

## Artículo de investigación

**Effect of regrowth period on morphological development and chemical composition of kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) in Colombian's highlands***Efecto de la edad de rebrote sobre el desarrollo morfológico y la composición química del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el trópico alto colombiano**Efeito da idade de rebrota no desenvolvimento morfológico e composição química do capim kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) nos altos trópicos colombianos*Yesid Avellaneda Avellaneda <sup>1</sup>, Zoot, MSc [✉ CvLAC](#); Edgar Augusto Mancipe Muñoz <sup>1</sup>, Ing Agrof, [CvLAC](#); Juan de Jesús Vargas Martínez <sup>1</sup>, Zoot, MSc, PhD, [CvLAC](#)**Fecha correspondencia:**

Recibido: 12 de mayo de 2020.

Aceptado: 1 de julio de 2020.

**Forma de citar:**Avellaneda Avellaneda Y, Mancipe Muñoz EA, 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, 2020; Vol 15 (2): 23-37.[Open access](#)[© Copyright](#)[Creative commons](#)[Éthics of publications](#)[Peer review](#)[Open Journal System](#)DOI: [http://dx.doi.org/10.21615/](http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.15.2.2)[cesmvz.15.2.2](#)

ISSN 1900-9607

Comparte

**Abstract**

Compositional and growth dynamics knowledge of Kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) allows establishing strategies to maximize animal performance. The objective of this work was to evaluate the effect of the regrowth period on morphological, compositional, and productive variables of Kikuyu grass in Alto Chicamocha (AC), Bogotá savanna (SB) and Ubaté-Chiquinquirá (UC) dairying regions, during rainy and dry seasons. Two farms were selected per region and the forage growth was evaluated from 7 to 70 regrowth day. Plant height, leaf length and width, and stolon width were determined. Also, biomass production and chemical composition were defined. The data were analyzed as a randomized complete design with repeated measurements (10 regrowth stages). Plant height was higher ( $p < 0.05$ ) during the rainy season from day 14, 42, and 49 in AC, SB, and UC, respectively. Leaf number increased ( $p < 0.05$ ) during the forage regrowth, independently of the season in SB and UC. Dry matter production was higher ( $p < 0.05$ ) in the rainy season, from day 42 in AC and UC, and 49 in SB. Crude protein decreased ( $p < 0.05$ ) during the growth period and presented high values in the rainy season in AC and SB regions. The production and chemical composition of the Kikuyu grass was affected by regrowth age and season, which requires adjusting the feeding programs related to forage characteristics and animal nutrient requirements in each region.

**Keywords:** Regrowth period, grazing, *Pennisetum clandestinum*, grazing systems.

**Resumen**

El conocimiento de la dinámica composicional y de crecimiento del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) permite establecer estrategias de manejo para maximizar la producción animal. El objetivo de este trabajo fue evaluar

**Filiación:**

\*Autor para correspondencia:  
Edgar Augusto Mancipe.  
Correo electrónico:  
emancipe@agrosavia.co

1. Corporación Colombiana  
de Investigación  
Agropecuaria- Agrosavia.  
Centro de Investigación  
Tibaitatá. Km 14 Vía  
Mosquera. Mosquera,  
Cundinamarca, Colombia.  
Red de Ganadería y  
Especies Menores. Grupo  
de Investigación en  
Microbiología y Nutrición  
Animal del Trópico.

el efecto de la edad de rebrote sobre las variables morfológicas, composicionales y productivas del pasto kikuyo en las cuencas lecheras Alto Chicamocha (AC), Sabana de Bogotá (SB) y Ubaté-Chiquinquirá (UC) durante las épocas de lluvia y sequía. Se seleccionaron dos fincas por cuenca y se evaluó el crecimiento del forraje a través de un muestreo longitudinal del kikuyo desde el día 7 al 70 de rebrote. En cada muestreo se determinó la altura de la planta, la longitud y el ancho de las hojas y el ancho del estolón. Además, se midió el rendimiento y la composición química del forraje. Los datos se analizaron como un diseño completo al azar con medidas repetidas (10 etapas de rebrote). La altura de la planta fue superior ( $p < 0,05$ ) en época de lluvias a partir del día 14, 42 y 49 en AC, SB y UC, respectivamente. El número de hojas aumentó con la edad de rebrote ( $p < 0,05$ ), independiente de la época en SB y UC. El rendimiento de forraje seco fue mayor ( $p < 0,05$ ) en la época de lluvias, desde el día 42 en AC y UC y desde el 49 en SB. La proteína cruda disminuyó ( $p < 0,05$ ) con la edad de la planta y presentó los mayores valores en la época de lluvias en las cuencas AC y SB. El rendimiento y la composición química del kikuyo fue afectada por la edad de rebrote y la época de corte, lo cual hace necesario ajustar los esquemas de alimentación de acuerdo con las características del forraje y el requerimiento nutricional de los animales en cada región.

**Palabras clave:** Edad de rebrote, pastoreo, *Pennisetum clandestinum*, sistemas pastoriles.

**Resumo**

O conhecimento da composição e da dinâmica de crescimento do capim-kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) permite estabelecer estratégias de manejo para maximizar a produção animal. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da idade de rebrota nas variáveis morfológicas, composicionais e produtivas do capim-kikuyo nas bacias leiteiras de Alto Chicamocha (AC), Sabana de Bogotá (SB) e Ubaté-Chiquinquirá (UC) durante as épocas de chuva e seca. Duas fazendas por bacia foram selecionadas e o crescimento da forragem foi avaliado por meio de uma amostragem longitudinal do kikuyo do 7º ao 70º dia de rebrota. Em cada amostragem, foram determinados a altura da planta, o comprimento e a largura das folhas e a largura do estolão. Além disso, foram medidos o rendimento e a composição química da forragem. Os dados foram analisados em um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas (10 estágios de rebrota). A altura da planta foi maior ( $p < 0,05$ ) no período chuvoso a partir dos dias 14, 42 e 49 no AC, SB e UC, respectivamente. O número de folhas aumentou com a idade de rebrota ( $p < 0,05$ ), independente da estação do ano em SB e UC. A produção de forragem seca foi maior ( $p < 0,05$ ) no período chuvoso, a partir do dia 42 no AC e UC e a partir do dia 49 no SB. A proteína bruta diminuiu ( $p < 0,05$ ) com a idade da

planta e apresentou os maiores valores no período chuvoso nas bacias AC e SB. O rendimento e a composição química do kikuyo foram afetados pela idade de rebrota e época de corte, o que torna necessário ajustar os esquemas alimentares de acordo com as características da forragem e as exigências nutricionais dos animais de cada região.

**Palavras-chave:** Idade de rebrota, pastejo, *Pennisetum clandestinum*, sistemas pastoris.

## Introducción

Los sistemas de rumiantes soportados en pasturas requieren el desarrollo de estrategias sostenibles que permitan superar los retos productivos, ambientales y sociales del sector<sup>26</sup>. Para esto, es indispensable conocer las características fisiológicas, productivas y composicionales de los forrajes, esto permite la generación de recomendaciones de manejo que potencialicen la rentabilidad de la finca, disminuyan el impacto ambiental y mejoren la calidad de vida del productor<sup>17</sup>.

En Colombia, los sistemas de alimentación de rumiantes en el trópico alto, i.e. por encima de los 2200 m.s.n.m., están soportados en pasturas, principalmente el kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), y la inclusión de suplementos concentrados<sup>8, 16, 32</sup>. Las prácticas de manejo de los forrajes son tradicionales, con periodos de rebrote extensos y estáticos a lo largo del año, lo que resulta en la acumulación de material muerto y la disminución en el valor nutricional del forraje<sup>24, 29</sup>. Aunado a esto, las diferentes condiciones ambientales de las cuencas lecheras colombianas hacen que el pasto kikuyo presente una expresión productiva (crecimiento y composición) diferente para cada localidad<sup>25</sup>. En la literatura se reportan las características productivas (i.e. rendimiento de biomasa) y composicionales (e.g. composición química y valor nutricional) del pasto kikuyo<sup>9, 13, 25</sup>. Sin embargo, en la revisión de literatura no se encontró la descripción del desarrollo morfológico y composicional de este forraje en las diferentes cuencas lecheras colombianas.

Los costos de alimentación (pasturas y suplementos alimenticios) representan entre 34 y 44 % de los costos de producción en los sistemas de lechería especializada<sup>1</sup>, siendo el forraje el recurso más económico dentro de la dieta de los rumiantes. Es por esto que, la descripción de las características productivas y composicionales del kikuyo permitiría el desarrollo de sistemas de alimentación que disminuyan los costos de producción y maximicen la rentabilidad del predio. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la edad de rebrote sobre la dinámica de las variables morfológicas, composicionales y productivas del pasto kikuyo durante dos épocas climáticas en tres cuencas lecheras del trópico alto colombiano.

## Materiales y métodos

### Zonas experimentales

La descripción morfológica del crecimiento, la producción de biomasa y la composición química del kikuyo fue evaluada en tres cuencas lecheras del trópico alto colombiano, correspondientes a los departamentos de Cundinamarca y Boyacá (Tabla 1). En cada cuenca se seleccionaron dos fincas con prácticas de manejo similar y orientadas hacia la producción de leche, que representaran los sistemas de producción de las zonas y que cumplieran con los siguientes criterios: presencia de pasturas homogéneas de kikuyo, establecimiento de esquemas de rotación de potreros, manejo de registros de producción y que las praderas presentaran un estado sanitario y nutricional adecuado.

En la cuenca lechera del Alto Chicamocha se seleccionó la finca Ubase en el municipio de Tuta (5°71'92" N – 73°22'60" O) y la finca Las Mesitas en el municipio de Firavitoba (5°70'68" N – 73°96'36" O). En la cuenca lechera de la Sabana de Bogotá se seleccionó la finca La Primavera en el municipio de Nemocón (5°03'56" N, -73°06'20" O) y la finca Tibaitatá en el municipio de Mosquera (4°69'25" N, -74°21'18" O). Finalmente, en el Valle de Ubaté-Chiquinquirá se seleccionó la finca Ginebra en el municipio de Simijaca (5°53'28" N, -73°80'98" O) y la finca Quebraditas en el municipio de Saboya (5°38'55" N, 73°46'31" O).

Se realizaron dos estudios longitudinales de crecimiento, durante las dos épocas que tradicionalmente corresponden a periodos de lluvias (octubre, noviembre y diciembre de 2015) y de sequía (enero, febrero y marzo de 2016). Durante el experimento se registró la precipitación utilizando un pluviómetro (en PVC Marca Fercon) en las fincas en donde se realizaron las evaluaciones (Tabla 1).

**Tabla 1.** Precipitación acumulada (mm/mes) en los predios experimentales en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. 2015-2016.

Mes	Ubaté Chiquinquirá		Alto Chicamocha		Sabana de Bogotá	
	Simijaca	Saboya	Tuta	Firavitoba	Nemocón	Mosquera
Oct	32,3	82,8	22,6	82,9	90,1	21,2
Nov	512,4	116,3	523,5	39,0	75,3	64,1
Dic	3,0	13,8	3,0	8,2	30,2	3,7
Ene	2,7	15,1	2,1	1,0	25,0	3,9
Feb	13,7	15,1	1,9	1,0	35,1	38,6
Mar	84,9	3,0	3,1	0,2	50,4	26,9

### Diseño metodológico

En cada finca se seleccionó un lote homogéneo de 4 x 10 m (área 40 m<sup>2</sup>), con predominancia de kikuyo, el cual fue dividido en 10 subparcelas de 1 x 4 metros (4 m<sup>2</sup>). Cada subparcela correspondió a una edad de rebrote (10 edades), y en cada una se ubicaron tres alturas de muestreo (baja, media y alta). Además, en cada lote se tomó una muestra de suelos que fue enviada al laboratorio de suelos de Agrosavia, para la determinación de su composición química (Tabla 2).

**Tabla 2.** Composición química de los suelos en los predios experimentales en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. 2015-2016.

Ítem	Unidad	Ubaté Chiquinquirá		Alto Chicamocha		Sabana de Bogotá	
		Simijaca	Saboya	Tuta	Firavitoba	Nemocón	Mosquera
pH		6,47	4,87	5,28	4,83	5,48	5,70
CE	dS m <sup>-1</sup>	0,37	0,34	0,15	0,51	0,67	1,31
MO	%	3,51	20,11	3,99	8,01	10,02	10,14
P disp.	mg kg <sup>-1</sup>	19,21	34,30	4,81	22,85	46,53	34,54
S disp.	mg kg <sup>-1</sup>	14,29	22,84	4,50	46,59	16,21	201,91
Al interc.	cmol kg <sup>-1</sup>	-	3,54	1,15	3,10	-	
Ca interc.	cmol kg <sup>-1</sup>	10,82	3,98	2,88	9,31	12,89	16,67
Mg interc.	cmol kg <sup>-1</sup>	2,19	0,38	1,29	2,45	2,94	1,97
K interc.	cmol kg <sup>-1</sup>	0,17	0,17	0,92	0,82	0,96	2,20
Na interc.	cmol kg <sup>-1</sup>	0,09	0,12	0,07	0,32	0,29	0,22
CICE	cmol kg <sup>-1</sup>	13,28	9,15	6,87	16,99	17,08	21,06
Fe disp.	mg kg <sup>-1</sup>	118	614	1037	1945	2217	536,07
Mn disp.	mg kg <sup>-1</sup>	1,04	2,68	2,59	15,64	15,81	3,86
Zn disp.	mg kg <sup>-1</sup>	2,28	1,45	4,42	2,50	11,19	61,7
Cu disp.	mg kg <sup>-1</sup>	1,34	1,10	1,90	3,03	3,73	1,93
B disp.	mg kg <sup>-1</sup>	0,25	0,25	0,23	0,46	0,46	0,98

### Manejo experimental

El seguimiento al crecimiento del pasto kikuyo fue realizado en cada predio semanalmente durante 70 días de rebrote a la misma hora del día. Inicialmente, se definió el horizonte de pastoreo, o altura del forraje residual, de cada finca. Para el muestreo del forraje, en cada subparcela se determinó la altura de la pastura en 30 puntos haciendo un desplazamiento aleatorio en la totalidad del área. Luego, se realizó un cuadro de distribución de frecuencias por altura con tres amplitudes y se calculó la marca de clase y la frecuencia relativa de cada una de ellas. Posteriormente, se ubicaron las tres (3) alturas promedio, se cortó y pesó (Ohaus, V11C6) la biomasa utilizando un marco de 0,25 m<sup>2</sup> a la altura que correspondía con el horizonte de pastoreo. Se tomaron tres muestras de 500 g de forraje verde, correspondientes a los grupos con diferente altura. Las muestras fueron secadas y conservadas para posterior análisis químico. El rendimiento de biomasa fue calculado de acuerdo con la proporción y la cantidad de forraje en cada altura. Finalmente, posteriores muestreos se realizaron sobre la base de la altura modal del muestreo previo, evitando realizar mediciones sobre forrajes de menor edad fisiológica. Es importante mencionar que cada predio mantuvo el manejo tradicional de las praderas.

### Variables evaluadas

La producción de forraje verde y seco fue determinada en cada predio por cada día de muestreo. Además, se determinó la altura de las pasturas, longitud y ancho de las hojas, número de hojas y ancho del estolón (tomado entre nudos, utilizando un calibrador Lcd 6 pulgadas Micrómetro Digital, pie de rey). La composición química fue calculada a través de la metodología NIRS, en el laboratorio de química analítica de Agrosavia (Mosquera, Cundinamarca), en donde se reportó Fibra en Detergente Neutro (FDN), Fibra en Detergente Ácido (FDA), Proteína Cruda (PC) y Energía Neta de Lactancia (EN<sub>L</sub>)<sup>3</sup>.

### Análisis y diseño estadístico

Las variables fueron evaluadas a través de un diseño completo al azar con medidas repetidas, en donde los factores principales de variación fueron la época de medición (lluvia y sequía) y la edad de rebrote (10 muestreos), la cual fue considerada como una variable categórica debido a la tendencia no lineal de la respuesta<sup>18</sup>. Además, las mediciones por categoría de la altura para cada edad (baja, media, alta) se consideraron como un efecto de muestreo. Los predios en cada cuenca fueron considerados las repeticiones. Debido a las características particulares de las regiones, la información se analizó para cada cuenca de manera independiente utilizando el procedimiento MIXED de SAS<sup>®30</sup> versión 9.4 y se compararon las medias a través de la prueba de Tukey. El error presentó una distribución normal y varianza homogénea.

## Resultados

### Características morfológicas del pasto kikuyo

Las variables morfológicas evaluadas en las fincas del Alto Chicamocha presentaron interacción ( $P < 0,05$ ) entre la edad de rebrote y la época de evaluación, excepto para el ancho del estolón, que no presentó diferencias ( $p > 0,05$ ). La longitud de las hojas vivas, el número de hojas totales y vivas y la longitud de las hojas fue mayor ( $p < 0,05$ ) en épocas de lluvias respecto a sequía desde el día 28 de rebrote. Mientras que la longitud de la planta fue mayor ( $P < 0,05$ ) en época de lluvias desde el día 14 de rebrote (Tabla 3).

El número de hojas vivas en la sabana de Bogotá se incrementó ( $P < 0,05$ ) con la edad de rebrote, pero no fue afectada ( $p > 0,05$ ) por la época de corte. Las demás variables morfológicas evaluadas en esta cuenca presentaron interacción ( $P < 0,05$ ) entre la edad de rebrote y la época de corte. En lluvias, la longitud de la planta fue mayor ( $P < 0,05$ ), mientras que el ancho del estolón fue menor ( $p < 0,001$ ), desde el día 35 y 42, respectivamente. Mientras que el número de hojas totales y la longitud de las hojas vivas fueron mayores ( $p < 0,05$ ) en la época de lluvias entre los 28 y 35 días y 42 y 49 días, respectivamente (Tabla 4).

**Tabla 3.** Efecto de la edad de rebrote sobre las características morfológicas del pasto kikuyo en épocas de lluvia y de sequía en la cuenca lechera del Alto Chicamocha.

Periodo de rebrote	Longitud de la planta		Hojas totales		Hojas vivas		Longitud de las hojas vivas		Ancho del estolón	
	(cm)		(N°)		(N°)		(cm)		(mm)	
	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias
7	3,7	8,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,3	3,5	2,6	2,7
14	4,5 <sup>b</sup>	12,5 <sup>a</sup>	2,0	2,2	2,0	2,2	3,1	6,5	2,5	2,8
21	5,7 <sup>b</sup>	18,4 <sup>a</sup>	2,0	2,9	2,0	2,8	3,9	9,2	2,8	3,3
28	6,1 <sup>b</sup>	22,5 <sup>a</sup>	2,0 <sup>b</sup>	3,5 <sup>a</sup>	2,0 <sup>b</sup>	3,3 <sup>a</sup>	4,2 <sup>b</sup>	10,5 <sup>a</sup>	2,8	2,8
35	5,5 <sup>b</sup>	29,8 <sup>a</sup>	2,1 <sup>b</sup>	4,7 <sup>a</sup>	2,0 <sup>b</sup>	4,0 <sup>a</sup>	3,5 <sup>b</sup>	12,9 <sup>a</sup>	2,4	3,1
42	6,5 <sup>b</sup>	44,1 <sup>a</sup>	2,2 <sup>b</sup>	5,9 <sup>a</sup>	2,1 <sup>b</sup>	4,6 <sup>a</sup>	4,4 <sup>b</sup>	19,9 <sup>a</sup>	2,9	3,4
49	8,3 <sup>b</sup>	49,9 <sup>a</sup>	2,4 <sup>b</sup>	6,5 <sup>a</sup>	2,2 <sup>b</sup>	4,8 <sup>a</sup>	5,4 <sup>b</sup>	23,6 <sup>a</sup>	2,3	3,3
56	10,1 <sup>b</sup>	52,5 <sup>a</sup>	2,7 <sup>b</sup>	7,3 <sup>a</sup>	2,4 <sup>b</sup>	5,3 <sup>a</sup>	6,5 <sup>b</sup>	26,2 <sup>a</sup>	2,6	3,0
63	13,9 <sup>b</sup>	61,3 <sup>a</sup>	3,6 <sup>b</sup>	9,0 <sup>a</sup>	2,9 <sup>b</sup>	5,9 <sup>a</sup>	8,6 <sup>b</sup>	31,0 <sup>a</sup>	3,2	3,2
70	17,0 <sup>b</sup>	56,6 <sup>a</sup>	4,2 <sup>b</sup>	8,3 <sup>a</sup>	3,2 <sup>b</sup>	5,8 <sup>a</sup>	10,3 <sup>b</sup>	29,0 <sup>a</sup>	2,6	3,2
EEM <sup>1</sup>	2,84		0,50		0,26		2,20		0,29	
	$p < ^2$									
ER x EV	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		ns	

<sup>a,b</sup>. Letras diferentes entre filas representa diferencias significativas. ns: no significativo.

<sup>1</sup>. Error estándar de la media.

<sup>2</sup>. ERxEV: efecto de la interacción entre la edad de rebrote y la época de evaluación.

En el valle de Ubaté-Chiquinquirá, el número de hojas vivas incrementó ( $P < 0,05$ ) con la edad de rebrote, pero no fue afectado por la época de evaluación. El ancho del estolón fue mayor ( $P < 0,05$ ) en la época de lluvia entre los 7 y 28 y los 42 y 72 días de rebrote. La longitud de las hojas vivas y la longitud de la planta fue mayor ( $P < 0,05$ ) desde los 42 y 49 días de rebrote, respectivamente. Finalmente, el número de hojas fue mayor únicamente en el día 42 de la época de sequía respecto a la de lluvia (Tabla 5).

**Tabla 4.** Efecto de la edad de rebrote sobre las características morfológicas del pasto kikuyo en épocas de lluvia y de sequía en la cuenca lechera de la sabana de Bogotá.

Periodo de rebrote	Longitud de la planta		Hojas totales		Hojas vivas		Longitud de las hojas vivas		Ancho del estolón	
	(cm)		(N°)		(N°)		(cm)		(mm)	
	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias
7	10,4	12,4	5,0	5,5	3,7	4,3	5,8	5,7	1,96	2,36
14	14,2	13,1	5,7	5,5	4,3	4,2	7,8	5,9	2,00	2,39
21	17,8	19,9	5,3	5,6	5,7	4,9	9,7	10,9	2,27	2,37
28	20,8	21,8	5,0 <sup>b</sup>	8,7 <sup>a</sup>	4,7	4,6	10,1	11,0	2,52	1,98
35	19,2	25,6	6,7 <sup>b</sup>	9,2 <sup>a</sup>	5,0	5,1	8,4	13,2	2,83 <sup>a</sup>	2,16 <sup>b</sup>
42	19,8 <sup>b</sup>	42,2 <sup>a</sup>	9,0	9,6	5,7	5,3	10,4 <sup>b</sup>	18,6 <sup>a</sup>	3,27 <sup>a</sup>	2,80 <sup>b</sup>
49	29,3 <sup>b</sup>	50,6 <sup>a</sup>	9,7	10,5	6,0	5,5	14,6 <sup>b</sup>	20,0 <sup>a</sup>	3,61 <sup>a</sup>	2,81 <sup>b</sup>
56	30,3 <sup>b</sup>	53,7 <sup>a</sup>	10,0	8,9	4,7	5,1	17,0	21,3	3,79 <sup>a</sup>	2,62 <sup>b</sup>
63	34,7 <sup>b</sup>	57,4 <sup>a</sup>	10,0	10,9	4,7	5,8	17,4	21,7	3,59 <sup>a</sup>	2,96 <sup>b</sup>
70	37,3 <sup>b</sup>	61,6 <sup>a</sup>	11,1	10,2	5,3	5,5	20,8	23,4	3,72 <sup>a</sup>	2,97 <sup>b</sup>
EEM <sup>1</sup>	7,28		0,57		0,46		2,60		0,22	
	p< <sup>2</sup>									
ER	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
EV	Ns		ns		ns		ns		ns	
ER x EV	<0,001		<0,05		ns		<0,001		<0,001	

<sup>ab</sup>. Letras diferentes entre filas representa diferencias significativas, ns: no significativo. <sup>1</sup>. Error estándar de la media. <sup>2</sup>. ER: Efecto de la edad de rebrote. EV: Efecto de la época de evaluación. ERxEV: efecto de la interacción entre la edad de rebrote y la época de evaluación.

**Tabla 5.** Efecto de la edad de rebrote sobre las características morfológicas del pasto kikuyo en épocas de lluvia y de sequía en la cuenca lechera del valle de Ubaté-Chiquinquirá.

Periodo de rebrote	Longitud de la planta		Hojas totales		Hojas vivas		Longitud de las hojas vivas		Ancho del estolón	
	(cm)		(N°)		(N°)		(cm)		(mm)	
	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias
7	13,3	10,0	7,0	7,7	4,7	4,4	5,2	4,1	3,6 <sup>b</sup>	4,5 <sup>a</sup>
14	19,9	13,9	8,2	8,9	5,5	5,6	9,6	6,3	3,5 <sup>b</sup>	4,6 <sup>a</sup>
21	29,0	18,8	8,5	8,4	6,0	5,6	9,4	8,8	3,7 <sup>b</sup>	4,7 <sup>a</sup>
28	28,4	29,9	8,8	8,2	5,2	5,7	15,5	14,9	3,8 <sup>b</sup>	4,8 <sup>a</sup>
35	30,8	36,5	8,3	8,6	5,5	5,5	13,2	17,0	3,6	4,2
42	35,4	44,7	10,1 <sup>a</sup>	9,1 <sup>b</sup>	6,1	5,7	15,4 <sup>b</sup>	22,2 <sup>a</sup>	3,8 <sup>b</sup>	4,9 <sup>a</sup>
49	30,3 <sup>b</sup>	42,2 <sup>a</sup>	10,0	10,6	6,7	6,4	14,2 <sup>b</sup>	19,0 <sup>a</sup>	3,8	4,3
56	36,9 <sup>b</sup>	53,3 <sup>a</sup>	9,3	9,5	5,7	6,2	17,6 <sup>b</sup>	22,5 <sup>a</sup>	4,2	4,3
63	40,4 <sup>b</sup>	52,6 <sup>a</sup>	9,8	9,5	5,7	5,7	18,5 <sup>b</sup>	24,0 <sup>a</sup>	4,2	4,8
70	47,3 <sup>b</sup>	60,9 <sup>a</sup>	10,7	10,0	6,3	5,9	20,2 <sup>b</sup>	27,2 <sup>a</sup>	4,1 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>
EEM <sup>1</sup>	4,49		0,51		0,32		1,83		0,30	
	p< <sup>2</sup>									
ER	<0,001		<0,001		<0,001		<0,001		<0,001	
EV	ns		ns		ns		ns		0,035	
ER x EV	<0,001		0,003		ns		<0,001		<0,001	

<sup>ab</sup>. Letras diferentes entre filas representa diferencias significativas, ns: no significativo. <sup>1</sup>. Error estándar de la media. <sup>2</sup>. ER: Efecto de la edad de rebrote. EV: Efecto de la época de evaluación. ERxEV: efecto de la interacción entre la edad de rebrote y la época de evaluación.

### Características productivas y composicionales del pasto kikuyo

Las variables productivas y composicionales evaluadas en la cuenca lechera del Alto Chicamocha presentaron interacción entre la edad de rebrote y la época de evaluación. De esta manera, el rendimiento de biomasa fue mayor ( $P < 0,05$ ) al incrementarse los días de rebrote, y fue diferente entre épocas desde el día 42 de rebrote. Además, las concentraciones de PC y  $EN_L$  disminuyeron y la de FDN y FDA aumentaron con el tiempo de rebrote, aunque, la PC, FDN y  $EN_L$  presentaron diferencias entre épocas al principio y final de rebrote, mientras que el FDA únicamente las presentó al inicio de rebrote (Tabla 6).

**Tabla 6.** Efecto de la edad de rebrote sobre las características productivas y composicionales<sup>1</sup> del pasto kikuyo en épocas de lluvia y de sequía en la cuenca lechera del Alto Chicamocha.

Periodo de rebrote	Rendimiento de biomasa		PC		FDN		FDA		$EN_L$	
	(kg MS ha <sup>-1</sup> )				(%)				(Mcal kg <sup>-1</sup> MS)	
	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias
7	197	777	18,6	20,2	54,9 <sup>a</sup>	51,8 <sup>b</sup>	27,6	27,2	1,35	1,37
14	211	1193	19,9	20,0	55,9	53,7	27,3 <sup>a</sup>	25,0 <sup>b</sup>	1,38	1,37
21	305	1602	20,3 <sup>b</sup>	23,2 <sup>a</sup>	56,3 <sup>a</sup>	53,5 <sup>b</sup>	27,8	27,9	1,38 <sup>b</sup>	1,43 <sup>a</sup>
28	383	1616	19,9	21,4	55,2	54,8	27,6	27,3	1,35	1,36
35	536	1985	19,8	21,5	55,7	55,1	27,8	27,1	1,37	1,40
42	468 <sup>b</sup>	3430 <sup>a</sup>	19,9	19,2	56,1	54,9	28,8	27,6	1,35 <sup>b</sup>	1,40 <sup>a</sup>
49	552 <sup>b</sup>	5365 <sup>a</sup>	19,0	18,7	59,2 <sup>a</sup>	57,3 <sup>b</sup>	28,9	28,3	1,32 <sup>b</sup>	1,38 <sup>a</sup>
56	854 <sup>b</sup>	6138 <sup>a</sup>	15,9 <sup>b</sup>	17,3 <sup>a</sup>	58,9	57,3	28,9	28,8	1,29	1,31
63	1441 <sup>b</sup>	10097 <sup>a</sup>	14,4 <sup>b</sup>	17,2 <sup>a</sup>	60,9 <sup>a</sup>	57,6 <sup>b</sup>	29,2	29,9	1,26 <sup>b</sup>	1,32 <sup>a</sup>
70	1618 <sup>b</sup>	11281 <sup>a</sup>	13,1	14,3	62,0 <sup>a</sup>	60,5 <sup>b</sup>	29,2	30,1	1,24	1,26
EEM <sup>2</sup>	662		1,16		1,38		0,69		0,024	
	$p <^3$									
ER x EV	<0,001		<0,001		<0,001		0,04		<0,001	

<sup>a, b</sup>. Letras diferentes entre filas representa diferencias significativas.

<sup>1</sup>. PC: Proteína cruda. FDN: Fibra en detergente neutro. FDA: Fibra en detergente ácido.  $EN_L$ : Energía neta de lactancia.

<sup>2</sup>. Error estándar de la media.

<sup>3</sup>. ERxEV: efecto de la interacción entre la edad de rebrote y la época de evaluación.

En Sabana de Bogotá, las concentraciones de fibra se incrementaron ( $p < 0,05$ ), mientras que las de PC y  $EN_L$  disminuyeron ( $P < 0,05$ ), al incrementarse la edad de rebrote. La concentración de FDN no fue diferente ( $p > 0,05$ ) entre las épocas de evaluación, sin embargo, las de FDA en época de lluvias fue mayor ( $p < 0,001$ ) al día 14 y menor al día 56 y 70 de rebrote, respecto a la época seca. La concentración de PC fue mayor ( $P < 0,05$ ) en época de lluvias los días 35 y 70 y la  $EN_L$  únicamente el 70 día, respecto a la época seca. Finalmente, la producción de biomasa se incrementó ( $P < 0,05$ ) conforme aumentaba la edad de rebrote, pero se evidenció un mayor rendimiento de biomasa desde el día 49 en época de lluvias respecto a la seca (Tabla 7).

Las variables productivas y composicionales evaluadas en la cuenca del valle de Ubaté-Chiquinquirá presentaron interacción entre la época de evaluación y la edad de rebrote. La producción de biomasa y la concentración de FDN y FDA se incrementaron ( $P < 0,05$ ), mientras que la concentración de PC y  $EN_L$  disminuyeron ( $P < 0,05$ ) al aumentar la edad de rebrote. Además, entre épocas de evaluación, la producción de biomasa y la concentración de PC fueron diferentes desde el día 42 de rebrote, la concentración de  $EN_L$  fue diferente desde el día 35 de rebrote, la de FDN entre los días 7 y 14 y 42 y 70, mientras que en la FDA fue diferente al día 7 y entre los días 21 a 70 de rebrote (Tabla 8).

**Tabla 7.** Efecto de la edad de rebrote sobre las características productivas y composicionales<sup>1</sup> del pasto kikuyo en épocas de lluvia y de sequía en la cuenca lechera de la Sabana de Bogotá.

Periodo de rebrote	Rendimiento de biomasa		PC		FDN		FDA		$EN_L$	
	(kg MS ha <sup>-1</sup> )				(%)				(Mcal kg <sup>-1</sup> MS)	
	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias
7	210	501	19,3	18,3	52,6	49,6	23,4	25,4	1,44	1,40
14	611	424	23,2	20,7	51,7	50,7	23,9 <sup>b</sup>	26,2 <sup>a</sup>	1,45	1,45
21	523	996	21,3	23,6	53,7	50,7	24,5	25,1	1,42	1,45
28	923	1610	21,9	23,4	53,4	51,9	25,1	25,5	1,44	1,47
35	616	2255	20,8 <sup>b</sup>	24,3 <sup>a</sup>	52,9	54,0	24,7	26,4	1,41	1,43
42	716	2893	20,5	22,7	52,5	55,7	24,9	25,5	1,41	1,40
49	1139 <sup>b</sup>	3955 <sup>a</sup>	20,8	20,5	53,3	56,0	25,6	25,9	1,41	1,36
56	1312 <sup>b</sup>	6061 <sup>a</sup>	21,8	18,6	56,3	56,8	28,5 <sup>a</sup>	26,4 <sup>b</sup>	1,36	1,37
63	1553 <sup>b</sup>	6916 <sup>a</sup>	18,1	18,6	57,1	56,6	28,9	27,5	1,33	1,34
70	1763 <sup>b</sup>	7452 <sup>a</sup>	13,4 <sup>b</sup>	18,2 <sup>a</sup>	62,3	60,3	29,7 <sup>a</sup>	27,5 <sup>b</sup>	1,24 <sup>b</sup>	1,34 <sup>a</sup>
EEM <sup>2</sup>	832		1,59		1,69		1,04		0,035	
	$p < ^3$									
ER	<0,001		<0,001		0,042		<0,001		<0,001	
EV	0,028		ns		ns		ns		ns	
ER x EV	<0,001		<0,001		ns		<0,001		0,035	

<sup>a,b</sup>. Letras diferentes entre filas representa diferencias significativas. ns: no significativo.

<sup>1</sup>. PC: Proteína cruda. FDN: Fibra en detergente neutro. FDA: Fibra en detergente ácido.  $EN_L$ : Energía neta de lactancia.

<sup>2</sup>. Error estándar de la media.

<sup>3</sup>. ER: Efecto de la edad de rebrote. EV: Efecto de la época de evaluación. ERxEV: efecto de la interacción entre la edad de rebrote y la época de evaluación.

**Tabla 8.** Efecto de la edad de rebrote sobre las características productivas y composicionales<sup>1</sup> del pasto kikuyo en épocas de lluvia y de sequía en la cuenca lechera del valle de Ubaté-Chiquinquirá.

Periodo de rebrote	Rendimiento de biomasa		PC		FDN		FDA		EN <sub>L</sub>	
	(kg MS ha <sup>-1</sup> )				(%)				(Mcal kg <sup>-1</sup> MS)	
	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias	Sequía	Lluvias
7	394	467	20,4	20,1	51,1 <sup>b</sup>	54,3 <sup>a</sup>	24,3 <sup>b</sup>	27,5 <sup>a</sup>	1,46	1,38
14	933	922	24,1	21,3	49,0 <sup>b</sup>	53,6 <sup>a</sup>	25,6	27,6	1,49	1,45
21	1816	1548	22,8	24,5	50,0	51,3	25,1 <sup>b</sup>	28,3 <sup>a</sup>	1,44	1,43
28	2849	3234	25,3	23,3	50,2	51,6	25,9 <sup>b</sup>	28,0 <sup>a</sup>	1,43	1,41
35	3588	3639	22,5	22,6	51,2	52,4	25,9 <sup>b</sup>	28,5 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	1,40 <sup>b</sup>
42	4038 <sup>b</sup>	6129 <sup>a</sup>	22,3 <sup>a</sup>	18,9 <sup>b</sup>	50,9 <sup>b</sup>	55,7 <sup>a</sup>	26,1 <sup>b</sup>	28,4 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	1,34 <sup>b</sup>
49	4703 <sup>b</sup>	6280 <sup>a</sup>	23,2 <sup>a</sup>	18,3 <sup>b</sup>	52,9 <sup>b</sup>	56,5 <sup>a</sup>	26,1 <sup>b</sup>	28,3 <sup>a</sup>	1,43 <sup>a</sup>	1,33 <sup>b</sup>
56	5243 <sup>b</sup>	7810 <sup>a</sup>	22,9 <sup>a</sup>	17,4 <sup>b</sup>	52,2 <sup>b</sup>	57,3 <sup>a</sup>	26,6 <sup>b</sup>	29,0 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	1,30 <sup>b</sup>
63	5733 <sup>b</sup>	9860 <sup>a</sup>	21,8 <sup>a</sup>	16,6 <sup>b</sup>	52,5 <sup>b</sup>	57,8 <sup>a</sup>	26,2 <sup>b</sup>	29,6 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,30 <sup>b</sup>
70	6569 <sup>b</sup>	10450 <sup>a</sup>	21,5 <sup>a</sup>	16,2 <sup>b</sup>	54,3 <sup>b</sup>	58,3 <sup>a</sup>	27,4 <sup>b</sup>	29,6 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	1,30 <sup>b</sup>
EEM <sup>2</sup>	633		0,97		1,03		0,65		0,020	
	p< <sup>3</sup>									
ER x EV	<0.001		<0.001		<0.001		<0.001		<0.001	

<sup>a, b</sup>. Letras diferentes entre filas representa diferencias significativas. +: p<0,1, \*: p<0,05, \*\*: p<0,01, \*\*\*: p<0,001, ns: no significativo.

<sup>1</sup>. PC: Proteína cruda. FDN: Fibra en detergente neutro. FDA: Fibra en detergente ácido. EN<sub>L</sub>: Energía neta de lactancia.

<sup>2</sup>. Error estándar de la media.

<sup>3</sup>. ER: Efecto de la edad de rebrote. EV: Efecto de la época de evaluación. ERxEV: efecto de la interacción entre la edad de rebrote y la época de evaluación.

## Discusión

Las características morfológicas del kikuyo varían de acuerdo con las condiciones ambientales y las prácticas de manejo de las pasturas<sup>2,21</sup>. Arango *et al.*<sup>2</sup> encontraron diferencias en ocho variables morfológicas del kikuyo en municipios del norte y oriente antioqueño. De acuerdo con estos autores, la altitud, las condiciones ambientales del municipio y los días de descanso afectan la expresión morfológica del kikuyo. En el presente trabajo, las variables morfológicas fueron afectadas por la época de corte y la edad del rebrote del kikuyo (Tablas 3 a 5) en las cuencas lecheras en donde se realizó la evaluación.

La longitud de la planta fue mayor conforme aumentaban los días de rebrote. Además, en época de lluvias se evidenció una mayor longitud que en sequía, aunque, el incremento fue diferente entre cuencas (tabla 2 a 4). La literatura reporta que el kikuyo pueden alcanzar alturas hasta los 80 cm<sup>12, 35</sup>, sin embargo, en las condiciones evaluadas (hasta el día 70 de rebrote) no se alcanzaron estas longitudes, pues las alturas observadas en época de lluvia y sequía no superaron los 62 y 47 cm, respectivamente. La diferencia en la respuesta de la longitud de la planta puede explicarse por las características de los forrajes y las condiciones ambientales. Por ejemplo, la longitud en el Alto Chicamocha en época de sequía fue mucho menor respecto a la longitud en las otras cuencas lecheras. Otros factores como la competencia por luz tienen la capacidad de modificar la longitud las plantas<sup>15</sup>.

La literatura reporta que las hojas pueden exhibir una longitud que varía entre 4,5 y 20 cm<sup>17, 21</sup>, similar a las longitudes observadas para las hojas de la planta en la época de sequía (10 a 20 cm) pero que está por debajo para lo observado en época de lluvias (23 a 29 cm). Algunos autores sugieren que las características edáficas y ambientales del Valle de Ubaté-Chiquinquirá y Sabana de Bogotá presentan mejores condiciones para la producción de forraje que las del Alto Chicamocha<sup>25, 33</sup>. De esta manera, las diferencias observadas pueden explicarse por características ambientales y edáficas que promueven un mayor desarrollo foliar.

El desarrollo fenológico de las pasturas es el resultado en la formación y muerte de las hojas, el cual depende de las condiciones ambientales y las variables de manejo del forraje<sup>27</sup>. En este trabajo, la cantidad de hojas en el kikuyo varió entre 4 y 11 hojas, sin embargo, las hojas vivas no superan las 6, valores similares a lo reportado por Fonseca<sup>13</sup>. El ancho del estolón en kikuyo no ha sido reportado, sin embargo, en este estudio esta variable presenta un comportamiento irregular entre cuencas y periodos de cosecha.

En el presente experimento, el incremento en el periodo de rebrote y la época de lluvia se relacionó con un mayor rendimiento de biomasa en las diferentes cuencas lecheras, alcanzando valores que variaron entre 7 y 11 t MS ha<sup>-1</sup>. La literatura reporta valores de producción de kikuyo de 17 t MS ha<sup>-1</sup> en el trópico alto colombiano<sup>23</sup>. Otros autores han evaluado el rendimiento de biomasa del kikuyo ante diferentes esquemas de manejo (frecuencia de defoliación debido al número de hojas) encontrando valores entre 2,1 y 3,3 Ton MS ha<sup>-1</sup><sup>13</sup>. Finalmente, Vargas *et al*<sup>32</sup> reporta tasas de crecimiento del kikuyo que varían entre 65 y 117 kg MS ha d<sup>-1</sup><sup>13</sup>, aunque algunos autores mencionan que estas tasas varían de acuerdo con las condiciones ambientales<sup>21</sup> y a diferentes altitudes (2552 y 2914 m.s.n.m., 40 y 23,6 kg MS ha d<sup>-1</sup>, respectivamente)<sup>11</sup>.

El rendimiento de biomasa mensual simulada de kikuyo en cuatro localidades en Australia, que representaban condiciones de suelo y clima diferentes, varió entre 0,51 y 1,17 t MS ha<sup>-1</sup> (Bell *et al.*, 2011)<sup>4</sup>, coincidentes con el valor observado para época de sequía en las cuencas del Alto Chicamocha (0,53 t MS ha<sup>-1</sup>) y Sabana de Bogotá (0,61 t MS ha<sup>-1</sup>), pero muy por debajo de lo registrado en lluvias para la cuenca de Sabana de Bogotá (2,3 t MS ha<sup>-1</sup>), Alto Chicamocha (2,0 t MS ha<sup>-1</sup>) o en las épocas de lluvias y sequía en Ubaté-Chiquinquirá (10,5 y 6,6 t MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Las diferencias en el rendimiento del pasto kikuyo entre localidades puede ser explicado por las condiciones ambientales de cada localidad. Aunque en este trabajo no se compararon localidades, la precipitación en la región del valle de Ubaté-Chiquinquirá fue mayor que en las otras dos cuencas evaluadas (Tabla 1), sugiriendo mejores condiciones para la producción de biomasa a lo largo de año. Además, las características edáficas varían entre predios (Tabla 2), por lo que el rendimiento y la composición química del pasto kikuyo debe evaluarse en cada predio.

Los cambios en la composición química del pasto kikuyo se atribuyen a las características físicas<sup>10</sup>, la acidez<sup>31</sup> y el nivel de humedad de suelo<sup>18</sup>, así como a la dosis y fuente de fertilización<sup>28</sup>. Sin embargo, la literatura reporta pocos trabajos que describan la dinámica de la composición de macromoléculas en relación con la maduración fisiológica del pasto kikuyo respecto a otras gramíneas de zonas templadas<sup>9, 21, 27</sup>.

Caro y Correa<sup>7</sup> reportan que la concentración de energía disminuyó mientras que las de fibra aumentaron al incrementarse los días de rebrote en pasturas de kikuyo. Sin embargo, la magnitud y la forma de los cambios en la composición química es un factor determinante en el establecimiento de estrategias de uso eficiente del pasto kikuyo. Por ejemplo, la concentración de FDN en época de sequía se incrementó en 5,7, 8,6 y 4,3 % entre los 21 y 70 días de rebrote en las cuencas de Alto Chicamocha, Sabana de Bogotá y valle de Ubaté-Chiquinquirá, respectivamente. De esta manera, la dinámica en cada localidad fue diferente, lo que requeriría el diseño de esquemas de manejo y suplementación alimenticia específica para cada cuenca lechera.

En dos cuencas se evidenció una tendencia cuadrática en el porcentaje de proteína cruda (dato no presentado), con un momento de máxima concentración entre el día 21 y 28 de edad de rebrote y un posterior descenso hasta el día 70. Esta misma tendencia fue reportada por Fulkerson *et al.*<sup>14</sup> y Reeves *et al.*<sup>27</sup>, quienes encontraron un incremento en la concentración de proteína entre la primera y segunda semana de rebrote y el descenso hasta valores cercanos a 15 %. Este comportamiento puede explicarse por una mayor proporción de tejidos fibrosos (tallos o estolones) posterior a la defoliación, resultando en la disminución en la concentración de proteína en la planta<sup>19</sup>. Los valores de las concentraciones de proteína cruda encontrados en este estudio (13,1 y 26,7 %) son similares a los rangos reportados Correa *et al.*<sup>9</sup> (15,4 a 27,1 %). Sin embargo, las concentraciones pueden variar de acuerdo con la época de cosecha<sup>34</sup>, manejo de la pastura<sup>22</sup>, la presencia de árboles<sup>6</sup> o la aplicación de fertilización<sup>5</sup>.

## Conclusiones

La morfología, el rendimiento y la composición química del pasto kikuyo varió de acuerdo con las características ambientales y edad de rebrote en las diferentes cuencas lecheras evaluadas. En este sentido, es necesario implementar estrategias de suplementación alimenticia diferentes para cada condición ambiental, lo cual dependerá de los requerimientos nutricionales de los animales, y el costo y el acceso a los recursos alimenticios en cada región.

## Referencias

1. AC Lácteo. 2017. Informe técnico misión 1.2. Actualización de la canasta de insumos ganaderos para producción de leche en Colombia. AC Lácteo, Bogotá, COL. 1-76 p. (consultado 5 jul. 2019). [http://www.cnl.org.co/wp-content/uploads/2018/11/2fedab\\_ce83469358d24c42a2fb697b50ff81bd.pdf](http://www.cnl.org.co/wp-content/uploads/2018/11/2fedab_ce83469358d24c42a2fb697b50ff81bd.pdf)
2. Arango J, Cardona FA, López A, Correa G, Echeverry J. Variación de caracteres morfológicos del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el trópico alto de Antioquia. CES Med Vet Zootec 2017; 12: 44-52. doi:10.21615/cesmvz.12.1.4
3. Ariza-Nieto C, Mayorga OL, Mojica B, Parra D, Afanador G. Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. J Near Infrared Spec 2017; 26: 44-52. doi:10.1177/0967033517746900
4. Bell MJ, Cullen BR, Eckard RJ. The production of perennial ryegrass and kikuyu pastures in south-eastern Australia under warmer and drier future climate scenarios. In: Chan, F., et al., editors, 19<sup>th</sup> International Congress on Modelling and Simulation. Medellin and simulation society of Australia and New Zealand, Perth, AUS. 2011. p. 753-758.

5. Bernal J. Fertilización de pastos mejorados. En: R. Guerrero, editor, Fertilización de cultivos en clima frío. 2<sup>da</sup> ed. Monómeros Colombo Venezolanos S.A., Bogotá, COL 1998. p. 278-328.
6. Cárdenas CA, Rocha C, Mora J. Productividad y preferencia de forraje de vacas lecheras pastoreando un sistema silvopastoril intensivo de la zona alta Andina de Roncesvalles, Tolima. Rev Colomb Cienc Anim 2011; 4(1):29-35.
7. Caro F, Correa HJ. Digestibilidad posruminal aparente de la materia seca, la proteína cruda y cuatro minerales en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Livest Res Rural Dev 2006; [acceso 3 de febrero de 2020] <http://www.lrrd.org/lrrd18/10/caro18143.htm>.
8. Carulla JE, Ortega E. Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. Arch Latinoam Prod. Anim 2016; 24:83-87. *Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone in GBIF Secretariat (2017). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2019-09-16.
9. Correa HJ, Pabón ML, Carulla JE. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. Livest. Res Rural Dev 2008; 20 (4) [acceso 3 de febrero de 2020] <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corra20059.htm>
10. Cuesta PA. Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. Corpoica Cienc Tecnol Agropecu 2005; 6(2): 5-13.
11. Escobar MA, Cárdenas EA, Carulla JE. Efecto de la altitud y la frecuencia de defoliación en la calidad y crecimiento del pasto kikuyo. Rev Fac Nac Agron 2020; 73(1): 9121-9130. doi: 10.15446/rfnam.v73n1.77330
12. Estrada J. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. 1ra ed. Colombia: Universidad de Caldas, Manizales; 2001.
13. Fonseca C, Balocchi O, Keim JP, Rodríguez C. Efecto de la frecuencia de defoliación en el rendimiento y composición nutricional de *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. Agro Sur 2016; 44: 67-76. doi:10.4206/agrosur.2016.v44n3-07
14. Fulkerson B, Griffiths N, Sinclair K, Beale P. Milk production from kikuyu grass-based pastures. Primefacts 1068:1-13. Department of Primary Industries, AUS 2010; [acceso: 20 de junio 2019]. [https://www.dpi.nsw.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0012/359949/Milk-production-from-kikuyu-grass-based-pastures.pdf](https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0012/359949/Milk-production-from-kikuyu-grass-based-pastures.pdf)
15. Gommers C, Visser E, Onge K, Voesenek L, Pierik R. Shade tolerance: when growing tall is not an option. Trends Plant Sci 2013. 18: 2.

16. Holmann FJ; Rivas L, Carulla JE, Rivera B, Giraldo LA, Guzmán S, Martínez M, Medina A, Farrow A. Producción de leche y su relación con los mercados: Caso Colombiano. In: X Seminario de Pastos y Forrajes. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 2006. Cali, CO. p. 149-156. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/tropileche/books/Produccion\\_leche\\_relacion\\_mercados\\_caso\\_Colombia.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/tropileche/books/Produccion_leche_relacion_mercados_caso_Colombia.pdf)
17. Makkar HPS. Smart livestock feeding strategies for harvesting triple gain – the desired outcomes in planet, people and profit dimensions: a developing country perspective. *Anim Prod Sci* 2016; 56: 519-534. doi:10.1071/AN15557
18. Mantell A. Effect of irrigation frequency and nitrogen fertilization on growth and water use of a kikuyu grass Lawn (*Pennisetum clandestinum* Hochst). *Agron J* 1966; 58: 559-561. doi:10.2134/agronj1966.00021962005800060001x
19. Martins C, Shmitt D, Duchini P, Miqueloto T, Sbrissia A. Defoliation intensity and leaf area index recovery in defoliation swards: implications for forage accumulation. *Sci Agric*. 2021. 78: 2.
20. Martínez R, Martínez N, Martínez MV. Diseño de experimentos en ciencias agropecuarias y biológicas con SAS, SPSS, R y Statistix. 1ra ed. Colombia, Bogotá: Fondo Nacional Universitario; 2011.
21. Mears PT. Kikuyu – (*Pennisetum clandestinum*) as a pasture grass – a review. *Trop Grasslands* 1970; 4: 139-152.
22. Mila A, Corredor G. Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu* 2004; 5(1): 70-75. doi:[10.21930/rcta.vol5\\_num1\\_art:28](https://doi.org/10.21930/rcta.vol5_num1_art:28)
23. Moreno D, Fonseca C, Rodríguez CE, Pulido NJ. Calibración del plato forrajero en praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov) en el trópico alto colombiano. *Cien Agri* 2019; 16:52-62. doi: [10.19053/01228420.v16.n1.2019.8831](https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n1.2019.8831)
24. Portillo PA, Meneses DH, Morales SP, Cadena MM, Castro E. Evaluación y selección de especies forrajeras de gramíneas y leguminosas en Nariño, Colombia. *Pastos y forrajes*. 2019; 42 (2): 87-96. [acceso 19 de febrero de 2020] [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942019000200093](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000200093)
25. Pulido JI. Caracterización de los sistemas de producción de leche del trópico de altura en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca. Informe técnico final. CORPOICA, Bogotá, Colombia 2005.
26. Rao I, Peters M, Castro A, Schultze-Kraft R, White D, Fisher M, et al. Livestock-Plus - The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystems services in the tropics. *Trop Grasslands*. 2015; 3: 59-82. doi:[10.17138/tgft\(3\)59-82](https://doi.org/10.17138/tgft(3)59-82).
27. Reeves M, Fulkerson WJ, Kellaway RC. Production response of dairy cows grazing well-managed kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pastures to energy and protein supplementation. *Aust J Exp Agr*. 1996; 36: 763-770. doi:10.1071/EA9960763.

28. Ruiz J, Villar D, Correa H, Noreña J, Roldán J, Ríos J. Levels of nitrates in a urea fertilized kikuyu (*Cenchrus clandestinum* (Hochst, ex Chiov.) Morrone) pasture on the high plains of Antioquia, Colombia. CES Med Vet Zootec. 2014; 9(1): 52-57.
29. Sánchez L, Villaneda E. Renovación y manejo de praderas en sistemas de producción de leche especializada en el trópico alto colombiano. CORPOICA; 2009.
30. SAS Institute Inc. Online Doc 9.4. SAS Institute Inc., NC, USA. 2014.
31. Sidari M, Panuccio MR, Muscolo A. Influence of acidity on growth and biochemistry of *Pennisetum clandestinum*. Biol Plantarum. 2004; 48: 133-136. doi:10.1023/B:BIOP.0000024290.38546.8a
32. Vargas JJ, Sierra AM, Mancipe EA, Avellaneda A. El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. CES Med Vet Zootec. 2018; 13: 137-156. doi: 10.21615/ces mvz.13.2.4.
33. Vargas-Martínez J, Sierra-Alarcón A, Benavidez-Cruz J, Avellaneda-Avellaneda Y, Mayorga-Mogollón O, Ariza-Nieto C. Establecimiento y producción de raigrás y trébol en dos regiones del trópico alto colombiano. Agron Mesoam. 2018; 29:177-191. doi:10.15517/ma.v29i1.28077
34. Vela JF, Vargas M. Caracterización de la dinámica de producción de materia seca del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) asociado con árboles y en pastoreo para producción de leche en el trópico alto colombiano. Rev Med Vet. 2009; 2: 27-40.
35. Whitney AS. Growth of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under clipping. II. Regrowth characteristics in relation to nitrogen fertilization and climate. Agron J. 1974; 66: 763-767. doi:[10.2134/agronj1974.00021962006600060014x](https://doi.org/10.2134/agronj1974.00021962006600060014x)