,3	0,41 <sup>b</sup>	0,26	64,8	1,33
49	18,2	48,9 <sup>ab</sup>	52,0 <sup>a</sup>	33,2 <sup>a</sup>	4,5	0,48 <sup>ab</sup>	0,25	63,6	1,31
56	19,1	46,9 <sup>b</sup>	48,0 <sup>ab</sup>	31,0 <sup>ab</sup>	4,5	0,55 <sup>a</sup>	0,25	65,0	1,34
SEM	0,43	0,53	0,61	0,40	0,16	0,02	0,01	0,42	0,01
Cal dolomita, t ha <sup>-1</sup>									
0	18,8	48,9	50,3 <sup>b</sup>	32,2	5,2	0,42	0,25	64,4	1,32
3	19,1	49,3	49,2 <sup>ab</sup>	31,4	5,3	0,46	0,25	64,9	1,34
6	19,3	49,6	48,8 <sup>a</sup>	31,2	5,2	0,47	0,25	65,1	1,34
EEM	0,28	0,26	0,38	0,34	0,16	0,01	0,01	0,33	0,01
MO, t ha <sup>-1</sup>									
0	20,2	51,5	48,1	30,1	5,2	0,48	0,26	66,1	1,36
2	17,4	47,6	52,3	33,9	4,8	0,38	0,24	62,7	1,28
4	19,4	49,8	48,2	30,9	5,6	0,46	0,25	65,2	1,34
6	19,4	48,1	49,1	31,5	5,3	0,47	0,25	65,1	1,34
EEM	1,06	2,20	1,80	1,70	0,20	0,03	0,01	1,4	0,03
Efectos									
Frecuencia de cosecha	NS	*	*	*	+	*	NS	NS	NS
Cal dolomita	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
MO	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Efecto de la cal dolomita <sup>3</sup>	L	NS	L	L	NS	L	NS	L	L
Efecto de la MO	C	NS	C	NS	NS	C	C	C	C

PB proteína bruta, PBS proteína bruta soluble, FDN fibra detergente neutro, FDA fibra detergente ácido, CNE carbohidratos no estructurales, Ca calcio, P fósforo; DMS: Digestibilidad de la materia seca; EN<sub>L</sub>: Energía neta de lactancia.

EEM error estándar de la media, L efecto lineal, C efecto cuadrático

<sup>a,b</sup>. Diferentes letras entre el mismo tratamiento presentan diferencias significativas

NS: no significativo; +; P<0,1; p<0,1 \* p<0,05 \*\* p<0,01

el período lluvioso. La literatura refiere que la TDC del pasto *C. clandestinus* está entre 23 a 144 kg de MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en el trópico alto colombiano, pero se afecta por las condiciones ambientales y el manejo del pasto (Fonseca *et al.*, 2016; Correa *et al.*, 2018; Vargas-Martínez *et al.*, 2018; Escobar-Charry *et al.*, 2020).

La plasticidad permite a las plantas modificar las características morfológicas ante el estrés externo que altera su densidad o la orientación de las hojas y los tallos (Sollenberger *et al.*, 2020b). La altitud tiene efecto en la morfología de *C. clandestinus*

(Arango-Gaviria *et al.*, 2017; Escobar-Charry *et al.*, 2020). Además, el pasto puede modificar algunas características cuando se incrementa la defoliación, manteniendo el mismo número de HV. Sin embargo, es necesario probar esta hipótesis en futuros experimentos.

El efecto del NH y la frecuencia no estática se han evaluado en otros experimentos (Fulkerson *et al.*, 1999). Por lo tanto, un gran número de hojas por tallo o período de rebrote se relacionó con mayor producción de biomasa y altura de la planta (Fonseca *et al.*, 2016). Sin embargo, la tasa de aparición de

Tabla 6. Costos del pasto *C. clandestinus* con diferentes frecuencias de cosecha y dosis de cal dolomita y materia orgánica

Factores	Ni- vel	Tasa diaria de crecimiento	Producción de forraje	Costos de producción	Costos de MS	Costo del N	EN <sub>L</sub> costo
		kg de MS ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	kg de MS ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	\$ COP ha <sup>-1</sup>	\$ COP kg <sup>-1</sup>		
Frecuencia de cosecha, días	28	39,2	14 308	2 045 000	143	4 944	110
	35	58,8	21 444	2 045 000	95	3 252	73
	42	48,4	17 666	2 045 000	116	4 090	89
	49	48,5	17 703	2 045 000	116	4 207	90
	56	43,6	15 914	2 045 000	129	4 585	99
Cal dolomita, t ha <sup>-1</sup>	0	47,9	17 484	1 445 000	83	2 923	64
	3	48,2	17 593	2 045 000	116	4 074	89
	6	47,0	17 155	2 645 000	154	5 453	119
MO, t ha <sup>-1</sup>	0	48,5	17 703	965 000	55	1 875	41
	2	47,4	17 301	1 685 000	97	3 601	76
	4	48,2	17 575	2 405 000	137	4 670	105
	6	46,8	17 064	3 125 000	183	6 506	142

MS: materia seca, N: nitrógeno, EN<sub>L</sub>: energía neta de lactancia, COP: costo de producción

hojas está asociada con la altitud o la temperatura ambiental (Escobar-Charry *et al.*, 2020). En este experimento, no hubo una relación entre la frecuencia y el número de HV durante el período lluvioso o seco (tablas 2 y 4), lo que sugiere que el pasto *C. clandestinus* puede mantener un número constante de hojas disponibles para la fotosíntesis.

Hay poca información acerca del efecto de la aplicación de cal dolomita y MO en la respuesta agronómica de *C. clandestinus*. La incorporación de cal dolomita es una recomendación común en el trópico alto colombiano, debido a los niveles bajos de pH y a los niveles altos de aluminio en el suelo, lo que ocasiona baja productividad de los cultivos y los pastos, especialmente de las leguminosas (Osorno-Henao, 2012). El pasto *C. clandestinus* mostró reducción en el rendimiento y valor nutritivo, cuando el pH del suelo estaba por debajo de 4,5 (Awad *et al.*, 1976). En contraste, la aplicación de MO mejoró la producción de biomasa y las propiedades físicas y humedad del suelo (Apráez y Moncayo, 2003; Ruiz, 2007).

La aplicación de cal dolomita incrementó la PMS en el pasto *C. clandestinus* en Antioquia (David-Giraldo *et al.*, 2020). Un resultado similar se obtuvo en este experimento, donde la aplicación de 3 t ha<sup>-1</sup> de cal dolomita mostró una respuesta cuadrática, incrementando la producción de biomasa y la TDC durante el período de lluvias, pero no en el seco. La aplicación de MO tuvo una respuesta cuadrática: 2 y 4 t ha<sup>-1</sup> incrementaron la AP, el LH, el AH, y la CC durante el período lluvioso, pero no en el seco. Es evidente que la humedad del suelo incrementa la efectividad de la MO y de la cal dolomita. Ello se puede deber a una mejor mineralización y absorción de minerales durante la temporada de lluvias.

*Composición química y valor nutritivo del pasto C. clandestinus con diferentes frecuencias de cosecha y aplicación de cal dolomita y MO.* Los eventos de defoliación modifican el metabolismo de la planta y requieren la reasignación de compuestos orgánicos para reemplazar el tejido perdido o mantener las reservas energéticas (Iqbal *et al.*, 2012).



Sin embargo, la cosecha por pastoreo o defoliación del pasto *C. clandestinus* mostró resultados contradictorios. A mayor frecuencia de defoliación, en algunos casos se incrementa la PB, la DMS, la FDN, la  $EN_L$  y los nutrientes digestibles totales (Escobar-Charry *et al.*, 2020), lo que no ocurrió en otros estudios (Fonseca *et al.*, 2016). Ello se puede explicar por las diferencias en las condiciones climáticas, las características del suelo, el manejo de los pastos, los esquemas de fertilización, la evaluación de los estratos de la planta y los períodos de rebrote (Mila-Prieto y Corredor, 2004; Avellaneda-Avellaneda *et al.*, 2020; Benvenuti *et al.*, 2020). En este experimento, la frecuencia de cosecha afectó de forma directa la composición de *C. clandestinus* en ambos períodos. La mayor frecuencia disminuyó la concentración de PB y de CNE durante las lluvias, e incrementó la concentración de FDN, FDA, y Ca en el período seco (tabla 3 y 5). Esas diferencias pueden estar asociadas al metabolismo del forraje con relación a las condiciones climáticas.

Durante el período lluvioso, la mayor producción de biomasa (tabla 2) requirió de la utilización de PB, y de CNE, lo que redujo esos compuestos (tabla 3). También una mayor frecuencia presenta una mayor proporción de hojas y material verde, que contiene mayor concentración de P y CNE que tallos y material muerto (Fulkerson *et al.*, 1999; Benvenuti *et al.*, 2020). Sin embargo, durante el período seco, el bajo metabolismo de las plantas mostró una gran concentración de nutrientes, asociado con la estructura de la pared celular y una lenta TDC (tablas 4 y 5).

En contraste, las condiciones agroecológicas, la intensidad del pastoreo, el estrato de la planta y la fertilización, modifican la composición del forraje. Al respecto, Avellaneda-Avellaneda *et al.* (2020) sugieren que la composición química del pasto *C. clandestinus* muestra gran variación, asociada con las condiciones ecológicas, la madurez del pasto y las precipitaciones. Fulkerson *et al.* (1999) aseveran que una mayor biomasa residual incrementa la concentración de carbohidratos solubles en *C. clandestinus*, debido a la mayor capacidad para almacenar reservas energéticas y menor proporción de tallos en el pasto. Además, según Benvenuti *et al.* (2020), el pasto *C. clandestinus* mostró que los estratos superiores de las plantas (hojas) tenían mayor valor nutritivo que los inferiores (tallos).

Gacheta-Sánchez (2019) plantea que la fertilización química en *C. clandestinus* incrementa la PB, y reduce la FDN y la FDA. Evidentemente, los

pastos  $C_4$  requieren mejorar el valor nutritivo para aumentar la eficiencia animal (Fulkerson *et al.*, 1999). Sin embargo, *C. clandestinus* mostró variación, debido a factores externos, como el ambiente y el manejo. Esto dificulta definir una recomendación general. Por esta razón, es necesario reconocer las condiciones locales y las prácticas de manejo para maximizar el valor nutritivo de *C. clandestinus*.

Aún existen dudas acerca del efecto de la aplicación de cal dolomita y MO en la composición química del pasto *C. clandestinus*. Sin embargo, se conoce que cuando se aplica purines de cerdo se incrementan las concentraciones de N, Ca, y P (Orozco, 1988), y que la pollinaza incrementa las concentraciones de PB (Arcos-Alvarez *et al.*, 2021). También, Apráez y Moncayo (2003) y Ruiz (2007) no encontraron efectos de diferentes fuentes y dosis de MO en la composición química de *C. clandestinus*. Por ello, es importante mencionar que la fertilización integral (microbiológica, química y orgánica) tiene potencial para mejorar la eficiencia en los planes de fertilización (Paungfoo-Lonhienne *et al.*, 2019). En el presente experimento, la aplicación de MO incrementó la PB,  $EN_L$ , y DMS, y las concentraciones de FDN decrecieron durante el período de lluvias. En contraste, 2 t ha<sup>-1</sup> redujo las concentraciones de PB, Ca, P,  $EN_L$ , y DMS e incrementó la FDN durante el período seco (tablas 3 y 5). Por otra parte, la aplicación de cal dolomita incrementó las concentraciones de PB y de fibra en diferentes forrajes (Bobadilla-Rivera *et al.*, 2018). La aplicación de cal dolomita mostró efecto lineal con incremento del Ca y reducción de la concentración de PB durante el período de lluvias, pero en épocas de sequía aumentaron las concentraciones de PB y Ca, la DMS, y la  $EN_L$ . Finalmente, al igual que la respuesta agronómica, la humedad del suelo puede definir las diferentes respuestas de concentración de nutrientes del pasto *C. clandestinus* durante los períodos lluvioso y seco.

*Efecto de la frecuencia de cosecha, y aplicación de cal dolomita y MO en los costos del pasto C. clandestinus.* Los costos del forraje están relacionados con el tipo de suelo, la presencia de plantas, las prácticas de manejo, el tipo y la tasa de aplicación de los productos, la presencia de enfermedades y plagas, las condiciones climáticas, y otros factores que varían con relación al sistema de producción. Existe poca información acerca de los costos de producción del pasto *C. clandestinus*. Gómez-Vega *et al.* (2019) informaron que los costos de 1 kg de MS del pasto *C. clandestinus* es de 109,9 \$COP kg<sup>-1</sup>

bajo un manejo tradicional en la Sabana de Bogotá. Sin embargo, no mencionan las prácticas de manejo ni las frecuencias de pastoreo. En este experimento, la frecuencia de cosecha de 35 días mostró que el más bajo costo del kg de MS (95\$COP, tabla 6) se debió a una mayor (103,9 kg de MS d<sup>-1</sup>) y moderada TDC (23,2 kg de MS d<sup>-1</sup>) durante los períodos lluvioso y seco, respectivamente (tablas 2 y 4). Mientras que la frecuencia de cosecha de 28 días tuvo el costo más alto (123\$COP) (tabla 6), debido a la baja TDC durante el período de evaluación (promedio de 34,4 kg de MS d<sup>-1</sup>, tablas 2 y 4). En este sentido, la frecuencia óptima de cosecha debe variar en el transcurso del año para maximizar el uso de la biomasa y reducir los costos de forraje.

Ruiz (2007) refirió que la aplicación de purines de cerdo, gallina, vaca o cuy aumentó el costo del *C. clandestinus* en 94, 36, 82, y 89 \$COP kg<sup>-1</sup> de MS en lo que respecta a ninguna aplicación de MO. Alayón-García (2014) mencionó que los biofertilizantes redujeron la rentabilidad de la finca y no se recomiendan como estrategia a largo plazo. En este experimento, una tonelada de MO o cal dolomita incrementó 11,9 y 422 \$COP el costo de cada kg de MS, respectivamente. Por lo anterior, la evaluación de un nivel óptimo de cal dolomita y MO se debe determinar con relación a la respuesta del forraje y el costo de producción en cada sistema de producción. Sin embargo, es necesario evaluar el efecto a largo plazo de la aplicación de cal dolomita y MO en la producción de forraje y el valor nutritivo para generar recomendaciones prácticas para los productores.

Se concluye que para maximizar la producción de forraje del pasto *C. clandestinus*, la frecuencia de cosecha debe ser diferente durante los períodos lluvioso y seco. Mantener una frecuencia constante de cosecha o pastoreo durante todo el año no es una buena práctica. Además, la aplicación de cal dolomita y MO no incrementó la PMS ni el valor nutritivo de *C. clandestinus* durante el período evaluado. Las características del suelo y del ambiente pueden definir la eficacia de la aplicación de cal dolomita y MO. Se deben realizar experimentos a largo plazo en otras condiciones climáticas y de suelo para evaluar el efecto de la cal dolomita y la MO. Finalmente, es importante considerar para futuros trabajos los microorganismos, la macrofauna y la composición física del suelo para tener mejores resultados.

#### Agradecimientos

Se agradece a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, AGROSAVIA, y al

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por el financiamiento para esta investigación.

#### Conflicto de intereses

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

#### Contribución de los autores

- Edgar Augusto Mancipe-Muñoz. Conceptualización y diseño experimental, recopilación y análisis datos, redacción y revisión.
- Javier Castillo-Sierra. Recopilación y análisis datos, redacción y revisión.
- Yesid Avellaneda-Avellaneda. Conceptualización y diseño experimental, recopilación y análisis datos, redacción y revisión.
- Juan de Jesús Vargas-Martínez. Conceptualización y diseño experimental, recopilación y análisis datos, redacción y revisión.

#### Referencias bibliográficas

- Alayón-García, Nancy A. *Evaluación de tres bioabonos sobre el desarrollo vegetativo y productivo del pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum) en el municipio de La Calera Departamento de Cundinamarca*. Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Manizales, Colombia: Facultad de Ciencias Contables Económicas y Medio Ambiente, Universidad de Manizales [https://ridum.umanizales.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12746/1245/1/Alayon\\_Nancy\\_Andrea\\_2014.pdf](https://ridum.umanizales.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12746/1245/1/Alayon_Nancy_Andrea_2014.pdf), 2014.
- Apráez, J. E. & Moncayo, A. O. Caracterización agro-nómica y bromatológica de una pradera de kikuyo (*Cenchrus clandestinus* Hochst ex. Chiov Morrone) sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral. *Colombia Lead*. 10:25-35, 2003.
- Arango-Gaviria, Juliana; Cardona-Naranjo, F. A.; López-Herrera, A.; Correa-Londoño, G. & Echeverri-Zuluaga, J. J. Variación de caracteres morfológicos del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el trópico alto de Antioquia. *Rev. CES Med. Zootec.* 12 (1):44-52, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21615/cesmvz.12.1.4>.
- Arcos-Álvarez, C.; Lascano-Armas, Paola J.; Guevara-Viera, R. V.; Guevara-Viera, G. E.; Torres-Inga, C. S.; Aguirre-de-Juana, Á. J. *et al.* Producción de leche de vacas en pastoreo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, ex. Chiov) fertilizado con pollinaza. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 24:63. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/download/3333/1618>, 2021.
- 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 26 (1):44-52, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1177%2F0967033517746900>.
- Avellaneda-Avellaneda, Y.; Mancipe-Muñoz, E. A. & Vargas-Martínez, J. de J. Efecto de la edad de rebrote sobre el desarrollo morfológico y la composición química del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el trópico alto colombiano. *Rev. CES Med. Zootec.* 15 (2):23-37, 2020. DOI: <https://doi.org/10.2165/cesmvz.15.2.2>.
- Awad, A. S.; Edwards, D. G. & Milham, P. J. Effect of pH and phosphate on soluble soil aluminium and on growth and composition of kikuyu grass. *Plant Soil.* 45:531-542, 1976. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00010577>.
- Benvenuti, M. A.; Findsen, C.; Savian, J. V.; Mayer, D. G. & Barber, D. G. The effect of stage of regrowth on the physical composition and nutritive value of the various vertical strata of kikuyu (*Cenchrus clandestinus*) pastures. *Trop. Grassl.-Forrajes trop.* 8 (2):141-146, 2020. DOI: [https://doi.org/10.17138/TGFT\(8\)141-146](https://doi.org/10.17138/TGFT(8)141-146).
- Bobadilla-Rivera, Leidy G.; Chichiye-Vela, E. & Oliva, M. Effect of four soil lighter materials on yield of five forage species present in the district of Molinopampa (Amazonas Region). *Rev. de investig. agroproducción sustentable.* 2 (1):7-13, 2018. DOI: <https://doi.org/10.25127/aps.20181.378>.
- Castillo, J.; Benavides, J.; Vargas, J.; Avellaneda, Y. & García, G. Applied research on dairy cattle feeding systems in Colombian high tropics. *Rev. cienc. agric.* 36 (2):108-122, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22267/rcia.193602.122>.
- Correa, H. J.; Escalante, L. F. & Jaimes, Ligia 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 (6). <http://www.lrrd.org/lrrd30/6/hjcor30097.html>, 2018.
- David-Giraldo, R. D.; Ramírez, María C. & Castro, D. Efecto de la aplicación de las fuentes convencionales de calcio (cales) en el suelo, en la concentración de Ca en tejido y en la biomasa del pasto kikuyo. *Revista UCO.* 31 (46):113-126. <https://revistas.uco.edu.co/index.php/uco/article/download/321/399/662>, 2020.
- Escobar-Charry, M. A.; Cardenas-Rocha, E. A. & Carrulla-Fornaguera, J. E. Effect of altitude and defoliation frequency in the quality and growth of Kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*). *Rev. Fac. Nac. Agron., Medellín.* 73 (1), 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.77330>.
- Fonseca, C.; Balocchi, O.; Keim, J. P. & Rodríguez, C. Efecto de la frecuencia de defoliación en el rendimiento y composición nutricional de *Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov. *Agro Sur.* 44 (3):67-76, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4206/agrosur.2016.v44n3-07>.
- Fulkerson, W. J.; Slack, K. & Havilah, E. The effect of defoliation interval and height on growth and herbage quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). *Trop. Grassl.* 33:138-145. [https://www.researchgate.net/publication/228506872\\_The\\_effect\\_of\\_defoliation\\_interval\\_and\\_height\\_on\\_growth\\_and\\_herbage\\_quality\\_of\\_kikuyu\\_grass\\_Pennisetum\\_clandestinum](https://www.researchgate.net/publication/228506872_The_effect_of_defoliation_interval_and_height_on_growth_and_herbage_quality_of_kikuyu_grass_Pennisetum_clandestinum), 1999.
- Gacheta-Sánchez, Jenny C. *Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica y química sobre la producción y calidad de pastos e Guatavita Cundinamarca.* Bogotá: Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76844>, 2019.
- Gómez-Vega, S.; Caicedo-Pinzón, R. & Vargas-Martínez, J. Efecto de la suplementación estratégica en un sistema de lechería en Cundinamarca, Colombia. *Rev. investig. vet. Perú.* 30 (3):1109-1116, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i3.15302>.
- Iqbal, N.; Masood, A. & Khan, N. A. Analyzing the significance of defoliation in growth, photosynthetic compensation and source-sink relations. *Photosynthetica.* 50:161-170, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-012-0029-3>.
- Martins, C. D. M.; Gonçalves, D. S. P.; Miqueloto, D. T. & Sbrissia, A. F. Defoliation intensity and leaf area index recovery in defoliated swards: implications for forage accumulation. *Sci. agric.*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0095>.
- Mila-Prieto, A. & Corredor-Sanchez, G. Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. *Corpoica Cienc. y Tecnol. Agropecu.* 5 (1):70-75. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449953025011>, 2004.
- Molina-Gerena, M. R. E. *Altura de defoliación y recuperación de la pastura kikuyo (Cenchrus clandestinus) en la provincia de Ubaté.* Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en Producción Animal. Bogotá: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76159>, 2018.
- Núñez-Arroyo, J. M.; Jiménez-Castro, J. P.; Tobía-Rivero, C. M.; Arias-Gamboa, L. M.; Jiménez-Alfaro, E. & Padilla-Fallas, J. E. Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre la biomasa y

- calidad bromatológica en gramíneas utilizadas en tres zonas agroclimáticas de Costa Rica (I PARTE). *Nutrición Animal Tropical*. 16 (1):31-52, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15517/nat.v16i1.50370>.
- Orozco, F. *Efecto de las heces de cerdo 'porquinaza' sobre la materia orgánica, el nitrógeno y elementos tóxicos y deficientes en diferentes suelos y pasto (Pennisetum clandestinum)*. Medellín, Colombia: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. [https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7107/8287520.1988\\_1.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7107/8287520.1988_1.pdf?sequence=3&isAllowed=y), 1988.
- Osorno-Henao, H. *Mitos y realidades de las cales y enmiendas en Colombia*. Trabajo de grado. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9810/70660741.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2012.
- Paungfoo-Lonhienne, Chanyarat; Redding, M.; Pratt, C. & Wang, W. Plant growth promoting rhizobacteria increase the efficiency of fertilisers while reducing nitrogen loss. *J. Environ. Manage.* 233:337-341, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.052>.
- Rao, I.; Peters, M.; Castro, A.; Schultze-Kraft, R.; White, D.; Fisher, M. *et al.* LivestockPlus-The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. *Trop. Grassl.-Forrajes Trop.* 3 (2):59-82, 2015. DOI: [https://doi.org/2015.doi:10.17138/tgft\(3\)59-82](https://doi.org/2015.doi:10.17138/tgft(3)59-82).
- Ruiz, A. *Respuesta del pasto kikuyo a la aplicación de diferentes restauradores de suelo*. Tesis para optar por el título de Zootecnista. Nariño, Colombia: Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño, 2007.
- Shepard, Erin M.; Sollenberger, Lynn E.; Kohmann, Marta M.; Silva, Liliane S. da; Dubeux, J. C. B. & Vendramini, J. M. B. Phenotypic plasticity and other forage responses to grazing management of ecoturf rhizoma peanut. *Crop Sci.* 58 (5):2164-2173, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.03.0150>.
- Sollenberger, Lynn E.; Aiken, Glen E. & Wallau, M. O. Managing grazing in forage-livestock systems. In: M. Rouquette Jr. and G. E. Aiken, eds. *Management strategies for sustainable production in southern pastures*. San Diego, USA: Academic Press. p. 77-100, 2020a.
- Sollenberger, Lynn E.; Newman, Yoana C. & Macoon, B. Pasture design and grazing management. In: K. J. Moore, M. Collins, C. J. Nelson and D. D. Redfearn, eds. *Forages: The science of grassland agriculture*. 7th ed. USA: Wiley, 2020b.
- 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, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21615/cesmvz.13.2.4>.