



Composición nutricional, niveles de nitratos y nitritos del pasto Kikuyo y su influencia en producción de leche

Jairo Camacho O^{1*} ; Aurora Cuesta P² ; Germán García C¹ ;
Danny Sanjuanelo C³ ; Luz Arévalo O² 

¹Corporación Universitaria Minuto de Dios, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Grupo de investigación Centro de Estudios Industriales y Logísticos para la productividad CEIL-MD, Semillero-DIPIERA, Bogotá, Colombia.

²Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Laboratorio de Nutrición, Bogotá, Colombia.

³Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia.

*Correspondencia: jairo.camacho@uniminuto.edu

Recibido: Diciembre 2020; Aceptado: Septiembre 2021; Publicado: Noviembre 2021.

RESUMEN

Objetivo. Establecer variaciones de la composición nutricional e incidencia de los contenidos de nitratos y nitritos en el pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone), procedente de cuatro veredas: Peña Blanca, Sirigay, Sabaneca y Quintoque, en épocas seca y de lluvia del municipio de San Miguel de Sema – Boyacá. **Materiales y métodos.** Parámetros de caracterización nutricional fueron asociados a un análisis de varianza, usando la prueba de Tukey como comparación de medias. **Resultados.** En la materia seca, se destacan altos contenidos promedios de proteína total (23.48% +/- 3.71), de fibra en detergente neutra (60.86% +/- 3.03), importantes niveles de degradabilidad de la MS en los diferentes tiempos, indicando 62.97% +/- 3.74 para el tiempo 48; así como valores disminuidos en niveles de lignina 4.25% +/- 0.5; de carbohidratos no estructurales (11.44% +/- 2.43) y de la relación carbohidratos no estructurales:proteína degradada en rumen (0.84 +/- 0.16). Los niveles de nitratos con un promedio de 2977 ppm +/- 2061, presentaron diferencias significativas para las épocas y veredas, para la época seca en las diferentes veredas el contenido promedio fue de 4728 ppm, siendo 3.9 mayor comparativamente con la época de lluvia. Los niveles de nitritos presentaron contenidos promedios de 2.97 ppm de la MS, contenidos muy disminuidos para ser relacionados como tóxicos. **Conclusiones.** Se mostró un desbalance en la relación proteína:energía como limitante en la zona para la producción de leche. Los niveles de nitratos fueron considerados como potencialmente tóxicos.

Palabras clave: Kikuyo; gramínea; nutriente; nitrato; nitrito (*Fuente: EcuRed*).

ABSTRACT

Objective. Establish variations of nutritional composition and the contents of nitrates and nitrites in the Kikuyo grass (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. Ex Chiov.) Morrone) from four veredas in the municipality of San Miguel de Sema: Peña Blanca, Sirigay, Sabaneca, and Quintoque, during dry and rainy seasons. **Material and methods.** Nutritional characterization parameters, were associated

Como citar (Vancouver).

Camacho J, Cuesta PA, García CG, Sanjuanelo D, Arévalo L. Composición nutricional, niveles de nitratos y nitritos del pasto Kikuyo y su influencia en producción de leche. Rev MVZ Córdoba. 2022; 27(1):e2119. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2119>



©El (los) autor (es) 2021. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

a two-way ANOVA, using Tukey's as a multiple comparison test. **Results.** The results revealed in dry matter a high average content of total protein (TP) (23.48% +/- 3.71), neutral detergent fiber (60.86% +/- 3.03), with important DM degradability values at different time points (62.97% +/- 3.74 after 48 Hours). The report indicated decreased values of lignin (4.25% +/- 0.5), non-structural carbohydrates (11.44% +/- 2.43) and of the ratio of non-structural carbohydrates: rumen degradable protein (NSC:RDP) of 0.84 +/- 0.16. The levels of nitrates reached an average of 2977 ppm +/- 2061, which differed significantly according to the seasons and veredas, for the dry season in the different veredas the level of nitrated remained at 4728 ppm, a value 3.9 higher in comparison to the rainy season. The levels of nitrites showed average contents of 2.97 pm of DM, contents highly decreased to be potentially toxic. **Conclusions.** These results allowed us to establish a difference in the protein:energy relation as the limiting factor for milk production. Nitrate levels indicated as potentially toxic.

Keywords: Kikuyo; grass; nutrient; nitrate; nitrite (*Source: EcuRed*)

INTRODUCCIÓN

El sector lechero en Colombia es de suma importancia para la economía del país debido a que representa el 2.3% de PIB nacional y el 24.3% del PIB agropecuario, genera más de 700.000 empleos directos y cuenta con más de 395.000 pequeños productores; la producción de leche se presenta principalmente en los departamentos de Antioquía, Boyacá y Cundinamarca. (1). Para el mes de mayo del 2018 el acopio nacional fue de 303.860.115 litros, tal volumen se refleja en un promedio diario de acopio correspondiente a 9.445.978 litros de leche para los primeros cinco meses del año, valor que corresponde al volumen más alto de acopio diario en los últimos diez años (2,3). Según FEDEGAN 2018, el crecimiento de la producción de leche cruda para 2017 se estimó en 9%, que equivale a 600 millones de litros, alcanzando una producción total de 7.000 millones de litros en el año.

Por tal motivo, si este sector se viera afectado por irregularidades de los materiales usados como medio de alimento para el ganado bovino lechero, traería consecuencias económicas negativas para este gremio y por supuesto para el país (3), también registró un mejoramiento productivo, con un aumento del 11% en la producción de leche en mayo de 2018. Por otra parte, reportes generados en la página de contexto ganadero, a inicio del mes de enero de 2017 más de 2.000 animales perdieron la vida por intoxicación con nitratos en Boyacá y Cundinamarca (4).

La razón es que los períodos prolongados de verano hicieron que el suelo perdiera humedad y la concentración de nitratos en la tierra aumentara, por lo cual los pastos acumularon

concentraciones considerables de nitrato una vez comenzaron las lluvias, y por ende esto efecto fue el causante de la intoxicación; otros factores climáticos como heladas, granizadas, días nublados, alteran el crecimiento normal de las plantas y pueden generar acumulación de nitratos (5).

El pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone) es la gramínea más utilizada en los sistemas de leche en la zona andina colombiana, presenta limitantes nutricionales que afectan tanto la producción como la calidad de la composición de la leche. Entre las limitantes más importantes se destacan el alto contenido promedio de proteína cruda (PC) (20+/-3.26% de la materia seca, MS), de nitrógeno no proteico (>90% de la fracción soluble de la PC), potasio (3.69+/-0.77% de la MS) y fibra en detergente neutro (58.1+/-3.91% de la MS) así como el bajo contenido promedio de sodio (0.02+/-0.01% de la MS) y carbohidratos no estructurales (13.4+/-2.51 % de la MS). El alto contenido de nitratos (5250.9+/-3153.7 ppm) puede ser la causa de diversos trastornos reproductivos y sanitarios en los animales. Estas características ponen en riesgo la competitividad de los sistemas de producción de leche basados en dicha gramínea. (6,7,8).

Los nitratos no son siempre tóxicos para los animales, la mayoría de los pastos contienen nitratos y los microorganismos presentes en el rumen son los encargados de reducir nitratos a nitritos gracias a la enzimas nitrato reductasa y los nitratos son reducidos a amoniaco por la enzima nitrito reductasa, pero la toxicidad de los nitritos es función de la cantidad y proporción a la cual el nitrato es consumido, y bajo ciertas condiciones, la tasa de conversión de nitritos a amoniaco es limitada y comienza su acumulación. (9).

De otro lado, los signos clínicos de la intoxicación por nitritos en rumiantes es la formación de metahemoglobina por la oxidación del hierro de la hemoglobina (dificultad para transportar oxígeno en la sangre). Los signos clínicos son evidentes cuando los niveles de metahemoglobinemia alcanzan 30-40%, la muerte ocurre a niveles superiores al 80%. (9)

La intoxicación por nitratos y nitritos en rumiantes se identifica por la aparición súbita de severos signos de disnea, coloración amarillada de las mucosas y de la sangre, convulsiones terminales y una elevada mortalidad. Plantas con niveles de 6000 a 10000 ppm de nitratos en base seca, son considerados letales, debiendo considerarse también el aporte de nitratos en el agua consumida. (10).

Por lo anterior el presente estudio buscó aportar información de la composición nutricional y los niveles de nitratos y nitritos en pasto Kikuyo, con la finalidad de orientar a la comunidad del municipio frente a la problemática que se presenta de muerte súbita de animales en época de verano intenso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio. Se llevó a cabo en el municipio de San Miguel de Sema departamento de Boyacá, ubicado a los 5°31' de latitud norte y 73°43' de longitud occidental, con una superficie de 90 km² aproximadamente y una altitud media de 2650 msnm, precipitación media anual de 1097 mm y temperatura media anual de 14.2°C. Teniendo en cuenta que la gramínea de uso común en la zona es el pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone), se tomaron muestras del forraje en cuatro veredas representativas. Las veredas fueron Peña blanca – finca Consuelo, Sirigay – finca Nueva Zelanda, Sabaneca - finca Media Luna y Quintoque – finca El Recuerdo, y dos periodos de tiempo la estación seca (42.6 mm de precipitación media mensual) y la temporada de lluvias (154.8 mm de precipitación media mensual) (11).

Caracterización Nutricional. A cada uno de los materiales se les determinó: Materia seca (MS), Proteína total (PT), Extracto etéreo (EE), Ceniza(C), Materia orgánica (MO:100-C), Contenido celular (CC:100-FDN). (12).

Se cuantificó la fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácida (FDA), Lignina (LIG), (13) y carbohidratos no estructurales (CNE) (14).

Degradabilidad in vitro. Se evaluó la degradabilidad de la materia seca (DIVMS) y de la Proteína (PDR) de acuerdo con el método in vitro de Tilley and Terry (15).

Las evaluaciones de nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) se realizaron por espectrofotometría UV-Vis (16).

Análisis estadístico. En el desarrollo de la presente investigación, se consideraron cuatro veredas y dos épocas: seca y lluvia, en las cuales se evaluaron 15 variables, los tratamientos considerados fueron las veredas y las épocas, con tres repeticiones para cada uno, con un total de 24 unidades experimentales; la información colectada fue analizada mediante el lenguaje de programación R - R Core Team. Los resultados se sometieron a análisis de varianza para determinar la significancia del efecto que tienen sobre las variables evaluadas los factores vereda y época (two-way ANOVA), y la prueba de medias se realizó con la comparación vía Tukey (Honest Significance Difference Tukey: HSD Tukey).

El modelo genérico utilizado para el análisis de varianza fue el de 2 vías sin interacción de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

donde:

μ es la media global,
 α_i o nivel i del factor de época,
 β_j o nivel j del factor de ubicación, y
 ϵ_{ij} las desviaciones aleatorias alrededor de las medias, que también se supone que están distribuidas normalmente, son independientes y tienen media 0 y varianza s^2 .

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan las fluctuaciones nutricionales del pasto Kikuyo en cuatro veredas representativas del municipio de San Miguel de Sema.

Tabla 1. Composición química del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov.) Morrone), recolectado en cuatro veredas del Municipio San Miguel de Sema - Boyacá.

Nutrientes (%)	Epoca	Vereda			
		Peña Blanca	Sirigay	Sabaneca	Quintoque
MS	Seca	19.38 ± 1*Abc	20.43±1*Ab	25.47±1*Aa	17.78±1*Ac
	LLuvia	18.34±1*Aa	18.86±1*Aa	19.00±1*Ba	18.95±1*Aa
PT	Seca	26.34±0.28*Ab	26.25±0.03Ab	25.62±0.23*Ac	28.68±0.12*Aa
	LLuvia	22.68±0.13*Ba	21.36±0.13*Bb	17.37±0.35*Bd	19.57±0.25*Bc
EE	Seca	1.73±0.06*Bc	3.37±0.03*Aa	3.03±0*Ab	3.39±0.03*Aa
	LLuvia	2.32±0.05*Ab	2.61±0.05*Ba	2.06±0*Bc	2.19±0.08*Bbc
C	Seca	7.69±0.02*Bc	10.79±0.1*Aa	7.34±0.02*Bd	10.51±0.01*Bb
	LLuvia	9.14±0.01*Ad	10.24±0.03*Bc	11.17±0.09*Ab	12.77±0.08*Aa
MO	Seca	92.31±0.02*Ab	89.21±0.1*Bd	92.66±0.02*Aa	89.49±0.01*Ac
	LLuvia	90.86±0.01*Ba	89.76±0.03*Ab	88.83±0.09*Bc	87.23±0.08*Bd

MS = Materia seca; PT = Proteína total; EE = Extracto Etéreo; C = Ceniza; MO = Materia orgánica. * = $\bar{x} \pm s$ (Desviación estándar). Comparación de medias vía Tukey (HSD Tukey). Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre épocas; letras minúsculas indican diferencias significativas entre localidades.

Las diferentes pasturas estudiadas presentaron, un nivel de PT promedio de $23.48 \pm 3.71\%$, con diferencias significativas entre las estaciones ($p < 0.05$). Durante la época seca, los valores de PT aumentaron un 6.48% en comparación con la época húmeda (20.24%).

Para este forraje, los contenidos de EE están disminuidos y en el caso de los pastos estudiados el EE mostró un promedio de $2.59 \pm 0.59\%$.

El análisis del estado mineral total (C) de los forrajes representado por los niveles de ceniza presentó un promedio de $9.95 \pm 1.74\%$ y difirió

($p < 0.05$) según las estaciones. Durante la época de lluvias, registró el mayor contenido medio (10.83%).

La MO también juega un papel crucial en una degradabilidad ruminal eficiente. Los resultados mostraron un promedio de $90.05 \pm 1.74\%$.

La tabla 2 muestra, las características de la pared celular, representada por los niveles de NDF, y la fracción de lignocelulosa representada por los contenidos de la ADF, los contenidos de CC y LIG, difirieron significativamente ($p < 0.05$) entre veredas y temporadas.

Tabla 2. Contenido de Fibra Detergente Neutra, Fibra Detergente Acida, Contenido celular y Lignina (% de la MS) del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov,) Morrone), recolectado en cuatro veredas del Municipio San Miguel de Sema - Boyacá.

Fracciones (%)	Epoca	Vereda			
		Peña Blanca	Sirigay	Sabaneca	Quintoque
FDN	Seca	61.58±0.64*Aa	58.71±0.31*Bb	59.66±0.78*Bb	55.68±0.14*Bc
	LLuvia	59.91±0.47*Bc	62.50±0.22*Ab	66.22±1.01*Aa	62.63±0.25*Ab
FDA	Seca	25.98±0.33*Aa	25.28±0.32*Bab	23.99±0.48*Bc	24.75±0.35*Bbc
	LLuvia	24.73±0.18*Bd	26.37±0.43*Ac	28.75±0.38*Ab	30.38±0.54*Aa
CC	Seca	38.42±0.64*Bc	41.29±0.31*Ab	40.34±0.78*Ab	44.32±0.14*Aa
	LLuvia	40.09±0.47*Aa	37.50±0.22*Bb	33.78±1.01*Bc	37.37±0.25*Bb
LIG	Seca	3.98±0.23*Aa	3.80±0.92*Aa	4.57±0.22*Ba	4.46±0.24*Aa
	LLuvia	3.74±0.33*Ac	3.83±0.13*Abc	5.22±0.05*Aa	4.42±0.27*Ab

FDN = Fibra detergente neutra; FDA = Fibra detergente ácida; CC = Contenido celular; LIG = Lignina. * = $\bar{x} \pm s$ (Desviación estándar). Comparación de medias vía Tukey (HSD Tukey). Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre épocas; letras minúsculas indican diferencias significativas entre localidades.

El FDN mostró un promedio de $60.86 \pm 3.03\%$, con una reducción de 3.92% durante la época seca.

Con relación al FDA la cual mostró en promedio $26.28 \pm 2.13\%$, fue menor en 25% para la época de sequía comparativamente con la de lluvia, siendo diferentes significativamente ($p < 0.05$). El CC indicado por la fracción soluble en solución detergente neutra, está relacionado con nutrientes altamente digestibles del 95 al 100% , este parámetro presentó un promedio de

$39.14 \pm 3.03\%$, Además, los resultados sugieren que la estación seca aumenta los valores de CC para tres de las cuatro muestras analizadas.

La lignina al ser un elemento indigestible por las especies animales e interferir con la utilización de los nutrientes, presentó en los forrajes suministrados a los animales en las veredas y épocas del año un promedio de 4.25 ± 0.5 .

La tabla 3. muestra los porcentajes de degradabilidad in vitro (DIVDM) para el Kikuyo.

Tabla 3. Degradabilidad *invitro* de la materia seca (DIVMS) del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov.) Morrone), recolectado en cuatro veredas del Municipio San Miguel de Sema Boyacá.

Fracciones (%)	Epoca	Vereda			
		Peña Blanca	Sirigay	Sabaneca	Quitoque
Tasa de solubilidad	Seca	$37.00 \pm 0.78^{*Bc}$	$38.28 \pm 1.46^{*Abc}$	$42.91 \pm 1.32^{*Aa}$	$40.31 \pm 0.17^{*Aab}$
	LLuvia	$43.06 \pm 0.65^{*Aa}$	$37.80 \pm 1.21^{*Ab}$	$36.42 \pm 0.59^{*Bb}$	$36.42 \pm 1.08^{*Bb}$
Tiempo 24 H	Seca	$53.42 \pm 0.74^{*Bb}$	$63.29 \pm 0.53^{*Aa}$	$49.24 \pm 2.65^{*Ab}$	$51.54 \pm 1.89^{*Bb}$
	LLuvia	$57.17 \pm 0.68^{*Aa}$	$52.65 \pm 2.04^{*Bb}$	$53.56 \pm 0.72^{*Ab}$	$57.03 \pm 1.12^{*Aa}$
Tiempo 48 H	Seca	$62.86 \pm 0.87^{*Ba}$	$63.71 \pm 0.78^{*Aa}$	$59.79 \pm 1.82^{*Ab}$	$61.25 \pm 0.54^{*Aab}$
	LLuvia	$71.69 \pm 1.32^{*Aa}$	$62.45 \pm 1.69^{*Ab}$	$59.87 \pm 0.46^{*Ab}$	$62.13 \pm 1.02^{*Ab}$

H= Hora; * = $\bar{x} \pm s$ (Desviación estándar). Comparación de medias vía Tukey (HSD Tukey). Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre épocas; letras minúsculas indican diferencias significativas entre localidades.

Los resultados mostraron un aumento en la aprovechabilidad de la MS tras el tiempo de permanencia en el retículo ruminal. Primero, la tasa de solubilidad (tiempo cero) indicó que la fracción rápidamente soluble de la MS tenía un promedio de $39.03 \pm 2.75\%$.

La literatura indica que cuando un forraje presenta una degradabilidad igual o mayor al 40% en el tiempo 24 h (17), se considera de buena calidad, en el caso de los materiales evaluados en las diferentes veredas presentaron un nivel promedio de $54.74 \pm 433\%$.

Igualmente evaluando los materiales en el tiempo 48 h, mostraron un promedio de degradabilidad de DIVMS de $62.97 \pm 3.74\%$.

Los NSC presentes en los forrajes de Kikuyo son la fuente de energía fácilmente disponible para una fermentación microbiana ruminal eficiente (8). El análisis (Tabla 4) mostró un promedio de $10.44 \pm 2.44\%$ de NSC, con una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre temporadas y veredas estudiadas.

Tabla 4. Relación de carbohidratos no estructurales y proteína degradada en rumen (CNE:PDR) en muestras de pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov.) Morrone), recolectado en cuatro veredas del Municipio San Miguel de Sema - Boyacá.

Parametro (%)	Epoca	Vereda			
		Peña Blanca	Sirigay	Sabaneca	Quitoque
CNE	Seca	$12.01 \pm 0.24^{*Bb}$	$10.84 \pm 0.47^{*Ac}$	$14.47 \pm 0.61^{*Aa}$	$11.29 \pm 0.20^{*Abc}$
	LLuvia	$15.09 \pm 0.36^{*Aa}$	$11.31 \pm 0.36^{*Ab}$	$8.28 \pm 1.21^{*Bc}$	$8.21 \pm 0.50^{*Bc}$
PDR	Seca	$15.03 \pm 0.43^{*Ab}$	$14.89 \pm 0.26^{*Ab}$	$15.24 \pm 0.20^{*Ab}$	$16.38 \pm 0.30^{*Aa}$
	LLuvia	$13.80 \pm 0.27^{*Ba}$	$11.49 \pm 0.12^{*Bc}$	$10.13 \pm 0.49^{*Bd}$	$12.55 \pm 0.26^{*Bb}$
CNE:PDR	Seca	$0.80 \pm 0.01^{*Bb}$	$0.73 \pm 0.02^{*Bbc}$	$0.95 \pm 0.05^{*Aa}$	$0.69 \pm 0.02^{*Ac}$
	LLuvia	$1.09 \pm 0.01^{*Aa}$	$0.98 \pm 0.03^{*Aab}$	$0.82 \pm 0.16^{*Abc}$	$0.65 \pm 0.05^{*Ac}$

CNE = Carbohidratos no estructurales (CNE = $100 - (PT + EE + FDN + C) + PCIDN$; NRC 2001); PDR = Proteína degradada en rumen; CNE:PDR = Relación carbohidratos no estructurales : proteína degradada en rumen. * = $\bar{x} \pm s$ (Desviación estándar). Comparación de medias vía Tukey (HSD Tukey). Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre épocas; letras minúsculas indican diferencias significativas entre localidades ($p < 0.05$).

El comportamiento para las épocas fue heterogéneo como lo indican los resultados en Peña Blanca y Sirigay con un promedio de 13.2% NSC en la época de lluvias, mientras que la mayor concentración de carbohidratos no estructurales, en las localidades de Sabaneca y Quintoque ocurrió durante la época seca (12.88%), por lo que no se puede establecer una correlación directa entre la época y el sitio, probablemente debido a otras variables o correlaciones no estudiadas en este trabajo.

La proteína degradada en rumen (PDR) se relaciona con la fracción de Nitrógeno soluble utilizable por los microorganismos para la producción de proteína microbiana, que en el caso de forrajes como el Kikuyo y Raygrass es altamente degradable (8,18,19). El estudio mostró un promedio para proteína degradada en rumen de $13.69 \pm 2.05\%$.

De otro lado, se indica mayor eficiencia y óptimo crecimiento microbiano cuando hay una relación de 3:2 y 3.5:1 entre CNE:PDR (8,20,21); en los materiales estudiados se encontró que esa relación presentó un valor promedio de 0.84, siendo en general menor para la época seca 0.79 comparativamente con la época de lluvia 0.89 y con diferencia significativa entre veredas.

La Figura 1 muestra los contenidos de nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) encontrados en la MS del pasto Kikuyo para las diferentes épocas y veredas.

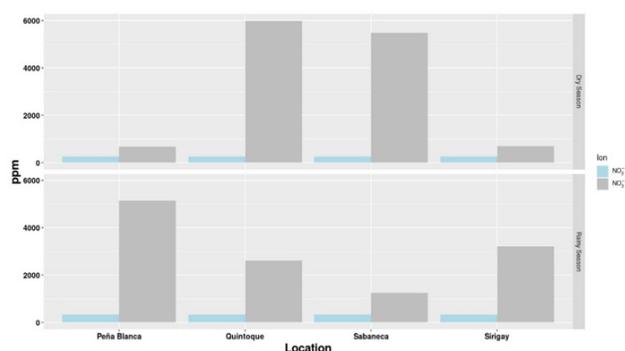


Figura 1. Niveles de nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (*Hochst ex Chiov.*) Morrone), recolectado en cuatro veredas del Municipio San Miguel de Sema – Boyacá. Época seca (ES) y Época de lluvia (ELL).

La figura 1, indica los contenidos de nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) presentes en la MS del pasto Kikuyo para los diferentes épocas y

veredas. Los valores de NO_3^- con un promedio de $2977 \text{ ppm} \pm 2061$ presentaron diferencia significativa ($p < 0.05$) muy importante, siendo la época seca con un promedio de 4728 ppm, mayor en 3,9 veces comparativamente con la época de lluvia; ésta diferencia está en relación directa con los contenidos de PT, la cual en la misma época fue superior en 6.8% con una mayor degradabilidad (promedio 15.39%), indicando mayores contenidos de nitrógeno soluble en el rumen posiblemente en forma de NO_3^- .

Los contenidos de NO_2^- presentaron en la época seca 2.55 ppm sin diferencia significativa y 3.38 ppm para la época de lluvia.

DISCUSIÓN

Proteína total. Nuevamente, los contenidos encontrados en el presente estudio concuerdan con los reportados para la PT de Kikuyo, el máximo de 25.12% durante la época seca y un promedio de 19.24% para la época de lluvias en la zona. Este aumento de PT a valores superiores al 25% de la MS puede ocurrir por fertilización de praderas con NNP, o por pastoreo en estados vegetativos cortos (7,21,22). En general, los pastos mostraron niveles de PT superiores al 20.3% recomendado para las vacas Holstein, que producen 40 litros de leche con 3.5% de grasa y 3.0% de proteína (22).

Extracto etéreo. Los resultados obtenidos en las 4 veredas muestran valores entre 0.56-5.81 de la DM (8), los cuales no representan un nivel tóxico para bacterias ruminales, lo cual ocurre cuando los valores son superiores al 14%.

Mineral total. El contenido de cenizas del pasto kikuyo oscila entre 11.1 y 24.6% de la MS, y estos minerales totales son importantes por la relación que presentan con el contenido energético, pues su incremento reduce la cantidad de energía disponible (23). En este trabajo, las cenizas presentaron un valor como análisis previo de pastos Kikuyo de ese municipio tanto en época seca como lluviosa (mínimo 8.21% y máximo 11.64%). Las veredas difieren estadísticamente entre sí, donde se observó que Sabaneca ($11.17 \pm 0.09\%$) y Quintoque ($12.77 \pm 0.08\%$) mostraron el valor más alto durante la época de lluvias. Por tanto, los valores obtenidos se encuentran dentro de los porcentajes ya evaluados por otros autores (24).

Materia orgánica. Nuevamente, los valores se mantuvieron dentro de los rangos indicados para Kikuyo en las localidades del departamento de Antioquia (25), los cuales varían entre 86.1 y 91.35%, con menores diferencias entre temporadas y veredas, pero con una relación lineal negativa con la ceniza; lo que indica que el aumento en el contenido de MO disminuye los niveles de cenizas.

Contenido de Fibra Detergente Neutro, Fibra Detergente Ácido, Contenido Celular y Lignina (% de MS) de pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov,) Morrone), recolectada en cuatro veredas del Municipio San Miguel de Sema - Boyacá. (Tabla 2).

Fibra detergente neutra. La vereda de Peña Blanca mostró el menor cambio (1.67%), mientras que Quintoque presentó la mayor diferencia entre temporadas (6.95%). Los valores obtenidos de FDN en los diferentes sitios y temporadas se mantuvieron dentro de los valores reportados como máximo, 63.52% para época de lluvia y 55.93% para época seca (20).

Fibra de detergente ácido. Los pueblos de Sabaneca con $28.75 \pm 0.38\%$ y Quintoque con $30.38 \pm 0.54\%$, presentaron los mayores contenidos de FDA en la época de lluvia, lo que probablemente indica una disminución en la calidad nutricional de los forrajes ofrecidos a los animales para este período. Las veredas influyeron significativamente ($p < 0.05$) en la fracción FDA y las diferencias se hicieron mayores durante la época de lluvias. La menor calidad nutricional representada por mayor contenido de FDA, $30.38 \pm 0.54\%$, se encontró en los materiales de la vereda Quintoque en época de lluvia, y la mejor calidad con un valor de $23.99 \pm 0.48\%$, se relaciona con los materiales de la vereda Sabaneca. En época seca. El valor promedio de FDA $26.28 \pm 2.13\%$, presentado por las dos épocas está relacionado con el valor mínimo indicado para pasto Kikuyo en la época de lluvia (26.29%) en el municipio de San Miguel de Sema (20). Los resultados sugieren que la época seca favorece la calidad nutricional de los forrajes ya que presentan una disminución en los valores de FDA; el aumento de la ingesta de FDA no afecta la producción de leche, pero algunos autores (26) han mencionado un aumento en la concentración de grasa y tiempos más largos de masticación y rumia.

Contenido de la celda. Resultados de CC similares a los reportados para el Kikuyo en el municipio de

San Miguel de Sema durante la época de lluvias (36.48-52.51%) y dentro del intervalo reportado para el pasto Kikuyo de Antioquia (33.10-48.30%) (21). Las estaciones también jugaron una influencia significativa en esta variable ($p < 0.05\%$), donde se encontró que durante la época seca, los valores fueron 3.90% más altos que en la época de lluvias. Además, las veredas también mostraron diferencias significativas ($p < 0.05\%$). Quintoque tuvo el valor más alto, $44.32 \pm 0.14\%$, durante la temporada seca, mientras que Sabaneca mostró el valor más bajo, $33.78 \pm 1.01\%$ durante la temporada de lluvias.

Lignina. Este resultado estuvo cerca del promedio reportado previamente para esa área durante la época seca (3.43%) y época de lluvia (4.06%) (21). En conjunto, los resultados indican que en general, la calidad nutricional de los forrajes en esta zona no se vio afectada por el contenido de lignina.

Degradabilidad in vitro de materia seca (DIVDM) de pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov,) Morrone), recolectado en cuatro veredas del Municipio San Miguel de Sema Boyacá (Tabla 3).

Tasa de solubilidad. un valor 19.9% superior al informe anterior para Kikuyo como fracción soluble 20% (20). Este resultado sugiere que los animales disponen rápidamente de una mayor cantidad de nutrientes solubles.

Degradabilidad in vitro a las 24 horas. el promedio de 54.74%, lo que demuestra que el pasto Kikuyo presenta buenas características nutricionales que pueden ser consumidas eficientemente por los animales (24).

Degradabilidad in vitro a las 48 horas. Este resultado nos permitió establecer que, dependiendo del tiempo de fermentación, el pasto generalmente se puede utilizar adecuadamente con un aumento del 9.2% de degradabilidad en comparación con el primer momento (24 horas). Los valores observados se encuentran dentro del informe anterior de valores de digestibilidad de Kikuyo, que oscilaron entre 50% y 72% (6,7,8). Por lo tanto, se encontró que a pesar de la diferencia numérica entre temporadas en las diferentes veredas, estas diferencias no comprometieron el DIVMS.

Carbohidratos y proteínas degradados en el rumen (NSC: RDP) en muestras de pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov,)

Morrone), recolectadas en cuatro veredas del Municipio de San Miguel de Sema - Boyacá. (Tabla 4).

Carbohidratos no estructurales. La zona de Peña Blanca tuvo un contenido promedio más alto de 13.55% para ambas épocas. Los valores encontrados en el estudio corroboran con la información ya disponible en la literatura (7,8,26) que sugiere una limitación nutricional de las gramíneas Kikuyo debido a que los valores de NSC son inferiores a los recomendados para el ganado lechero (35-40% del DM) (22).

Proteína degradada en el rumen. indicado, por tanto, en el rumen, el 58,3% de la proteína forrajera es utilizable por el animal. Esta variable también mostró cambios influenciados por la época ($p < 0.05$) con una mayor cantidad de proteína degradada (15.38%) durante la época seca. Las diferentes zonas también influyeron en el RDP ($p < 0.05$), donde se observó que Quintoque tuvo el mayor contenido de RDP, $16.38 \pm 0.30\%$ (época seca).

El NSC: RDP. La proporción también difirió entre las zonas. A pesar de ello, al comparar los datos con la literatura disponible, se notó que esta relación es menor a reportes anteriores para las gramíneas Kikuyo de Antioquia, las cuales tuvieron valores de 1.28 con un mínimo de 0.89 (21) indicando una mayor deficiencia entre 65 a 95% comparativamente con Antioquia. Por lo tanto, una deficiencia en el balance de proteínas y energía podría limitar el uso de forrajes de Kikuyo en áreas de producción de leche (21,25,27).

Niveles de nitratos y nitritos de pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst ex Chiov.) Morrone), recolectados en cuatro veredas del Municipio San Miguel de Sema - Boyacá. Temporada seca (ES) y temporada de lluvias (ELL) Figura 1.

Niveles de nitrato. Los microorganismos presentes en el rumen no redujeron completamente el amonio, formando nitritos que son causantes de intoxicaciones. En la vereda de Sirigay, el pasto tuvo los contenidos más bajos, 2781 ppm en la época seca y 639 ppm en la época de lluvia, valores considerados disminuidos por posible intoxicación. Las otras tres zonas presentaron un promedio de 5377 ppm durante la época seca, valores clasificados según la literatura como alto contenido en nitratos (5250.9 ± 3153.7 ppm) (10,28) y considerados

potencialmente tóxicos. Sin embargo, la literatura reporta valores tolerables de NO_3^- , un contenido entre 4000 ppm (29) y 9300 ppm como seguro para animales no gestantes. En general, es importante indicar y especialmente para el Quintoque vereda, los mayores contenidos de NO_3^- tanto en época seca como lluviosa, 5787 ppm y 2517 ppm, respectivamente, que el forraje debe manejarse con precaución y observación del comportamiento animal. Asimismo, también es posible controlar la fertilización nitrogenada o el uso de cultivos con mayor estado vegetativo ya que la madurez del forraje tiene una relación inversa con los niveles de nitrato.

Niveles de nitritos: Los valores fueron muy similares en las zonas estudiadas excepto en la zona de Sabaneca que indicó un valor de nitritos NO_2^- en la época de lluvia de 7.92 ppm. Se clasificó la cantidad de nitritos como muy baja para causar potencialmente intoxicación por envenenamiento en el animal. Los valores también fueron muy similares a los reportados previamente para Kikuyo (2.028 ppm) y mucho más bajos que los indicados por la literatura como concentración en el rumen (8,30,31).

Finalmente, los resultados del estudio nos permiten concluir:

Las pasturas utilizadas para la alimentación del ganado lechero en las localidades del municipio de San Miguel de Sema (Boyacá) mostraron una diferencia estadísticamente significativa en los valores nutricionales influenciados por la época, donde los materiales ofrecidos durante la época seca presentaron mejor composición nutricional con mayor contenido de materia seca. (MS), mayor nivel de proteína total (PT), menor nivel de pared celular y menor contenido de lignina. Los bajos niveles de carbohidratos no estructurales y la deficiencia en el balance proteico en las dos épocas fue una limitante que presentó el pasto Kikuyo en este municipio.

Los resultados también evidenciaron que los materiales tenían mayores contenidos de nitratos en la época seca en comparación con la época de lluvia, alcanzando niveles potencialmente tóxicos. Por lo tanto, es importante recomendar a los agricultores que controlen y revisen la fertilización con urea para sus pastos u ofrecer forraje al animal con un estado vegetativo o tiempo de madurez más prolongado. Por lo tanto, se recomendó monitorear los niveles de proteína (nitrógeno) y carbohidratos del forraje, determinar la relación con los contenidos de

nitrito establecidos, y evaluar las cantidades degradadas y no degradadas de proteína y pared celular antes de indicar el uso potencial de estos nutrientes por el animal.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Minuto de Dios por financiar este proyecto de investigación a través de su convocatoria interna V para el fortalecimiento de la investigación, así como al programa de ingeniería industrial y al laboratorio de nutrición animal (universidad UDCA) por prestar sus instalaciones para realizar los análisis de material vegetal y a todas las personas que apoyaron esta investigación.

REFERENCIAS

- Ramírez S. Retroprospectiva del sector lácteo colombiano (Tesis de maestría). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 2018; https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/10179/1/RamirezSebastian_2018_RetroprospectivaLecheriasColombianas.pdf
- Bohórquez N, Buitrago A, Joya M, Montaña X, Rivera H. Análisis estructural de sectores estratégicos: sector productos lácteos. Colombia: Editorial Universidad del Rosario; 2012; https://www.urosario.edu.co/urosario_files/74/7436dfa3-cc02-4395-8099-02346d2e866e.pdf
- Manrique A, Vargas, A. Mapa de competitividad en diseño: validación en empresas del sector lácteo. R Fac Cienc Econ. 2016; 25(1):177-202. <https://doi.org/10.18359/rfce.2659>
- Mendes R, Schwertz C, Lucca N, Henker L., Gabriel M, Christ H, et al. Spontaneous and experimental nitrate/nitrite poisoning in Santa Catarina State, Brazil. J Comp Pathol. 2016; 154(1):58-123. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2015.10.009>
- Bourke CA. A review of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) poisoning in cattle. Aust Vet J. 2007; 85(7):261-267. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2007.00168.x>
- Barrios D, Olivera M. Análisis de la competitividad del sector lechero: caso aplicado al norte de Antioquia, Colombia. INNOVAR. 2013; 23(48):33-41. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/40487>
- Correa CH, Rodríguez V, Pabón R, Carulla J. Effect of offer level of kikuyu grass (*pennisetum clandestinum*) on production, milk quality and nitrogen balance in Holstein cows. Livest Res Rural Dev. 2012; 24(11). <https://www.lrrd.org/lrrd24/11/corr24204.htm>
- Vargas J, Sierra AM, Mancipe EA, Avellaneda Y. El Kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. Rev CES Med Zootec. 2018; 13(2):137-156. <https://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/4558>
- Bolan NS, Kemp PD. A review of factors affecting and prevention of pasture-induced nitrate toxicity in grazing animals. NZ Grassland Association. 2003; 65:171-178. <https://doi.org/10.33584/jnzs.2003.65.2492>
- Lozano AM. Estudio etnobotánico de plantas tóxicas para animales y toxicología de *Brachiaria* spp. En los llanos Orientales de Colombia. Universidad Nacional de Colombia: Bogotá, Colombia; 2017. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/60130>

11. MINTIC. Precipitaciones totales mensuales. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones: Bogotá, Colombia; 2018. URL Disponible en: <http://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Precipitaciones-Totales-Mensuales/mb4n-6m2g/data>
12. Latimer GW. Official Methods of Analysis. AOAC International: Maryland, USA; 2012. http://www.aoac.org/aoac_prod_imis/AOAC_Docs/OMA/OMA19Revisions.pdf
13. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis, BA. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. J Dairy Sci. 1991; 74(10):3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
14. Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JB. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. J Anim Sci. 1992; 70(11):3562-3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
15. Tilley JM, Terry RA. A two-stage technique for in vitro digestion of forage crops. Grass Forage Sci. 1963; 18:104-111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>
16. Cataldo D, Maroo M, Schrader L, Youngs V. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid 1. Commun Soil Sci Plant Anal. 1975; 6(1):71-80. <https://doi.org/10.1080/00103627509366547>
17. Berauer BJ, Wilfahrt PA, Reu B, Schuchardt MA, Garcia-Franco N, Zistl-Schlingmann M, et al. Predicting forage quality of species-rich pasture grasslands using vis-NIRS to reveal effects of management intensity and climate change. Agric Ecosyst Environ. 2020; 296:106929. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106929>
18. Morales A, León J, Cárdenas E, Afanador G, Carulla J. Composición química de la leche, digestibilidad in vitro de la materia seca y producción en vacas alimentadas con gramíneas solas o asociadas con *Lotus uliginosus*. Rev Med Vet Zoot. 2013; 60(1):32-48. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/37890>
19. Rueda S, Taborda L, Correa HJ. Relación entre el flujo de Proteína microbiana hacia el duodeno y algunos parámetros metabólicos y productivos en vacas lactantes de un hato lechero del oriente antioqueño. Rev Colomb Cienc Pecu. 2006; 19:27-38. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/324029/20781201>
20. Vargas J, Mojica J, Pabón M, Carulla J. Oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), tercio de lactancia y perfil de ácidos grasos lácteos. Rev MVZ Córdoba. 2013; 18:3681-3688. <https://doi.org/10.21897/rmvz.135>
21. Correa HJ, Jaimes IJ, Avellaneda JH, Pabón ML, Carulla JE. Efecto de la edad de rebrote del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. Livest Res Rural Dev. 2016; 28(3):28047. <http://www.lrrd.org/lrrd28/3/jaim28047.html>
22. 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. <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v44n3/art07.pdf>
23. Gómez LM, Posada SL, Olivera M, Rosero R, Aguirre P. Análisis de rentabilidad de la producción de leche de acuerdo con la variación de la fuente de carbohidrato utilizada en el suplemento de vacas Holstein. Rev Med Vet. 2017; 34(Supl):9-22. <http://dx.doi.org/10.19052/mv.4251>
24. Correa CH, Pabón ML y Carulla JE. Nutritional value of Kikuyu Grass (*pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) for milk production in Colombia: A review. I. Chemical composition, ruminal and posruminar Livest Res Rural Dev. 2008; 20(59) <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corra20059.htm>
25. Gómez LM, Posada SL, Olivera M, Rosero R, Aguirre P. Análisis de rentabilidad de la producción de leche de acuerdo con la variación de la fuente de carbohidrato utilizada en el suplemento de vacas Holstein. Rev Med Vet. 2017; 34(Supl):9-22. <http://dx.doi.org/10.19052/mv.4251>

26. Santini FJ, Lu CD, Potchoiba MJ, Coleman SW. Effects of acid detergent fiber intake on early postpartum milk production and chewing activities in dairy goats fed alfalfa hay. *Small Rumin Res.* 1991; 6(1):63-71. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(91\)90009-F](https://doi.org/10.1016/0921-4488(91)90009-F)
27. Sossa CP, Barahona R. Comportamiento productivo de novillos pastoreando en trópico de altura con y sin suplementación energética. *Rev Med Vet Zoot.* 2015; 62(1):67-80. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/49386/50394>
28. Ruiz JD, Villar D, Correa HJ, Noreña JM, Roldán M, Rio JC. Niveles de nitrato en pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. Ex Chiov.) Morrone) fertilizado con urea en el altiplano Antioqueño, Colombia. *Rev CES Med Vet.* 2014; 9(1):52-57. <http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/download/3178/2238>
29. Wyngaard V, Meeske R., Erasmus L. Effect of dietary nitrate on enteric methane emissions, production performance and rumen fermentation of dairy cows grazing kikuyu-dominant pasture during summer. *Anim Feed Sci Technol.* 2018; 244:76-87. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.08.005>
30. Garcia AE, Abadia B, Barahona R, Sánchez S. caracterización fitoquímica de factores antinutricionales en las hojas de uvito (*Cordia dentata* Poir). *Rev MVZ Córdoba.* 2009; 14(1):1611-1623. <https://doi.org/10.21897/rmvz.370>
31. Mejía AC, Ochoa R, Medina M. Effect of different doses of compound fertilizer on the quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov.). *Past Forr.* 2014; 37 :31-37. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1780&path%5B%5D=2927>