
Productividad del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinum*): comparación de tres productos experimentales y una línea comercial de NPK en el norte de Antioquia

*Productivity of kikuyo grass (*Cenchrus clandestinum*): comparison of three experimental products and a commercial line of npk in northern Antioquia*

**Alejandro Arias Giraldo¹, Sebastián Montoya Uribe²,
Carlos Leonardo Guerra³**

1 Semillero Ruminaceae. Estudiante de pregrado en Zootecnia Universidad Católica de Oriente(correo-e: alej0-a@hotmail.com)

2 Grupo de investigación en Agronomía y Zootecnia-GIAZ, Universidad Católica de Oriente(correo-e: smontoya@uco.edu.co). <https://orcid.org/0009-0007-1313-2319>

3 Docente investigador. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Grupo de investigación en agronomía y zootecnia GIAZ. Universidad Católica de Oriente. Correo: cguerra@uco.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9657-6359>

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la respuesta productiva del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) bajo diferentes prototipos de fertilizantes en un sistema de producción ganadera de leche en el norte de Antioquia, Colombia. Se reconoce la importancia de la fertilización adecuada en el crecimiento y rendimiento de las pasturas, especialmente en suelos ácidos y de baja fertilidad. La investigación se llevó a cabo en la finca La Granja, perteneciente a la cooperativa Colanta a partir de dos métodos de evaluación de la oferta de forraje verde: el aforo y el platómetro. Se establecieron seis tratamientos que consistieron en tres prototipos de fertilizantes con diferentes concentraciones de NPK y dos dosificaciones. Se realizaron tres pastoreos cada 35 días y se estimó la producción de forraje. Los resultados mostraron diferencias significativas

entre los métodos de estimación de la oferta de forraje verde; con el aforo se estimó una oferta superior en comparación con el platómetro. Se encontró que la dosificación de 161 kg/Ha de fertilizante fue suficiente para lograr los mejores resultados en términos de productividad del pasto por metro cuadrado y no se observaron beneficios adicionales al aumentar la dosificación a 200 kg/Ha. Además, se encontraron diferencias significativas entre los prototipos de fertilizantes, siendo el fertilizante NPK de 34-5-4 el que mostró los mejores resultados en comparación con los otros dos prototipos. Estos hallazgos indican la importancia de la fertilización adecuada en la productividad del pasto Kikuyo y resalta la necesidad de ajustar las dosis y concentraciones de los fertilizantes utilizados en función de las condiciones específicas de cada finca.

Palabras clave

Fertilización, Ganadería, Biomasa, Aforo, Parcela.

Abstract

The present study aimed to evaluate the productive response of Kikuyo grass (*Cenchrus clandestinus*) under different fertilizer prototypes in a dairy cattle production system in northern Antioquia, Colombia. The importance of adequate fertilization in pasture growth and yield, especially in acid and low-fertility soils, is recognized. The research was conducted at La Granja farm, belonging to the Colanta cooperative, and two methods were used to evaluate green forage supply: yield and platometer. Six treatments were established consisting of three fertilizer prototypes with different NPK concentrations and dosages. Three grazing were carried out every 35 days and forage production was estimated. The results showed significant differences between the methods of estimating green forage supply, with the yield estimating a higher supply compared to

the platometer. It was found that the 161 kg/Ha fertilizer dosage was sufficient to achieve the best results in terms of grass productivity per square meter, and no additional benefits were observed when increasing the dosage to 200 kg/Ha. Furthermore, significant differences were found among the fertilizer prototypes, with the 34-5-4 NPK fertilizer showing the best results compared to the other two prototypes. These findings indicate the importance of adequate fertilization in the productivity of Kikuyo grass and highlight the need to adjust the doses and concentrations of fertilizers used according to the specific conditions of each farm.

Keywords

Fertilization, Livestock, Biomass, Yield, Plot.

Introducción

La industria lechera es una actividad económica que requiere la integración de recursos tales como tierra, animales, mano de obra y tecnología, con el objetivo de producir litros de leche para su comercialización y obtención de ganancias (Herrera, 2011). En este contexto, es crucial el manejo adecuado de los cultivos forrajeros, como la rotación de praderas, la fertilización y el riego, para garantizar la producción eficiente y de calidad de la leche (Guerrero, 1998; Echeverri *et al.*, 2010; Ramírez, 2013).

El norte de Antioquia se destaca como una región altamente productora de leche, donde se generan aproximadamente 2.8 millones de litros por día provenientes de 9 364 granjas con alrededor de 334 000 vacas en edad productiva (DANE, 2013). Esta región cuenta con sistemas de producción especializados y capacidad de procesamiento de la leche (Ramírez, 2013). Sin embargo, para mantener este sistema productivo, se han realizado esfuerzos para mejorar las pasturas, adaptándolas a las condiciones climáticas locales. Respecto a lo anterior, una de las especies más adecuadas para el trópico alto colombiano es el pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*

Hochst. Ex Chiov), aunque su desarrollo está estrechamente ligado a la aplicación de fertilizantes (Mila & Corredor, 2004).

Estudios anteriores realizados por Bernal (1998) han señalado que un manejo deficiente del pasto kikuyo puede conducir a su acolchonamiento y a una disminución significativa en su producción a lo largo del tiempo, afectando la capacidad de soporte animal por unidad de área. Sin embargo, se ha demostrado que el pasto kikuyo responde positivamente a la fertilización química y orgánica (Silva *et al.*, 2006; Segura & Rojas, 2008), evidenciando que la fertilización nitrogenada y otros elementos como el fósforo y el azufre son fundamentales para mantener su rendimiento en las pasturas.

Actualmente, la síntesis de fertilizantes químicos se ha visto afectada debido al conflicto armado entre Rusia y Ucrania (principales productores de estos insumos), lo que ha reducido la oferta en el mercado y ha ocasionado un incremento del 30 % en su precio (FAO, 2022; El Colombiano, 2022). Además, los tratados de libre comercio han generado desafíos para los pequeños y medianos productores de lácteos en Colombia, ya que el consumo per cápita

se ha mantenido en un rango de 130 a 150 litros de leche por persona al año (FEDEGAN, 2017). Paralelamente, se ha observado un aumento en la importación de lactosueros y leche en polvo, lo que disminuye la demanda de los lácteos de origen colombiano y afecta negativamente a los productores, reduciendo sus ingresos en un 16 %, y afectando aproximadamente al 70 % de la producción campesina (Garay *et al.*, 2010; El Espectador, 2012; Calderón, 2013). Estas circunstancias exigen a los productores buscar estrategias que mejoren la eficiencia en el uso de insumos dentro de la industria láctea, con el objetivo de reducir los costos de producción y aumentar su competitividad frente a las industrias lácteas de otros países.

Una de las principales limitaciones que enfrentan los productores es la baja productividad de las pasturas naturalizadas que se han establecido en suelos ácidos y con baja fertilidad natural (Sánchez, 2004). La falta de buenas prácticas de manejo en el pastoreo y una fertilización inadecuada en NPK – nitrógeno, fósforo y potasio–, principalmente, afectan la calidad y cantidad de forraje disponible para el ganado (Hernández, 2004), lo que resulta en una disminución en la producción de leche y, por consiguiente, en la rentabilidad de los productores. A pesar de la existencia de diversas alternativas de fertilización, muchos productores desconocen su importancia o no cuentan con los recursos necesarios para implementarlas, lo que agrava el problema. Por lo tanto, es necesario

explorar estrategias de fertilización efectivas que permitan mejorar la productividad de las pasturas, la sostenibilidad y la rentabilidad de la actividad ganadera en la región.

La calidad de las pasturas es fundamental para garantizar una buena producción en los sistemas ganaderos (Correa *et al.*, 2009), ya que influye directamente en el rendimiento y la salud del ganado (Bargo *et al.*, 2003). Los fertilizantes desempeñan un papel crucial en la mejora de la calidad y cantidad de forraje, lo que a su vez aumenta el rendimiento de la producción ganadera. Es esencial implementar prácticas de manejo y fertilización adecuadas para satisfacer los requerimientos nutricionales del pasto y ofrecer una ración con alto valor dietético.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo realizar una evaluación comparativa de tres prototipos de fertilizantes que varían en sus niveles de NPK, con el fin de determinar cuál de ellos ofrece mayores beneficios y garantías para los productores. La información obtenida será de gran utilidad tanto para los productores ganaderos al momento de tomar decisiones sobre el tipo de fertilizante y la dosificación a utilizar en su producción, como para los comercializadores de estos insumos, quienes buscan satisfacer las necesidades del productor.

Objetivo general

Evaluar la respuesta productiva del pasto *Cenchrus clandestinus* bajo tres prototipos

de fertilizantes comerciales en un sistema de producción ganadera de leche especializada en el trópico alto antioqueño.

Objetivos específicos

- Evaluar la cantidad de forraje en un sistema de producción ganadera de leche especializada en el trópico alto antioqueño utilizando dos métodos de aforo, y estimar la concordancia entre dichos métodos mediante el cálculo de la razón de verosimilitud.
- Comparar las dosis utilizadas frecuentemente en la fertilización del pasto *Cenchrus clandestinus*, según las recomendaciones de las casas comerciales y las de algunos productores, en una ganadería de leche especializada en el trópico alto antioqueño.
- Revelar las interacciones que se pueden presentar entre la aplicación de la concentración y la dosis de tres fertilizantes en el pasto *Cenchrus clandestinus* en un sistema de producción ganadera de leche especializada en el trópico alto antioqueño.

Materiales y métodos

Localización

El experimento se realizó en la finca La Granja, propiedad de la cooperativa Colanta, localizada en el municipio de San Pedro de los Milagros (Antioquia, Colombia) con coordenadas 6° 27' N, 75° 33' O y a una

altitud de 2 500 msnm. La temperatura promedio es de 14.2 °C y la humedad relativa es de 72 %, la precipitación anual de 2923 mm y la topografía de plana a ondulada. La finca pertenece a una zona de vida de 'bosque húmedo montano bajo' (bh-MB) de acuerdo con la clasificación de Holdridge (1967). La especie forrajera dominante de las praderas es el pasto kikuyo y los programas de fertilización se basan en la aplicación de productos químicos.

Procedimientos generales

Se utilizó un potrero establecido con pasto kikuyo en el que se hizo la distribución de seis tratamientos en parcelas de 15.1 x 15.1 m (227,84 m²), con un área efectiva de 56.95 m². Las parcelas se sometieron a un manejo previo de corte, homogenización y aplicación correspondiente a su tratamiento asignado y se realizaron 3 pastoreos cada 35 días empleando animales a una carga constante. Después de la salida de los animales, se realizó nuevamente la aplicación del tratamiento. Previo a la entrada de los semovientes se estimó la producción de forraje empleando la técnica del "método del rendimiento comparativo" (Haydock & Shaw, 1975) y la técnica de discos, o placas, propuesta por Bransby *et al.* (1977)

Aforo: técnica descrita por Haydock y Shaw (1975). Consiste en establecer un conjunto de parcelas de referencia que representan los diferentes rangos de variación en la biomasa del pasto.

A estas parcelas se les cosecha, seca y registra la biomasa, lo que se utiliza para asignar una puntuación a cada parcela de calibración. La puntuación de menor numeración representa la menor biomasa, mientras que la puntuación más alta representa la mayor biomasa, los valores intermedios se asignan en función de su comparación con los dos extremos. Luego son seleccionadas tres (3) parcelas de calibración, o visuales, por cada parcela de referencia, que también son cosechadas, secadas, pesadas y registradas como biomasa de las visuales; con la ayuda de una ecuación de regresión lineal se relaciona la biomasa de las parcelas de calibración y la biomasa de las parcelas de referencia, convirtiendo el puntaje asignado visualmente y obteniendo un estimativo de la biomasa de las parcelas en estudio.

Platómetro: la metodología del platómetro descrita por Bransby *et al.* (1977), se basa en la estimación de la biomasa acudiendo a la correlación positiva con la altura del dosel incorporando una dimensión de área a la medida.

Tratamientos

Los tratamientos fueron asignados teniendo en cuenta dos factores. El primero concebido como tres prototipos comerciales de fertilizantes de NPK con variación en dos niveles de dosificación:

f0: Suministro de fertilizante Ferticrop con una concentración NPK de 28-5-0.

f1: Suministro de fertilizante con una concentración NPK de 31-8-8.

f4: Suministro de fertilizante con una concentración NPK de 34-5-4.

El segundo es la dosificación de los prototipos en dos cantidades por hectáreas diferentes, acudiendo a las recomendaciones hechas por los proveedores de los prototipos y por trabajos en campo realizados por la cooperativa Colanta:

D1: 161 kg/Ha

D2: 200 kg/Ha

Análisis estadístico

Se empleó un modelo factorial 3x2, utilizando el tiempo como factor de bloqueo y los tratamientos como la combinación de las concentraciones de NPK y las dosis por hectárea, tratándolos como efectos fijos. Para analizar las diversas variables dependientes relacionadas con la producción de forraje, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. Además, se evaluó la normalidad y homocedasticidad de los residuos mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Todos los análisis se llevaron a cabo utilizando el software R (R Core Team, 2022). Por último, se llevó a cabo una comparación entre la estimación de

la oferta forrajera obtenida mediante el aforo y la obtenida a través del platómetro mediante un ANOVA. Además, se aplicó el análisis del 'cuadrado medio del error de predicción' (CMEP) como una medida de evaluación de la verosimilitud de los resultados.

Resultados y discusión

El análisis de varianza entre las dos metodologías de estimación de la 'oferta de forraje verde' (OFV) presentó diferencias estadísticas, indicando que la metodología

del aforo estima una oferta superior en 0.3 kg de FV /m² en comparación con la predicción hecha por el platómetro. El r² obtenido de la regresión encontrada entre el estimado de OFV por el aforo y el encontrado con el platómetro fue bajo (Figura 1) y el CMEP fue alto (Tabla 1). Esto sugiere un enfoque diferente en la heurística de las metodologías, pero podrían tomarse como mutuamente complementarias para un rango de valores de máximos y mínimos en la oferta forrajera en pastoreo, con baja inversión y con aplicabilidad en campo si se cuenta con técnicos capacitados.

Tabla 1

Oferta de Forraje Verde (OFV; kg/m²) y comparación de la estimación del OFV utilizando técnica de aforos Haydock & Shaw (1975) y el platómetro de Bransby (1977)

Estimador		Promedio ± D.E.						
Haydock y Shaw		1.80 ± 0.626						
Bransby		1.50 ± 0.328						
EEM		0.2501						
P_value		0.0303						
CMEP								
Ecuación	R ²	CMEP (kg/m ²) ²	Medio	Lineal	Aleatorio	EMP (kg/m ²)	ERP (%)	Dif. (kg/m ²)
Bransby	0.3098	0.436	0.09	0.0757	0.2707	0.660	36.71 %	0.3

Nota. EEM: Error Estándar de la Media; P_value: Valor de p; CMEP: Cuadrado Medio de error de Predicción (Medio, Lineal, Aleatorio); EMP: Error Medio de Predicción; ERP: Error Relativo Promedio; Dif: Diferencia.

En un estudio realizado por Castro *et al.* (2011), donde se determina el mejor método indirecto para estimar el rendimiento del forraje en cinco asociaciones de dos gramíneas y una leguminosa (sembrada en diferentes proporciones), se encontró una diferencia significativa entre el rendimiento promedio anual con el método del platómetro, en

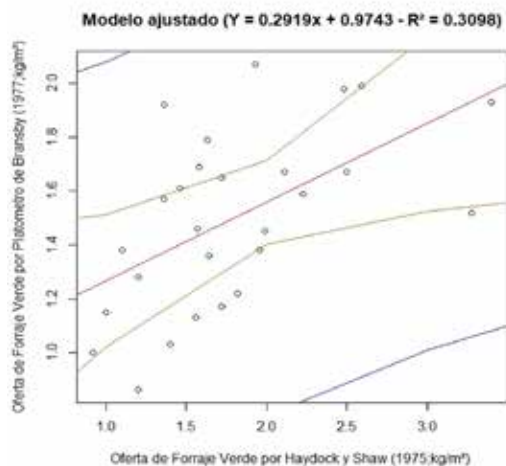
este caso, superando en un 24 % al método de Haydock y Shaw, algo muy diferente al presente trabajo, que mostró una diferencia significativa. En este caso, la técnica de Haydock y Shaw presenta un rendimiento superior del 21 % en comparación con el platómetro. Aunque los autores indican que los resultados dependen en gran medida de la época del año,

también es importante resaltar que la relación existente entre la altura y la biomasa producida por una gramínea no mantiene la misma proporcionalidad con las leguminosas.

Según Velazco *et al.* (2001), además de que los resultados pueden variar según la época del año, también se debe tener en cuenta el estado reproductivo que tienen las especies establecidas en las áreas de producción. Otro aspecto importante, es que el método de Haydock y Shaw presenta en sus mediciones observaciones subjetivas, por ende, también se debe tener en cuenta el grado de observación que presenta la persona que realiza el aforo.

Figura 1

Ecuaciones de regresión entre la Oferta de forraje verde estimado con Haydock & Shaw (1975) y la Metodología del platómetro descrita por Bransby *et al.* (1977).



Nota. El R2 bajo indica una correlación moderada entre los métodos, sugiriendo que otros factores no modelados podrían influir en las mediciones de la Oferta de Forraje Verde.

Al realizar el análisis de varianza correspondiente para cada metodología, se encontró significancia estadística únicamente en el método del aforo para el factor de la dosificación (P-valor = 0.000116), mientras que en la metodología del platómetro no se encontró significancia (P-valor = 0.3814; ver Anexo 1). La dosis de 161 kg/Ha (d1) versus la dosis de 200 kg/Ha (d2) reflejó una diferencia significativa en promedio de 0.373 kg/m² entre la d1 y d2, lo que aproximadamente corresponde a que d1 es suficiente para producir 3.72 ton/Ha más que la d2 en las condiciones actuales que presenta el sistema productivo, por lo tanto, no es necesario aplicar una dosis más alta. A pesar de la creencia que tienen los productores de la zona, según los datos estadísticos, se está utilizando una cantidad excesiva de fertilizante en un área que no lo requiere, lo que genera mayores costos de producción.

En un estudio realizado por Mejía *et al.* (2014), donde se evaluó el efecto de diferentes dosis de fertilizante NPK compuesto en la calidad del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus* Hochst ex Chiov), se encontró que hay diferencia significativa en la producción de forraje verde cuando se aplica una dosis de 250 kg/Ha respecto a un tratamiento testigo donde no hay aplicación, superándolo en 167 %. Comparando los datos con el presente estudio, se pudo comprobar que la aplicación de fertilizante NPK es necesaria para el adecuado crecimiento del forraje verde. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el

exceso de fertilización puede tener un impacto negativo en la producción. Por lo tanto, se recomienda realizar la aplicación de acuerdo con el análisis de suelo específico de la finca y seguir las recomendaciones proporcionadas por los técnicos capacitados. Aunque en otros estudios (realizados por Builes & Gómez en 2004), se encontró que una aplicación de fertilizante NPK en los potreros no se produce diferencia significativa frente al tratamiento testigo que no presentaba aplicación.

Tabla 2

Oferta de Forraje Verde (kg/m²; medias y desviaciones estándar)

Dosis	Fertilizante	Media ± sd
d1	f0	1.953 ± 0.198
d2	f0	1.543 ± 0.139
d1	f1	2.007 ± 0.197
d2	f1	1.647 ± 0.139
d1	f4	2.8 ± 0.197
d2	f4	1.548 ± 0.139

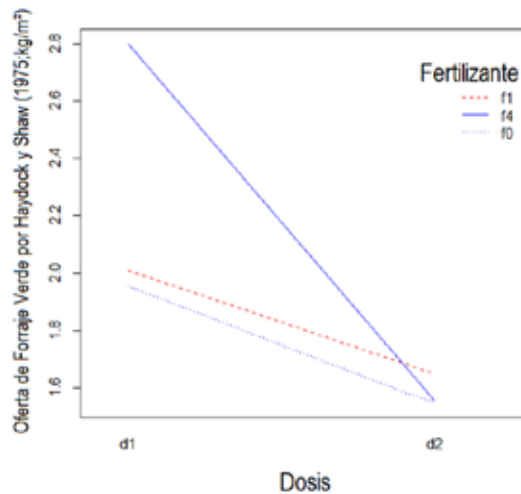
Nota. Medias y desviaciones estándar (sd) de la Oferta de Forraje Verde en kg/m² para diferentes dosis (d1, d2) y fertilizantes (f0, f1, f4).

Además, en el análisis de varianza realizado con el método del aforo, se observó significancia en la interacción entre la dosis y el fertilizante (P-valor = 0.028828; ver Anexo 1). En la Figura 2, se puede observar las interacciones que hay entre las dosis y las concentraciones de los fertilizantes,

notándose que existe una diferencia significativa en la relación entre d1 y d2 con el tratamiento f4, como lo muestra la gráfica, siendo diferente la trayectoria de esta línea a la de las demás, d1 y d2 con f0 y f1.

Figura 2

Evaluación de la interacción entre la dosis y la concentración de los fertilizantes.



Nota. Nivel de significancia de la prueba ($\alpha = 0,05$).

Con el contraste realizado por el efecto simple de la dosificación en los tratamientos, se puede observar que solo existe una diferencia estadística significativa entre d1 y d2 en el fertilizante f4 de concentraciones en NPK de 34-5-4 (Tabla 3).

Tabla 3

Contrastes de los efectos simples por dosificación.

Contraste	Diferencia	G. L	Sum de Sq	F	P_valor	Significancia
d1-d2	f0 0.41	1	0.3362	2.8792	0.1061	
d1-d2	f1 0.36	1	0.2592	2.2198	0.1527	
d1-d2	f4 1.2517	1	3.1333	26.8337	5.33E-05	***
Residuales		19	2.2186			

Nota. Contrastes entre dosis (d1-d2) para cada fertilizante (f0, f1, f4). Nivel de significancia de la prueba ($\alpha = 0,05$).

Al analizar los efectos simples de los diferentes fertilizantes, se observó significancia en los contrastes del fertilizante f4 en comparación con los otros prototipos. Estos resultados

indican que al utilizar la dosificación d1 con 161 kg/Ha se logran los mejores resultados en términos de productividad del pasto por metro cuadrado (Tabla 4).

Tabla 4

Contrastes significativos de los efectos simples por fertilizante.

Contraste	Diferencia	P_valor	Significancia	Límite Inferior	Límite Superior
d1:f0-d1:f4	-0.8466667	0.0068	**	-1.4306389	-0.2626944
d1:f1-d1:f4	-0.7933333	0.0104	*	-1.37730557	-0.2093611
d1:f4-d2:f0	1.2566667	0.0001	***	0.75093187	1.7624015
d1:f4-d2:f1	1.15333333	0.0001	***	0.64759854	1.6590681
d1:f4-d2:f4	1.25166667	0.0001	***	0.74593187	1.7574015

Nota. Tabla de contrastes completa se adjunta en el anexo 3.

En un estudio realizado por Zuluaga *et al.* (2010), donde evaluaron los parámetros productivos y agronómicos del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* Hochst ex Chiov) bajo dos metodologías de fertilización, los resultados que obtuvieron son muy similares

a los resultados de la presente investigación. En ese sentido, se coincide en que, en todos los casos evaluados, la cantidad y calidad del forraje producido no dependió del tipo de fertilizante utilizado ni de las proporciones de fertilizante químico y orgánico, sino del

ambiente y del manejo. En otro estudio realizado por Silva *et al.* (2010) se encontraron resultados contradictorios, pues se determinó que la producción de forraje verde y materia seca mostró diferencia altamente significativa entre las concentraciones utilizadas, pero no entre la época o periodo de evaluación, ni en la interacción fuente-época. Sin embargo, se hallaron diferencias en el contenido de proteína para la interacción fuente-época. En comparación con el presente trabajo, estas interacciones pueden facilitar la toma de decisiones y establecer una dosis y una concentración más adecuada.

Conclusiones

Los métodos de aforo utilizados en este estudio demostraron diferencias estadísticas significativas en la estimación de la Oferta de Forraje Verde (OFV) en comparación con el método del platómetro. Específicamente, el método de aforo estimó una oferta superior en 0.3 kg de FV/m² en comparación con el platómetro. A pesar de la baja concordancia (R²) y el alto Cuadrado Medio del Error de Predicción (CMEP), estos resultados sugieren que ambos métodos podrían ser considerados como complementarios, especialmente para evaluar una amplia gama de valores de oferta forrajera en pastoreo, con la ventaja de ser aplicables en campo con técnicos capacitados.

La evaluación de las dosificaciones de fertilizantes reveló una diferencia significativa en la producción de forraje verde entre la

dosis de 161 kg/Ha (d1) y la dosis de 200 kg/Ha (d2), con una diferencia promedio de 0.373 kg/m². Estos resultados indican que la dosis más baja (d1) es suficiente para producir 3.72 ton/Ha más de forraje que la dosis más alta (d2) en las condiciones actuales del sistema productivo. Esto sugiere que la aplicación de una dosis más alta de fertilizante no es necesaria y podría generar costos adicionales de producción.

El análisis de las interacciones entre las dosificaciones de fertilizantes y las concentraciones reveló diferencias significativas en la relación entre d1 y d2 con el tratamiento f4. Esto indica que la elección de la dosis de 161 kg/Ha (d1) con concentración en NPK de 34-5-4 (f4) produce los mejores resultados en términos de productividad del pasto por metro cuadrado. Estos resultados resaltan la importancia de considerar tanto la dosis como la concentración específica de los fertilizantes para optimizar la producción de forraje verde en las condiciones del sistema productivo estudiado.

Bibliografía

- Bargo, F.; Muller, L. D.; Kolver, E. S. & Delahoy, J. E. (2003) Invited Review: Production and Digestion of Supplemented Dairy Cows on Pasture. *Journal of Dairy Science*, 86(1) 1-42.
- Bernal, J. (1998). Fertilización de pastos mejorados. En *Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre sobre la recuperación de una pradera degradada de pasto kikuyo Pennisetum clandestinum en Nariño, Colombia*. Monómeros
- Bransby, D. I.; Matches, A. G. & Krause, G. F. (1977). Disk meter for rapid estimation of herbage yield in grazing trials 1. *Agronomy Journal*, 69(3), 393-396.
- Builes, A. & Gómez, M. (2004). *Evaluación de la producción y calidad de kikuyo (Pennisetum clandestinum) asociado con árboles de aliso (Alnus acuminata) en bmh-MB* (Trabajo de grado). Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Calderón-Rangel, A.; Rodríguez, V. C. & Martínez-H, N. (2013). Determinación de adulterantes en leches crudas acopiadas en procesadoras de quesos en Montería (Córdoba). *Orinoquia*, 17(2), 202-206. Recuperado July 18, 2023, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092013000200007&lng=en&tlng=es.
- Castro, R.; Hernández, G.; Aguilar & Ramírez, O. (2011). Comparación de métodos para estimar rendimiento de forraje en praderas asociadas. *Revista Naturaleza y Desarrollo*, 9(1), 38-46.
- Correa, H. J.; Pabón, M. L. & Carulla, J. E. (2009). Balance y eficiencia en el uso del nitrógeno en vacas Holstein lactantes bajo pastoreo. Memorias del Primer Simposio en Producción Animal, *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), 34.
- DANE. (2013). Boletín mensual de los precios de la leche. Sistema de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario (SIPSA). 09 de agosto de 2013. Número 9.

- Echeverri, J.; Restrepo, LF & Parra, JE (2010). Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. *Revista Lasallista de Investigación*, 7(1), 85-95. Antioquia, Colombia.
- El Colombiano (2022, 23 de marzo). Escasez de fertilizante amenaza con encarecer más la canasta básica familiar. *El Colombiano*. Reporte de noticia en Colombia.
- El Espectador. (2012, 14 de mayo). Ingresos de campesinos bajarán un 70 % por TLC Colombia-EE. UU. *El Espectador*. <http://www.elespectador.com/> [2013, 15 de noviembre].
- FAO (2022). El Mercado mundial de fertilizantes: balance de la situación de un mercado en dificultades. Roma.
- FEDEGAN. (2017). En menos de 40 días de 2017, Colombia está llena de leche importada. *Fedegán*. <https://www.fedegan.org.co/noticias/en-menos-de-40-dias-de-2017-colombia-esta-llena-de-leche-importada>
- Garay, L.; Barberi, F. & Cardona, I. (2010). *Impactos del TLC con Estados Unidos sobre la economía campesina en Colombia*. ILSA y Oxfam.
- Guerrero, R. (1998). *Fertilización de cultivos en clima frío*. Monómeros.
- Haydock, K. P. & Shaw N. H. (1975) The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 15(76).
- Hernández, T. (2004). *Sembrar sin Arar. Cultivos de leguminosas, pastos y otras especies sobre praderas de kikuyo con cero labranza*. Editorial Abya-Yala.
- Herrera, C. (2011). Análisis de costos e ingresos de un hato lechero como herramienta para la toma de decisiones en el largo plazo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(3), 347-357.
- Holdridge, L. R. (1967). *Life Zone Ecology*. Tropical Science Centre. San José, California: USA.
- Mejía, A.; Ochoa, R. & Medina, M. (2014). Efecto de diferentes dosis de fertilizante compuesto en la calidad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov.). *Pastos y Forrajes*, 37(1), 31-37.
-

- Mila, A. & Corredor, G. (2004). Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. En *Revista Corpoica*, 5(1), 70-75.
- R Core Team (2022). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Ramírez, G. (2013). Plantean nueva estrategia para recuperar los pastos. *El Colombiano*.
- Sánchez, C. (2004). *Cultivo y Producción de Pastos y Forrajes*. Ediciones Ripalme.
- Segura, F. & Rojas, O. (2008). Impacto de la fertilización nitrogenada sobre el pasto guinea (*Panicum máximum* Jacq) en el bosque húmedo premontano en el departamento del Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, Universidad del Tolima.
- Silva, A.; Coral, E. & Menjivar, J. (2006). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la actividad microbial y rendimiento de avena forrajera en un suelo andisol del departamento de Nariño, Colombia. *Acta Agronómica*.
- Silva, A.; Menjívar, J., Álava, C., & Gómez, H. (2010). Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre sobre la recuperación de una pradera degradada de Kikuyo *Pennisetum clandestinum* en Nariño, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Velasco, Z.; Hernández, G.; González, H.; Pérez, P.; Vaquera, H. & Galvis, S. (2001). Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México*, 39, 1-14.
- Zuluaga, J.; Restrepo, L. & Parra, J. (2010). Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2), 94-100.
-

Anexos

Anexo 1

Análisis de varianza de la metodología de Haydock y Shaw 1975

Fuente de variación	Df	Sum Sq	Mean Sq	F	P_value	Significancia
Bloque	2	3.867	1.9333	16.557	6.87E-05	***
Dosis	1	2.725	2.7248	23.335	0.000116	***
Fertilizante	2	0.386	0.1929	1.652	0.218013	
Dosis: Fertilizante	2	1.004	0.502	4.299	0.028828	*
Residuales	19	2.219	0.1168			

Anexo 2

Análisis de varianza de la metodología del platómetro

Fuente de variación	Df	Sum Sq	Mean Sq	F	P_value	Significancia
Bloque	2	1.7275	0.8637	22.304	1.03E-05	***
Dosis	1	0.0311	0.0311	0.803	0.3814	
Fertilizante	2	0.2714	0.1357	3.504	0.0507	
Dosis: Fertilizante	2	0.04	0.02	0.516	0.6051	
Residuales	19	0.7358	0.0387			

Anexo 3

Contraste de los efectos simples de cada uno de los tratamientos del experimento

Contraste	Diferencia	P_value	signif.	Límite Inferior	Límite Superior	Significancia
d1:f0-d1:f1	-0.0533333	0.8504		-0.63730557	0.5306389	***
d1:f0-d1:f4	-0.8466667	0.0068	**	-1.4306389	-0.2626944	
d1:f0-d2:f0	0.41	0.1061		-0.09573479	0.9157348	

Contraste	Diferencia	P_value	signif.	Límite Inferior	Límite Superior	Significancia
d1:f0-d2:f1	0.30666667	0.2197		-0.19906813	0.8124015	
d1:f0-d2:f4	0.405	0.1101		-0.10073479	0.9107348	
d1:f1-d1:f4	-0.79333333	0.0104	*	-1.37730557	-0.2093611	
d1:f1-d2:f0	0.46333333	0.0703	.	-0.04240146	0.9690681	
d1:f1-d2:f1	0.36	0.1527		-0.14573479	0.8657348	
d1:f1-d2:f4	0.45833333	0.0732	.	-0.04740146	0.9640681	
d1:f4-d2:f0	1.25666667	0.0001	***	0.75093187	1.7624015	
d1:f4-d2:f1	1.15333333	0.0001	***	0.64759854	1.6590681	
d1:f4-d2:f4	1.25166667	0.0001	***	0.74593187	1.7574015	
d2:f0-d2:f1	-0.10333333	0.6065		-0.51626406	0.3095974	
d2:f0-d2:f4	-0.005	0.98		-0.41793073	0.4079307	
d2:f1-d2:f4	0.09833333	0.6239		-0.3145974	0.5112641	

Anexo 4

Análisis del supuesto de Normalidad con la Prueba de Shapiro-Wilk

$$W = 0.9816, p\text{-value} = 0.8966$$

Anexo 5

Análisis de homocedasticidad de varianza con la prueba de Levene

	G. L	F	P_value	Significancia
Grupo	5	1.1581	0.3621	