

Evaluación del comportamiento del Pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) bajo diferentes grados
de fertilización y distintos tiempos de corte

Luis Carlos Gómez Sanabria, Miguel Alonso Bermúdez Ballesteros

Trabajo de Grado para Optar el Título de Zootecnista

Director

Julián Mauricio Botero Londoño

PhD en Ciencias Agrarias

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Zootecnia

Málaga Santander

2019

Tabla de Contenido

Introducción.....	11
1. Objetivos.....	17
1.1 Objetivo General.....	17
1.2 Objetivos Específicos.....	17
2. Marco Referencial.....	18
2.1 Marco teórico.....	18
2.1.1 Importancia de las gramíneas.....	18
2.1.2 Clasificación taxonómica.....	19
2.1.3 El pasto kikuyo: origen, descripción botánica y condiciones óptimas del cultivo.....	19
2.1.4 Composición nutricional.....	21
2.1.5 Respuesta del pasto Kikuyo a la fertilización y al grado de madurez.....	22
2.2 Marco Conceptual.....	25
2.2.1 Biomasa.....	25
2.2.2 Capacidad de carga.....	25
2.2.3 Tasa de crecimiento.....	25
2.2.4 Fertilizantes.....	25
2.2.5 Plantas C3.....	26
2.2.6 Plantas C4 y CAM.....	26

3. Metodología	26
3.1 Tipo de estudio	26
3.2 Localización	27
3.3 Selección del terreno y distribución experimental	27
3.4 Análisis estadístico	28
3.5 Cálculo de variables productivas	28
3.5.1 Análisis Bromatológico.	29
3.5.2 Producción de Biomasa	29
4. Resultados.....	29
4.1 Valor Nutricional del pasto Kikuyo (<i>Cenchrus clandestinus</i>).....	30
4.1.1 Comportamiento de la M.S (%).	30
4.1.2 Comportamiento de la P.B (%).	31
4.1.3 Comportamiento del Extracto Etéreo.	31
4.1.4 Comportamiento de las Cenizas.....	31
4.2 Producción de Biomasa	32
4.2.1 Comportamiento de la Biomasa Materia Fresca (kg/m ²).....	32
4.2.2 Comportamiento de la Biomasa Materia Seca (kg/m ²).....	32
4.2.3 Comportamiento de la Biomasa en Materia Fresca (kg/ha-1/año).....	33
4.2.4 Comportamiento de la Biomasa en Materia Seca (kg/ha-1/año).	33
4.2.5 Capacidad de Carga (U.g.g/ha-1).....	33

4. Discusión	33
5. Conclusiones.....	38
6. Recomendaciones	39
Referencias bibliográficas	41
Apéndices	47

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica (<i>Cenchrus clandestinum</i> , previamente <i>Pennisetum clandestinum</i>).....	19
Tabla 2. Composición Nutricional del pasto Kikuyo (<i>Cenchrus clandestinus</i>).....	22
Tabla 3. Análisis bromatológico del pasto Kikuyo (<i>Cenchrus clandestinus</i>) con diferentes edades de corte y con o sin fertilización.....	30
Tabla 4. Producción de biomasa y capacidad de carga del pasto Kikuyo (<i>Cenchrus clandestinus</i>) con diferentes edades de corte y con o sin fertilización.....	32

Lista de Figuras

Figura 1. Contenido de M.S (%) en el pasto Kikuyo.....	34
Figura 2. Contenido de Proteína Bruta (%) en el pasto Kikuyo.	35
Figura 3. Contenido de Extracto Etéreo (%) del pasto Kikuyo.	36
Figura 4. Contenido de cenizas (%) del pasto Kikuyo.....	37

Lista de Apéndices

Apéndice A: Producción de Biomasa Materia Fresca (kg/m ²).....	47
Apéndice B: Producción de Biomasa M.S (kg/m ²)	48
Apéndice C: Producción de Biomasa M.F (kg/ha ⁻¹ /año)	49
Apéndice D. Producción de Biomasa M.S (kg/ha ⁻¹ /año)	50
Apéndice E: División de las microparcels y medición de la biomasa.....	51
Apéndice F: Respuesta del pasto a los tratamientos experimentales y toma de muestras	52

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PASTO KIKUYO (*CENCHRUS CLANDESTINUS*) BAJO DIFERENTES GRADOS DE FERTILIZACIÓN Y DISTINTOS TIEMPOS DE CORTE*

AUTOR: LUIS CARLOS GÓMEZ SANABRIA
MIGUEL ALONSO BERMÚDEZ BALLESTEROS**

PALABRAS CLAVES: PASTO KIKUYO, FERTILIZACIÓN, TIEMPOS DE CORTE.

DESCRIPCIÓN:

En Colombia cerca del 80% de las praderas están constituidas de pasto kikuyo que abastece la producción de lechería especializada, sin embargo, la baja calidad de las pasturas se ve limitada por la edad de madurez de la planta, los tiempos de corte y la extracción de nutrientes presentes en el suelo. La fertilización y los tiempos de corte surgen como una alternativa viable para el productor, porque mejora el valor nutricional del forraje, la producción de biomasa y la capacidad de carga. El presente estudio evaluó el comportamiento del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) bajo diferentes grados de fertilización y distintos tiempos de corte. Se tomó como base un terreno de 157, 2 m² dividido en 36 microparcels, cada una contaba con un área una de 2,6 m². El diseño experimental fue el DCBA (Diseño de Bloques Completamente Aleatorizados) con microparcels divididas, utilizando 9 bloques, con 4 microparcels con y sin fertilización, realizando cortes cada 15, 30 y 45 días, 4 réplicas/tratamiento, se establecieron nueve tratamientos **T₁**: 0% fertilización + corte a los 15 días, **T₂**: 50% fertilización + corte a los 15 días, **T₃**: 100% fertilización + corte a los 15 días., **T₄**: 0% fertilización + corte a los 30 días., **T₅**: 50 % de fertilización + corte a los 30 días., **T₆**: 100 % de fertilización + corte a los 30 días., **T₇**: 0% fertilización + corte a los 45 días., **T₈**: 50 % de fertilización + corte a los 45 días., **T₉**: 100% de fertilización + corte a los 45 días, para un total de 36 unidades experimentales. En el experimento se evaluaron las variables: materia seca, proteína bruta, extracto etéreo, cenizas y producción de biomasa. Los registros de las variables fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA).

*Trabajo de grado

** Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia.
Director: Julián Mauricio Botero Londoño, PhD en Ciencias Agrarias.

ABSTRACT

TITULO: EVALUATION OF THE BEHAVIOR OF KIKUYU GRASS (CENCHRUS CLANDESTINUS) UNDER DIFFERENT DEGREES OF FERTILIZATION AND DIFFERENT CUTTING TIMES*

AUTOR: LUIS CARLOS GÓMEZ SANABRIA
MIGUEL ALONSO BERMÚDEZ BALLESTEROS**

PALABRAS CLAVES: KIKUYU GRASS, FERTILIZATION, CUTTING TIMES

DESCRIPTION:

In Colombia about 80% of the grasslands constituted of Kikuyu grass that supplies the specialized dairy production, however the low quality of the pastures limited by age of maturity of the plant, the cutting times and the extraction of nutrients present in the soil. The fertilization and the cutting times arise as a viable alternative for producer, because it improves the forage nutritional value, biomass production and carrying capacity. The present study evaluated the behavior of kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) under different degrees of fertilization and different cutting times. We take as basis a land of 157, 2 m² it divided in thirty-six microplots, each it counted with and area of 2,6 m². The experimental design was the DCBA (Design of Completely Randomized Blocks) with s microplots divided, we used nine blocks with four microplots with and without fertilization, we make cuts each 15, 30 and 45 days, 4 aftershocks/treatments, we established nine treatments **T₁**: 0% fertilization + cut at 15 days, **T₂**: 50% fertilization + cut at 15 days, **T₃**: 100% fertilization + cut at 15 days., **T₄**: 0% fertilization + cut at 30 days, **T₅**: 50% fertilization + cut at 30 days., **T₆**: 100% fertilization + cut at 30 days., **T₇**: 0% fertilization + cut at 45 days., **T₈**: 50% fertilization + cut at 45 days., **T₉**: 100% fertilization + cut at 45 days, for a total of 36 experimental units. In the experiment we evaluated the variables: dry matter, crude protein, ethereal extract, ashes and biomass production. The records subjected to an analysis of variance (ANOVA).

*Bachelor Thesis

** Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia.
Director: Julián Mauricio Botero Londoño, PhD en Ciencias Agrarias.

Dedicatoria

En primera instancia a *Dios*, a la *Santísima Virgen María* y al *Divino Niño*, por iluminarme y regalarme la sabiduría para mi formación tanto personal como profesional.

A mis padres, especialmente a mi madre *Omaira Ballesteros* y a mi abuela *María Chiquinquirá Rincón*, por estar presente brindándome su apoyo incondicional a lo largo de la vida, impartíendome sus enseñanzas y valores.

A mi Director de Tesis *Julián Mauricio Botero Londoño* por el acompañamiento brindado a lo largo de esta fase experimental.

A mis *Familiares, Tíos(as), Primos(as), Amigos y demás compañeros* por su apoyo incondicional durante las adversidades.

“Con constancia y perseverancia Miguel Bermúdez”

A Dios todopoderoso y a la Virgen Santísima por permitirme culminar este proceso de aprendizaje, luchas y vivencias.

A mi familia por ser el apoyo constante, a mi padre *Timoleón Gómez Torres* y a mi madre *María Inés Sanabria* por haberme educado con una bases sólidas y principios morales y hacer de mí una persona fuerte para enfrentar la vida.

A los profesores *Julián Mauricio Botero Londoño* y *Yesid Rolando Millán Cárdenas* por el acompañamiento constante en la fase experimental y ser incondicionales en los momentos más importantes del desarrollo de la tesis y a lo largo de mi vida profesional.

“Con sueños y metas por cumplir, Luis Carlos Gómez”

Introducción

En Colombia la ganadería es la actividad más difundida dentro de las escalas de producción superando 2,1 veces al sector avícola y 4,4 veces al sector porcícola, generando 810.000 empleos directos, consolidando así el crecimiento económico al 1,4% del PIB en el país, donde el tamaño del hato representa el número 12 a nivel mundial, el cuarto en Latinoamérica y el quinto en América (FEDEGAN, 2018).

Gracias a la ubicación geográfica y a la variedad de pisos térmicos se pueden explotar razas bovinas productoras de carne, leche y doble propósito principalmente en la Región de los Llanos, con relación al inventario bovino en Santander sólo se agrupa el (6,05%) del ganado que comprende los 26'367.814 cabezas de ganado (ICA, 2018). Sin embargo, la producción ganadera a nivel nacional se ve limitada por los escasos avances tecnológicos y científicos, la falta de modernización de las plantas de procesamiento de lácteos y cárnicos, las inadecuadas prácticas de manejo, el uso indiscriminado de fármacos y el cambio climático, puesto que la temperatura y la precipitación hacen que varíe la materia seca, la producción de biomasa y la calidad del pasto (Tapasco *et al.*, 2015).

En la Región García Rovirensis la baja productividad hace alusión a la poca carga de animales/Ha, falta de división de potreros y de un sistema rotacional adecuado, la escasez tecnológica, el sobrepastoreo, el mal uso de las enmiendas al suelo (Giraldo, 2014). Es por ello, que se hace necesario compensar el desbalance de nutrientes en los pastos con la finalidad de que el productor pueda atender los requerimientos nutricionales del ganado, optimizando la producción para generar una mayor oferta forrajera y mejorar la capacidad de carga en las fincas, manteniendo la seguridad alimentaria de la población creciente (Boschini *et al.*, 2016).

Con base a lo anteriormente expuesto, el Pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) constituye una estrategia para el mejoramiento de las praderas, siendo una gramínea de alto valor biológico por contener nutrimentos capaces de cubrir suelos erosionados, mantener la humedad y restaurar la fertilidad del suelo, contribuyendo con el sostenimiento de la lechería especializada en Colombia (Guaña, 2014).

Es por ello, que la producción de pastos necesita una optimización en la producción, teniendo en cuenta que las gramíneas extraen nitrógeno a diferencia de las leguminosas que lo aportan, por ende, la fertilización química nace como una idea viable y versátil para suplir las carencias en el suelo y por consiguiente en el pasto que finalmente va a ser consumido por el animal. De acuerdo con Herrera (2015) para que la aplicación de un fertilizante sea eficiente se deben tener en cuenta aspectos como: la biodisponibilidad del mineral deficiente con sus respectivas interacciones sinérgicas o antagónicas y la edad de corte.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento del Pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) bajo diferentes grados de fertilización y distintos tiempos de corte.

1.2 Objetivos Específicos

Determinar la composición química (análisis bromatológico) del Pasto Kikuyo obtenido en la Vereda Buena Vista ubicada en la provincia de García Rovira.

Evaluar el efecto de diferentes grados de fertilización sobre el comportamiento del pasto Kikuyo a distintos tiempos de corte

2. Marco Referencial

2.1 Marco teórico

2.1.1 Importancia de las gramíneas. Las gramíneas son el grupo de plantas vasculares con mayor variedad en el mundo, habitando en climas cálidos, secos, húmedos, tropicales y subtropicales, es así que la familia POACEAE posee uno de los más altos rangos taxonómicos existiendo aproximadamente 702 géneros con 9.675 especies, en la industria las gramíneas tienen ampliados usos que van desde su consumo como forraje hasta la elaboración de productos artesanales, naturales y médicos (Dávila *et al.*, 1993). Las gramíneas se caracterizan por ser herbáceas perennes de tipo monocotiledóneo, su distribución geográfica es amplia y se estima que los pastizales ocupan un área de 52,5 millones de Km² aproximadamente el 40,5% de la masa terrestre (Cosentino *et al.*, 2018).

Por lo tanto, los pastos perennes son eficientes en términos de radicación, agua y nutrientes, requiriendo escasos insumos (Ceotto *et al.*, 2013 y Triana *et al.*, 2014); sin embargo, al momento de establecer un cultivo es indispensable controlar la maleza con fertilización limitada específicamente en nitrógeno y complementarlo con riego. Las gramíneas pueden prosperar en ambientes cálidos y secos, con mal drenaje o terrenos inundables, bajo salinidad, con pendientes pronunciadas y suelos contaminados (Anderson *et al.*, 2015 y Stavridou *et al.*, 2016).

Los géneros *Setaria*, *Pennisetum* y *Cenchrus* son afines, ya que presentan setas estériles adheridas a las espiguillas; las setas de *Setaria* son reconocibles porque se mantienen en la inflorescencia y sus espigas caen al madurar el fruto, por su parte *Cenchrus* presenta setas fuertes

más allá de la base y *Pennisetum* setas libres entre sí, sólo soldadas en la base de sus espiguillas sin un cuerpo endurecido (Gutiérrez, 2013).

2.1.2 Clasificación taxonómica. En la tabla 1, se muestra la clasificación taxonómica para el pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*).

Tabla 1.

Clasificación taxonómica (Cenchrus clandestinum, previamente Pennisetum clandestinum)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	POACEAE
Género	<i>Cenchrus</i>
Especie	<i>Cenchrus clandestinus</i>

*Nota: Clasificación taxonómica del Pasto Kikuyo. Adaptado de: Sánchez. Riqueza de especies clasificación y listado de gramíneas (POACEAE) de México. Revista Acta Botánica Mexicana, No. 126. Pátzcuaro, México; 2019. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-71512019000100104&script=sci_arttext&tlng=en

2.1.3 El pasto kikuyo: origen, descripción botánica y condiciones óptimas del cultivo. A nivel mundial *Cenchrus clandestinus* fue introducido en áreas tropicales, subtropicales y templadas encontrándose en altitudes de 2000-3800 m.s.n.m, siendo sub-espontáneo en América, el sudeste de Asia, Australia, Europa y Nueva Zelanda, así mismo se cultiva para forraje o césped; sus nombres comunes son: pasto africano, kikuyo o pasto kikuyo en inglés “Kikuyu grass” pareciéndose en sus características botánicas al *Cenchrus longistylum* (Gutiérrez, 2014). De acuerdo con Whitney (1974) el kikuyo es una gramínea con metabolismo C4 que es una adaptación de la planta a los ambientes más cálidos y secos, importante para reducir el estrés hídrico y

encaminada al uso eficiente del agua, el crecimiento del pasto puede ser erecto o semierecto y alcanzar alturas comprendidas entre 50-60 cms (citado por Vargas *et al.*, 2018).

El Pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* o anteriormente, *Pennisetum clandestinum*) es una hierba perenne de color amarillo-verdosa, perteneciente a las tierras altas de África Central que se propaga mediante estolones o rizomas grandes y rastreros, llegando a alcanzar los 2 metros de longitud, los estolones llegan a cada nodo, sintetizando ramas frondosas de 60 cm de longitud pudiendo colonizar y estabilizar el suelo (Muscolo *et al.*, 2013). Es un pasto que puede recuperarse del desgaste fácilmente, compite con la invasión por maleza, puede soportar las inundaciones y pH del suelo entre 5,5-8,0, dentro de sus características adaptativas posee un crecimiento rápido y un buen sistema radicular, tolerando el stress por sequía, calor y salinidad, además de atrapar minerales tóxicos del suelo (Okem *et al.*, 2015).

Los animales obtienen para su consumo las hojas del pasto kikuyo, por la formación estolonífera sobre la superficie del suelo, formando entrenudos cortos, por lo que las raíces se fijan directamente al suelo, permitiendo el aprovechamiento por la biodisponibilidad estrecha entre el tallo y la hoja (Valencia *et al.*, 2005). De acuerdo con Mears (1970) esta planta perenne postrada puede formar un pasto suelto de 46 cm, de alto siendo la hoja de menor espesor, suave y vellosa, las espiguillas son bisexuales o unisexuales funcionales, el estigma es ramificado siendo plumoso y la semilla tiene una longitud de 2 mm elipsoidal (citado por Vargas *et al.*, 2018). El kikuyo tiene una alta tasa de fertilidad en suelos arcillosos, arenosos húmedos aluviales y fertilizados, tolera precipitaciones de 800- 3000 mm/año y soporta temperaturas de 16°C hasta 38°C, para el establecimiento del cultivo puede ser de forma vegetativa o por semilla, siendo la producción de biomasa limitada por la fertilidad del suelo y la humedad (Escobar, 2018).

El pasto kikuyo se caracteriza por tener una respuesta positiva a la fertilización cuando su cultivo no se relaciona con el establecimiento de leguminosas en la pradera, llegando a duplicar su producción, es así que en los suelos donde el P y el K son deficientes responde a la aplicación de 100-150 kg de superfosfato triple/ha y de 80-90 Kg de cloruro de potasio/ha (Jaramillo *et al.*, 2014).

2.1.4 Composición nutricional. En un estudio realizado por Cuervo *et al.*, (2019) describiendo la composición química de forrajes tropicales en Colombia comprendido entre los años 1985-2015 se encontró que el pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) posee una Proteína Bruta (PB) del 16,7%, Fibra Detergente Neutra (FDN) 62,31%, Fibra Detergente Ácida (FDA) 33,83% y una Digestibilidad in vitro de la Materia Seca (DIVMS) del 71,42% lo que lleva a deducir que en Colombia las zonas de lechería especializada cuando se utiliza este pasto no presentan un problema de PB, sino más bien de energía por el poco contenido de Carbohidratos No Estructurales (CNE) y el alto contenido de FDN.

Tabla 2.*Composición Nutricional del pasto Kikuyo (Cenchrus clandestinus)*

Valor Nutricional		
Nutriente	Unidades	Promedio
Materia Seca	g/100g MH	17,26
Proteína Cruda	g/100g MS	18,34
Ceniza	g/100g MS	8,20
Extracto Etéreo	g/100g MS	1,70
Fibra Detergente Neutra	g/100g MS	56,21
Fibra Detergente Ácida	g/100g MS	26,46
Lignina	g/100g MS	4,34
Hemicelulosa	g/100g MS	29,75
Fenoles totales	g/100g MS	1,78
Taninos totales	g/100g MS	1,57
Carbohidratos No Estructurales	g/100g MS	10,58
Nutrientes Digestibles Totales	g/100g MS	60
Energía Bruta	Mcal/kg MS	4,17
Energía Metabólica de Rumiantes	Mcal/kg MS	2,18
Energía Neta (lactancia de rumiantes)	Mcal/kg MS	1,36
Contenido de minerales		
Nutriente	Unidades	Promedio
Calcio	g/100 g MS	0,41
Fósforo	g/100 g MS	0,33
Magnesio	g/100 g MS	0,26
Potasio	g/100 g MS	3,40
Sodio	g/100 g MS	0,02
Azufre	g/100 g MS	0,17
Cobre	mg/kg MS	7,74
Hierro	mg/kg MS	58,11
Zinc	mg/kg MS	42,83

*Nota: Composición nutricional del pasto Kikuyo. Adaptado de: Alimento (2018). Recursos alimenticios para animales del trópico. Carmen de Chucurí, Colombia. Agrosavia. Recuperado de <http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/AlimenTro>

2.1.5 Respuesta del pasto Kikuyo a la fertilización y al grado de madurez. En la tesis titulada “Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)” realizado en el Centro de Producción Paysandú de la Universidad Nacional de Colombia a una altitud de 2.300 m.s.n.m y a una

temperatura de 16 °C empleando un Diseño de Bloques Completamente Aleatorizados con un total de 16 parcelas donde (T₁: 30 días de corte y 0 kg/N/ Ha/Corte), T₂ (60 días de corte y 0 kg/N/Ha/Corte), T₃ (30 días de corte y 50 kg/N/Ha/Corte) y T₄ (60 días de corte y 50 kg/N/Ha/Corte) se obtuvo que para la variable PC el mayor valor se encontró en el T₃ (20,09%) seguido por el T₂ (19,60%), el menor valor se dio en el T₄ (17,98%)., la FDN fue estadísticamente igual en el T₁, T₂ y T₄ con valores de (57,55%, 57,25% Y 57,32%) el T₃ obtuvo el menor valor (54,17%) para esta variable, la FDA se comportó de manera estadísticamente similar en todos los tratamientos experimentales, para el E.E los tratamientos T₁, T₂ y T₄ se comportaron estadísticamente igual (3,86%, 3,96% y 3,93%) respectivamente el T₃ obtuvo el mayor contenido de grasa con (4,46%) (Soto *et al.*, 2005).

De acuerdo con Castañeda *et al.*, (2008) con el propósito de evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y de la edad de corte sobre la digestibilidad intestinal *In vitro* de la proteína del pasto Kikuyo, se seleccionaron 16 parcelas a las cuales se les asignó uno de los siguientes tratamientos (cuatro parcelas/tratamiento): T₁ (30 días de corte y 0 kg/N/Ha/Corte), T₂ (60 días de corte y 0 kg/N/Ha/Corte), T₃ (60 días de corte y 50 kg/N/Ha/Corte) y T₄ (30 días de corte y 50 kg/N/Ha/Corte). Una vez cumplida la edad del corte se tomaron 5 submuestras al azar de cada parcela las cuales fueron unificadas en una sola muestra en donde los T₁ y T₄ obtuvieron valores estadísticamente similares para la PC de (19,69% y 19,04%), el T₃ tuvo el mayor valor para este parámetro de (20,09%)., en cuanto al % de degradabilidad de la P.B el T₁ y el T₃ tuvieron los valores más altos y se comportaron de manera estadísticamente igual con (52,92% y 52,66%) respectivamente., los demás tratamientos experimentales obtuvieron los valores más bajos y se comportaron de manera estadísticamente similar T₂ y T₄ (50,98% y 50,10%) respectivamente.

En un estudio realizado por Ruiz *et al.*, (2014) con la finalidad de “Determinar los niveles de nitrato en el pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* Hochst. ex Chiov) Morrone fertilizado con ureas en el Altiplano de Antioquia, Colombia” en donde se utilizaron 12 parcelas, emplearon los siguientes tratamientos: T₀: sin fertilización o testigo, T₁: fertilización recomendada (50 kg N/ha, T₂: 2 veces la fertilización recomendada (100 kg N/ha) y T₃: 4 veces la fertilización recomendada (220 kg N/ha), se encontró que el rendimiento de la M.S fue estadísticamente igual en los tratamientos T₁, T₂ y T₃ con valores de 1,7-2,4 Ton/ha., el control presento una producción de 1,2 Ton/ha de M.S., por su parte el T₂ y T₃ al aplicar la urea como fertilizante aumentó la concentración de nitrato con valores de 800 a 900 p.p.m, los T₀ y T₁ presentaron una concentración de 290-450 p.p.m, demostrando que la fertilización con nitrógeno en rumiantes puede provocar intoxicación por NO₄.

En el XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo se dio a conocer el trabajo titulado “Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre sobre la recuperación de una pradera degradada de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst.) en Nariño, Colombia, donde se emplearon 8 tratamientos descritos a continuación: T₁: 75 Kg de S/ha, 65,62 kg de N/ha y 0 kg de P₂O₅/ha, T₂: 0 Kg de S/ha, 40 kg de N/ha y 100 kg de P₂O₅/ha, T₃: 0 Kg de S/ha, 150 kg de N/ha y 0 kg de P₂O₅/ha, T₄: 0 Kg de S/ha, 0 kg de N/ha y 100 kg de P₂O₅/ha, T₅: 75 Kg de S/ha, 65,62 kg de N/ha y 100 kg de P₂O₅/ha, T₆: 75 Kg de S/ha, 0 kg de N/ha y 0 kg de P₂O₅/ha, T₇: 75 Kg de S/ha, 0 kg de N/ha y 100 kg de P₂O₅/ha T₈: 0 Kg de S/ha, 0 kg de N/ha y 0 kg de P₂O₅/ha, para ello se aplicaron los siguientes fertilizantes T₁: Sulfato de amonio (SAM), T₂: Fosfato diamónico (DAP), T₃: Urea, T₄: Super fosfato triple (SPT), T₅: SAM+SPT, T₆: Azufre (S), T₇ (SPT+S), T₈: Testigo.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Biomasa. Es la producida por la vegetación relacionando dos variables la unidad de área con base al tiempo (Eisfelder *et al.*, 2017). La biomasa agrícola proviene principalmente de hierbas, cultivos convencionales, gramíneas con alto potencial energético y residuos de cosecha, la cantidad de biomasa producida depende de factores como: el clima y las prácticas agrícolas realizadas en el lugar donde se encuentra establecida la pastura (Xiong *et al.*, 2017).

2.2.2 Capacidad de carga. Es el espacio o tamaño máximo de los animales comprendida por unidad de superficie (Chapman y Byron, 2018), también hace alusión a la densidad de individuos que puede existir a largo plazo con un recurso en estado de equilibrio, es el caso de los pastos se deduce que se habla de capacidad de carga cuando la tasa de producción forrajera es igual a la tasa del consumo del pasto; por su parte la capacidad de carga animal se refiere al número potencial de ganado a corto plazo que puede estar en una dimensión terrenal en función al recurso forrajero (Accatino *et al.*, 2016).

2.2.3 Tasa de crecimiento. Se refiere al máximo crecimiento que alcanza la planta durante un tiempo determinado y la tasa relativa de crecimiento es un índice de la eficiencia en la producción de materia seca con relación al genotipo, condiciones medioambientales, división celular, elongación, fotosíntesis transpiración, absorción de nutrientes y respiración (Santos *et al.*, 2010).

2.2.4 Fertilizantes. Son compuestos agrícolas que contienen sustancias de origen inorgánico u orgánico, pueden ser naturales o químicos, en donde los minerales contribuyen al crecimiento de

la planta, sin embargo, la absorción de nutrientes depende de la biodisponibilidad de los compuestos mineralizados (Pérez, 2014).

2.2.5 Plantas C₃. Estas plantas se caracterizan por fijar el carbono en 3-fosfoglicerato un compuesto de 3 carbonos o ciclo de Calvin, es una de las rutas más eficientes en el proceso de la fotosíntesis por la activación lumínica a través de enzimas alcanzando niveles de CO₂ estables (Raghavendra *et al.*, 2017).

2.2.6 Plantas C₄ y CAM. las plantas pertenecientes a estos grupos se caracterizan por ser vías alternas del metabolismo C₃, la ruta C₄ es la vía que fija ácido orgánico y la CAM o familia de la Crassulacea que habitan en lugares desérticos y epífitos, no incluyendo en su génesis a las plantas vasculares representando del 6-7% de la flora, por su parte las C₄ representan sólo al 3% y predominan en áreas cálidas y secas (Hull *et al.*, 2018).

3. Metodología

3.1 Tipo de estudio

El proyecto investigativo realizado es de tipo investigativo su principal objetivo fue “Evaluar el comportamiento del Pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) bajo diferentes grados de fertilización y distintos tiempos de corte.

3.2 Localización

El estudio se realizó en el Vereda Buena Vista propiedad del profesor Yesid Rolando Millán Cárdenas, situada en el municipio de Málaga (Santander) kilómetro ocho vía a Bucaramanga, el terreno presenta una altitud de 2.250 m.s.n.m, una temperatura promedio de 17°C y una humedad relativa entre 75-85%, cuyas coordenadas geográficas son 6°41'53,54" latitud N y 72°44'56,39" longitud W. El terreno presenta ondulaciones pronunciadas, clasificándose la zona de vida como Bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB) (IGAC, 1996).

3.3 Selección del terreno y distribución experimental

Se tomó como base un terreno cuya extensión fue de 157,2 m² cercado alrededor y dividido en un total de 36 microparcels, cada una con un área de 2,6 m² (1,63 m ancho x 1,6 m de alto) dejando un espaciado de 20 cm entre cada franja de división, el potrero ya contaba con el establecimiento de pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), este experimento tuvo una duración de 135 días con frecuencias de corte a los días (15,30 y 45) para cada uno de los tratamientos experimentales, donde T₁: sin fertilización + corte a los 15 días, T₂: 50% fertilización + corte a los 15 días, T₃: 100% fertilización + corte a los 15 días., T₄: sin fertilización + corte a los 30 días., T₅: 50 % de fertilización + corte a los 30 días., T₆: 100 % de fertilización + corte a los 30 días., T₇: sin fertilización + corte a los 45 días., T₈: 50 % de fertilización + corte a los 45 días., T₉: 100% de fertilización + corte a los 45 días, por cada tratamiento se realizaron 4 réplicas y cada uno de los cortes se hizo a 10 cm del suelo, por su parte para la fertilización química se empleó DAP (Fosfato Diamónico), KCl (Cloruro de Potasio) y Urea.

3.4 Análisis estadístico

Para determinar el comportamiento del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) bajo diferentes grados de fertilización y distintas frecuencias al corte se empleó el modelo estadístico descrito a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + E_j + FE_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde,

Y_{ijk}= Variable respuesta

μ= es la media poblacional

E_j= efecto de la j-ésima frecuencias de edades de corte

F_i= es el efecto del i-ésimo nivel de fertilización

i=ésimo nivel de inclusión con fertilización

j= j-ésima frecuencias de las distintas edades de corte

•ijk= es el error experimental asociado la k-ésima unidad experimental

Los registros de las variables analizadas serán sometidos a un Análisis de Varianza (ANOVA) de acuerdo con el diseño experimental empleado (Steel y Torrie, 1992) usando el Software S.A.S (versión 9.4). Cuando haya diferencias ($p < 0.05$) se utilizará la prueba de Rangos múltiples de Duncan para la separación de medias incluido en el paquete R-Project.

3.5 Cálculo de variables productivas

3.5.1 Análisis Bromatológico. Para determinar la calidad nutricional del pasto, en cada corte se tomó una muestra de 200 g de forraje y se depositó en un sobre de manila siendo pesada en una gramera, sellada e identificada, llevándola directamente al Laboratorio de Química de la Universidad Industrial de Santander. De allí se sacaron 1 muestra de 200 g, la cual fue pesada, marcada e identificada a). La muestra de 200 gramos fue secada en el horno una a temperatura de 60°C durante 24 horas, una pequeña submuestra de 20 g fue secada a 105°C durante 24 horas con el fin de eliminar la humedad y obtener la Materia Seca Total (M.S), posteriormente se calcinó en a 550° C para desaparecer la Materia Orgánica y sintetizar la ceniza. b). De la muestra tomada se determinó el Nitrógeno Total por medio del Equipo Analizador Elemental (CHNS), el nitrógeno total fue multiplicado por 6,25 para la estimación de P.B. c). De la muestra tomada se determinó el extracto etéreo por medio del equipo extracto de grasas.

3.5.2 Producción de Biomasa. Para determinar está variable fue necesario recolectar las muestras utilizando un cuadrante de P.V.C de 1 m², efectuando un corte a 10 cm del suelo, las muestras fueron tomadas aleatoriamente por unidad experimental/corte, tomando (m²/unidad experimental), en donde cada m² fue pesado de manera individual, determinando la producción de biomasa.

4. Resultados

Tabla 3.

Análisis bromatológico del pasto Kikuyo (Cenchrus clandestinus) con diferentes edades de corte y con o sin fertilización

Tratamientos	M.S (%)	PB (%)	E.E (%)	Cenizas (%)
T ₁	30,42 ^a	11,11 ^d	0,45 ^e	6,72 ^a
T ₂	26,08±2,81 ^b	16,56±2,65 ^{ab}	1,25±0,54 ^d	6,72±1,09 ^a
T ₃	25,84±2,95 ^b	19,13±2,78 ^a	1,88±0,57 ^c	7,15±1,14 ^a
T ₄	23,95±3,04 ^{bc}	11,91±2,87 ^d	2,83±0,59 ^b	5,98±1,18 ^a
T ₅	22,23±3,11 ^{cd}	16,89±2,93 ^{ab}	3,91±0,60 ^a	6,41±1,20 ^a
T ₆	19,78±3,15 ^d	16,33±2,97 ^{ab}	3,83±0,61 ^a	6,96±1,22 ^a
T ₇	31,35±3,19 ^a	12,98±3,01 ^{cd}	3,26±0,61 ^b	6,66±1,24 ^a
T ₈	26,23±3,22 ^b	12,81±3,04 ^{cd}	4,09±0,62 ^a	7,12±1,25 ^a
T ₉	23,43±3,24 ^{bc}	14,89±3,06 ^{bc}	4,33±0,62 ^a	6,95±1,26 ^a
C.M.E	3,71	3,29	0,14	0,56
C.V	7,56	12,32	12,91	11,07

(±): simboliza la región crítica con respecto a μ
 Medias con una letra en común no son significativa ($p < 0,05$)
 Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

4.1 Valor Nutricional del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*)

4.1.1 Comportamiento de la M.S (%). En la Tabla 3. se pudo observar que los mayores valores de M.S (%) fueron encontrados en los tratamientos T₇ (31,35±3,19) y el T₁ (30,42) que se comportaron estadísticamente igual, por su parte el menor valor se encontró en el T₆ (19,78±3,15), los tratamientos T₈, T₂ y T₃ se comportaron estadísticamente igual con valores de (26,23±3,22., 26,08±2,81 y 25,84±2,95) respectivamente, los tratamientos T₄ y T₉ obtuvieron valores similares e intermedios (23,95±3,04 y 23,43±3,24) y el T₅ obtuvo un valor intermedio de (22,23±3,11).

4.1.2 Comportamiento de la P.B (%). Con respecto al porcentaje de Proteína Bruta (P.B) en la Tabla 3. el mayor valor se evidencio en el T₃ (19,13±2,78) y los menores valores se reportaron en los T₁ (11,11) y T₄ (11,91±2,87) que se comportaron estadísticamente iguales, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos anteriormente mencionados ($p>0,05$),. los demás tratamientos experimentales tuvieron valores intermedios, siendo estadísticamente iguales el T₂ (16,56±2,6), T₅ (16,89±2,93) y T₆ (16,33±2,97),. por su parte el T⁹ (14,89±3,06) tuvo un valor intermedio más alto, con respecto a los T₇ (12,98±3,01) y T₈ (12,81±3,04) se comportaron estadísticamente similares.

4.1.3 Comportamiento del Extracto Etéreo. En cuanto de Grasa Bruta o Extracto Etéreo (E.E) tal como se registró en la Tabla 3. los tratamientos se comportaron de maneras estadísticamente diferentes sintetizándose valores significativos ($p<0,05$), encontrándose los mayores valores para esta variables en los tratamientos T₅ (3,91±0,60), T₆ (3,83±0,61), T₈ (4,09±0,62) y T₉ (4,33±0,62) que se comportaron de manera estadísticamente similar, seguidos por los tratamientos T₄ (2,83±0,59) y T₇ (3,26±0,61) que se comportaron estadísticamente similar, los T₃ (1,88±0,57), T₂ (1,25±0,54) y T₁ (0,45) se comportaron estadísticamente diferentes entre sí siendo el menor valor de grasa bruta el encontrado en el T₁.

4.1.4 Comportamiento de las Cenizas. Para la variable de Cenizas en el análisis proximal de la Tabla 3. no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, es decir, todos los tratamientos experimentales fueron estadísticamente iguales ($p<0,05$).

Tabla 4.

Producción de biomasa y capacidad de carga del pasto Kikuyo (Cenchrus clandestinus) con diferentes edades de corte y con o sin fertilización

Tratamientos	Biomasa M. F (Kg/m ²)	Biomasa M.S (Kg/m ²)	Biomasa M.F (kg/ha ⁻¹ /año)	Biomasa M. S (kg/ha ⁻¹ /año)	Capacidad de Carga (U.g/ha ⁻¹)
T ₁	0,43 ^d	0,13 ^d	103417 ^{cde}	30453 ^{bcd}	6,63 ^{bcd}
T ₂	0,40±0,75 ^d	0,11±0,19 ^d	96725 ^{cde}	25495 ^{cd}	5,82 ^{cd}
T ₃	0,64±0,79 ^d	0,17±0,20 ^{cd}	156038 ^{bcd}	40419 ^{abc}	9,23 ^{abc}
T ₄	0,56±0,81 ^d	0,13±0,20 ^{cd}	67981 ^e	16344 ^d	3,73 ^d
T ₅	1,52±0,83 ^{bc}	0,34±0,21 ^{bc}	184934 ^{bc}	40877 ^{abc}	9,33 ^{abc}
T ₆	2,52±0,84 ^a	0,50±0,21 ^{ab}	305992 ^a	60537 ^a	13,82 ^a
T ₇	1,05±0,85 ^{cd}	0,34±0,21 ^{bc}	85045 ^{de}	27248 ^{cd}	6,22 ^{cd}
T ₈	2,11±0,86 ^{ab}	0,54±0,22 ^a	171043 ^{bcd}	44022 ^{abc}	10,05 ^{abc}
T ₉	2,69±0,86 ^a	0,63±0,22 ^a	218392 ^b	51053 ^{ab}	11,66 ^{ab}
C.M.E	0,26	0,02	3,04	1,98	10,25
C.V	38,78	40,63	35,71	31,61	37,67

(±): simboliza la región crítica con respecto a μ

Medias con una letra en común no son significativa ($p < 0,05$)

Prueba de Rangos Múltiples de Duncan

4.2 Producción de Biomasa

4.2.1 Comportamiento de la Biomasa Materia Fresca (kg/m²). Los valores más altos para esta variable se reportaron en los tratamientos T₆ (2,52±0,84) y T₉ (2,69±0,86) que se comportaron estadísticamente igual., los menores valores fueron encontrados en los tratamientos T₁, T₂, T₃, y T₄ (0,43., 0,40±0,75., 0,64±0,79., y 0,56±0,81) respectivamente, comportándose de manera similar, los demás tratamientos experimentales mostraron rangos intermedios T₅ (1,52±0,83), T₇ (1,05±0,85) y T₈ (2,11±0,86).

4.2.2 Comportamiento de la Biomasa Materia Seca (kg/m²). Para la determinación de esta variable los mejores valores obtenidos fueron arrojados por el T₈ (0,54±0,22) y T₉ (0,63±0,22)

consecutivamente, los T₁ (0,13) y T₂ (0,11±0,19) se comportaron de manera estadísticamente igual obteniendo los más bajos valores para esta variable. El T₃ (0,17±0,20) y el T₄ (0,13±0,20) lograron valores intermedios y se comportaron de manera similar lo mismo ocurrió con los T₅ (0,34±0,21) y T₇ (0,34±0,21)., por su parte el T₆ tuvo un valor de (0,50±0,21) con respecto a los demás tratamientos experimentales.

4.2.3 Comportamiento de la Biomasa en Materia Fresca (kg/ha⁻¹/año). El mejor resultado lo obtuvo el T₆ (305992), seguido por el T₉ (218392), el menor valor se obtuvo en el T₄ (67981), los tratamientos T₁ y T₂ se comportaron de manera estadísticamente igual con valores de (103417 y 96725) respectivamente, los demás tratamientos experimentales lograron valores intermedios.

4.2.4 Comportamiento de la Biomasa en Materia Seca (kg/ha⁻¹/año). En esta variable el mejor resultado lo obtuvo el T₆ (60537), los tratamientos T₃, T₅ y T₈ se comportaron estadísticamente iguales con valores de (40419., 40877., 44022), el T₂ (25495) y T₇ (27248) se comportaron de manera estadísticamente similar, el T₁ obtuvo un valor intermedio (30453) y el T₄ expreso el menor valor (16344).

4.2.5 Capacidad de Carga (U.g.g/ha⁻¹). El valor más alto fue el encontrado en T₆ (13,82), seguido por el T₉ (11,66) que logró un valor intermedio, los tratamientos T₃, T₅ y T₈ (9,23., 9,33., y 10,05) se comportaron de manera estadísticamente similar, después siguió el T₁ (6,63) con valor intermedio y finalmente los T₂ y T₇ (5,82 y 6,22) expresaron valores iguales estadísticamente.

5. Discusión

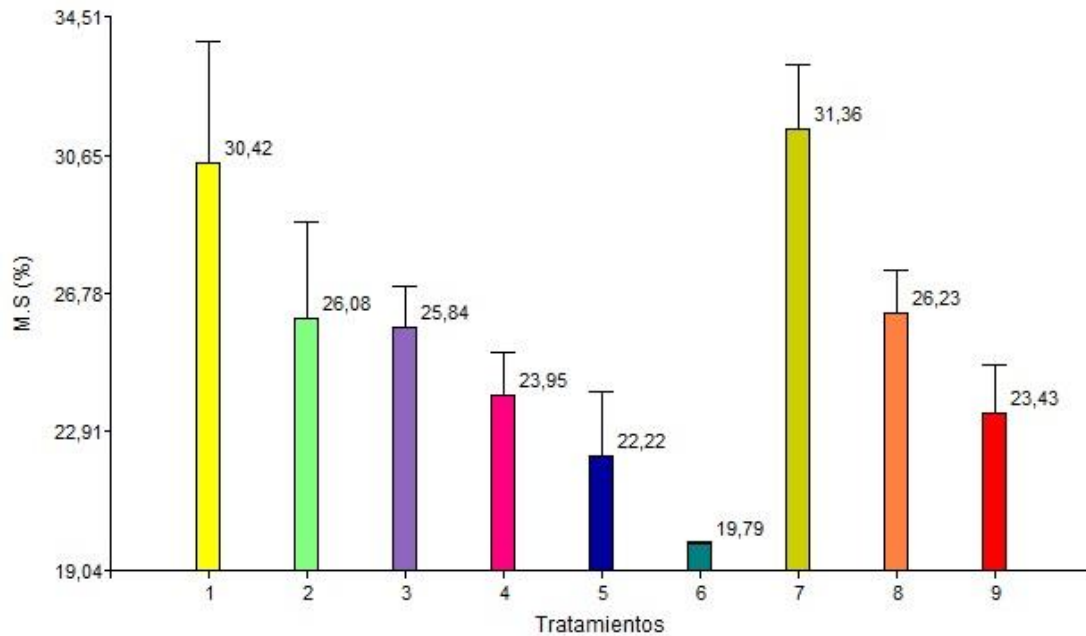


Figura 1. Contenido de M.S (%) en el pasto Kikuyo

En la determinación del análisis bromatológico para la variable M.S (%) (Fig.1) los mejores tratamientos fueron el que contenía 0% de fertilización+45 días de corte junto al que contenía el 0% de fertilización+corte a los 15 días, que se comportaron estadísticamente iguales, en este sentido la fertilización no tuvo efecto sobre el porcentaje de materia seca. De acuerdo con Flórez y Correa (2017) es necesario estudiar otros factores como la lluvia y la sequía puesto que en este estudio encontró que en las épocas secas disminuye el Nivel de Materia Seca Indigerible (11,3%) en las épocas lluviosas aumenta a (12,7%) en épocas lluviosas, para la P.B (%) el autor encontró un valor más alto (15,6%) en la época de lluvias y una disminución en la época de sequía (15%), en cuanto al extracto etéreo fue menor el contenido en épocas lluviosa (4,14%) y mayor en sequía (5,12%).

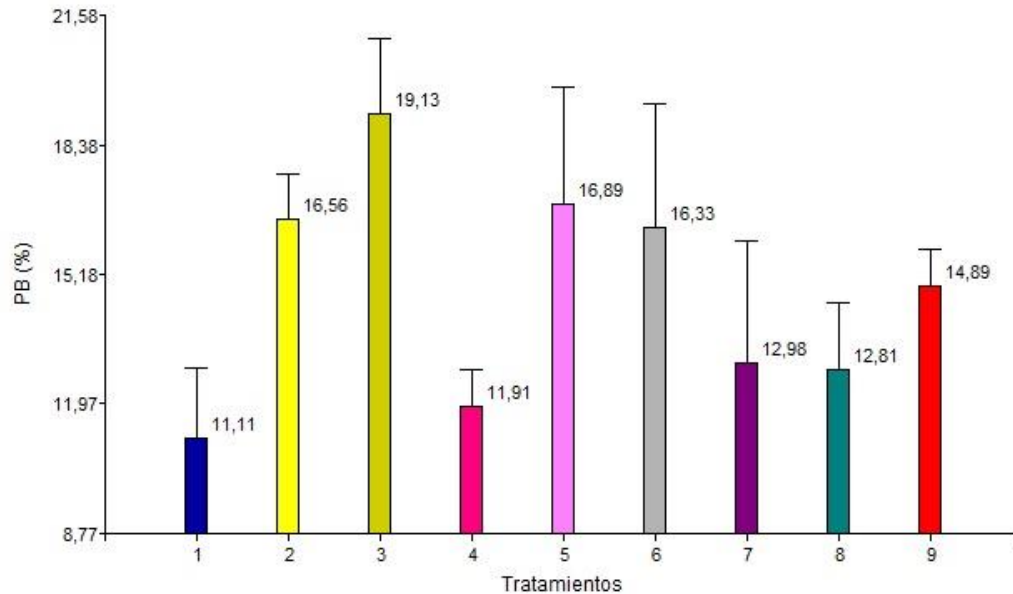


Figura 2. Contenido de Proteína Bruta (%) en el pasto Kikuyo.

En la (Fig. 2) con referencia a la producción de proteína bruta para este estudio el mayor valor se dio para el tratamiento con el 100% de fertilización más corte a los 15 días, logrando valores intermedios en los tratamientos donde se hizo una fertilización del 50% con corte a los 15 y 30 días de corte, pudiendo aludir estos datos a los encontrados por Cárdenas (2004) en donde afirma que la proteína del forraje aumenta cuando se emplean fertilizaciones con nitrógeno y disminuye cuando avanza el estado de madurez pasando de ser una fracción digerible a no digerible. Estos datos también concuerdan con Salas *et al.*, (2010) quien reporta que la fertilización tiene un efecto positivo sobre la asimilación de N y la producción de M.S.

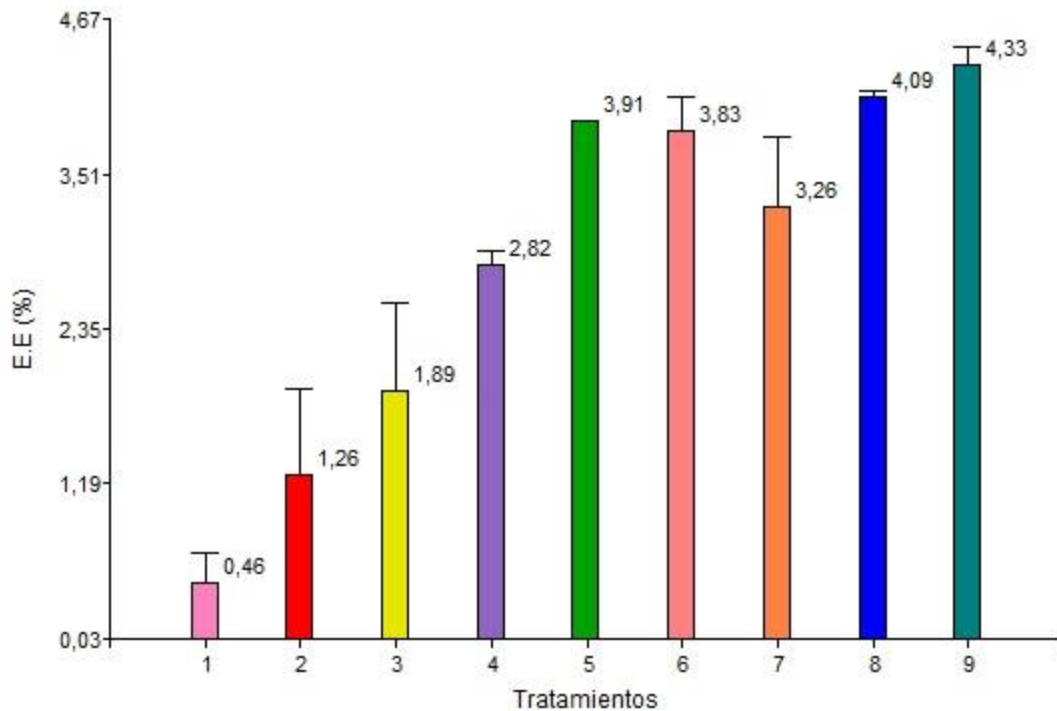


Figura 3. Contenido de Extracto Etéreo (%) del pasto Kikuyo.

Con base en la (Fig. 3) se observó que al aumentar los días de corte para cada uno de los tratamientos experimentales aumento la grasa bruta, datos que no concuerdan con los reportados por Soto (2005) pues el encontró que al utilizar fertilizante y efectuar dos cortes a los días 30 y 60 los tratamientos T₁ y T₂ no encontró diferencias significativas; pero al emplear fertilización+corte a los 30 días obtuvo un valor de (4,46) y al utilizar fertilización+corte a los 60 días tuvo un valor de (3,93), lo que podría ser justificado en la edad de madurez de la planta, ya que a medida que ésta aumenta se disminuye el contenido celular y aumentan los contenidos de lignina; sin embargo, en este estudio se pudo observar que el E.E (%) aumento con respecto a los tiempos de corte, teniéndose valores inferiores al día 15, seguido por 30 y 45 días.

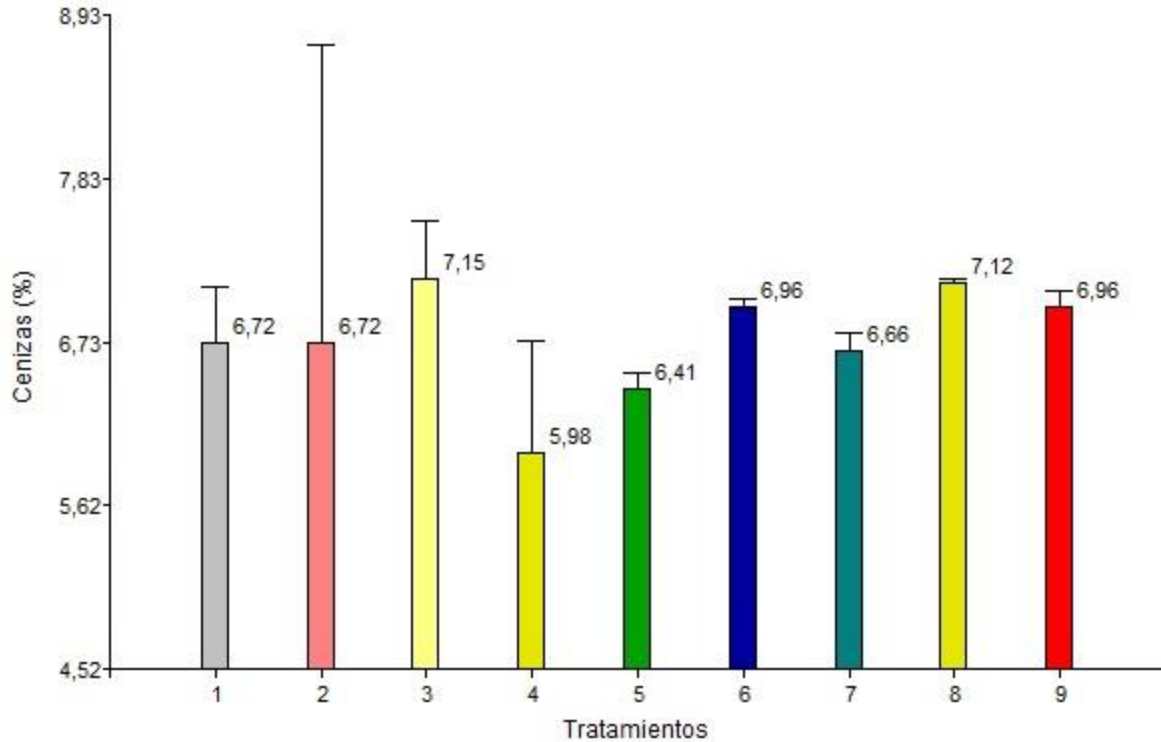


Figura 4. Contenido de cenizas (%) del pasto Kikuyo

En la (Fig. 4) aunque se observan diferentes valores, estadísticamente todos los tratamientos experimentales fueron estadísticamente iguales sin haber variación para el contenido de cenizas

En la Tabla 4. Con base en la producción de biomasa en materia fresca (kg/m^2) se vio influenciada por la edad de corte y el nivel de fertilización mostrando la mejor respuesta en los tratamientos con la aplicación del 100% de fertilización más corte a los 30 y 45 días, los menores valores se reportaron en los tratamientos con 0% y 50% de la fertilización más corte a los 15 días y la producción de biomasa en materia fresca ($\text{kg}/\text{ha}^{-1}/\text{año}$) se encontró la mejor respuesta el tratamiento con la aplicación del 100%+corte a los 30 días, seguido por el tratamiento con el 100% de fertilización+ corte a los 45 días., el menor valor se observó en el tratamiento sin fertilización+ 30 días de corte. En cuanto a la producción de biomasa en base seca (kg/m^2) los tratamientos con el 50 % de fertilización+corte a los 45 días y el 100% de fertilización+corte a los 45 días mostraron

los mayores valores, en comparación con el sin fertilización+ 15 días de corte que presento el peor valor, para la biomasa en base seca ($\text{kg/ha}^{-1}/\text{año}$) el mejor valor fue el encontrado en el tratamiento con la aplicación del 100%+corte a los 30 días, seguido por el tratamiento del 100% más 45 días de corte, esta información concuerda con la reportada por Mendoza *et al.*, (2010) en donde afirma que para que exista un mayor rendimiento de materia seca por unidad de superficie es indispensable aumentar los intervalos de corte con el fin de incrementar el índice de área foliar y la velocidad de crecimiento del pasto, esta información concuerda con la reportada por Gonzalez *et al.*, (2011) manifestando que los cortes a edades tempranas provoca reducción del área foliar, lo cual afecta la edad de rebrote y el crecimiento (citado por Madera *et al.*, 2013); sin embargo otros autores señalan que la producción de biomasa puede ser influenciada por otros factores como la sequía, cuando las temperaturas aumentan y se prolongan por largo tiempo la producción de forraje, de biomasa, la calidad nutricional y la digestibilidad del forraje disminuyen (López, 2018).

La capacidad de carga ($p<0,05$) logró su mejor valor en el tratamiento con el 100% de fertilización+30 días de corte que se comportó estadísticamente diferente con respecto a los demás tratamientos experimentales, obteniéndose el menor valor para esta variable en el tratamiento con el 0% de fertilización+30 días de corte, lográndose dejar un máximo de $13,82 \text{ U.g.g/ha}^{-1}$ y un mínimo de $3,73 \text{ U.g.g/ha}^{-1}$. De acuerdo con Maldonado *et al.*, (1994) esta variable depende de factores tales como: la precipitación, la disponibilidad de forraje a lo largo del año, el valor nutricional del forraje, el tipo de producción implementado, el sistema rotacional de los potreros y la capacidad monetaria del productor para invertir.

6. Conclusiones

En este estudio se demostró la eficiencia que tuvieron los tratamientos con fertilización al 50% y corte a los 15 y 45 días sobre el porcentaje de materia seca; para la proteína bruta los tratamientos que mostraron una respuesta positiva de acuerdo a la fertilización más la edad de corte fue en los que se realizó fertilización al 100% con corte a los 15 días, en la variable Extracto Etéreo (%) los mejores valores fueron en los que se aplicó el 0%, 50% y 100% de fertilización más corte a los 15 días

En cuanto a la producción de biomasa en materia fresca como en base seca medida en kilogramos por metro cuadrado los tratamientos con fertilización del 100% con frecuencias de corte a los 45 y 30 días mostraron los mejores resultados, así como el tratamiento con fertilización del 50% más 45 días de corte.

Se pudo observar que la producción de biomasa medida en ($\text{kg/ha}^{-1}/\text{año}$) tanto en base fresca como en base seca, obtuvo los mejores resultados en los tratamientos con fertilización al 100% con corte a los 30 y 45 días.

Este trabajo corrobora que la fertilización mejora la producción de biomasa del forraje cuando se emplea a diferentes frecuencias de corte y el valor nutricional de la proteína bruta.

En la variable M.S (%) se obtuvo mejores resultados cuando no se aplicó fertilización y se realizaron cortes a los 15 y 45 días.

7. Recomendaciones

En próximos estudios sería interesante evaluar como los diferentes niveles de fertilización a distintas frecuencias de corte modifican la digestibilidad de la proteína.

Se sugiere hacer un análisis bromatológico más completo para determinar el porcentaje de fibra detergente ácida, su relación con la fracción no digerible de la proteína y el estado de madurez de la planta.

Se recomienda realizar en próximos estudios mediciones de la temperatura y humedad, ya que estas variables modifican el porcentaje de proteína pues a temperaturas altas las plantas crecen más rápido, pero a su vez tienden a lignificarse por el marcado aumento de la pared celular y disminución del contenido celular.

Se aconseja realizar una evaluación del índice de área foliar y relación hoja/tallo, ya que estas variables modifican el contenido proteico a medida que avanza la madurez de la planta.

Referencias bibliográficas

- Accatino, F., Ward, D., Wiegand, K., y De Michele, C. (2016). Carrying capacity in arid rangelands during droughts the role of temporal and spatial thresholds. *Animal*, 11 (2), 309-317. doi: [10.1017%2Fs1751731116001531](https://doi.org/10.1017%2Fs1751731116001531)
- Alimento. (2018). Recursos alimenticios para animales del trópico. Santander, Colombia: AGROSAVIA. Recuperado de <http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/AlimenTro>
- Anderson, E., Voigt, T., Kim, S., y Lee, D. (2015). Determining effects of sodicity and salinity on switchgrass and prairie cordgrass germination and plant growth. *Industrial Crops and Products*, V. 64, 79–87. doi: [10.1016%2Fj.indcrop.2014.11.016](https://doi.org/10.1016%2Fj.indcrop.2014.11.016)
- Boschini, C., y Pineda, L. (2016). Ensilaje de kikuyo *Pennisetum clandestinum* o *Kikuyuocloa clandestina* fermentado con tres aditivos. *Revista de Agronomía Mesoamericana*, 27 (1), 48-60. doi: [10.15517/am.v27i1.21877](https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21877)
- Cárdenas, E., Sánchez, N., y Riveros, C. (Septiembre de 2004). Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona Andina de Colombia. En J, Carulla (Presidencia), Evaluación de los forrajes. Seminario Nacional de Lechería Especializada llevado a cabo en Bases Nutricionales y su Impacto a la Productividad, Medellín, Colombia.
- Castañeda, M., Duque, M., Galvis, R., y Correa, H. (2008). Efecto de la fertilización nitrogenada y de la edad de corte sobre la digestibilidad intestinal *In vitro* de la proteína del pasto Kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hochst. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61 (2), 4646-4653. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/237026469_EFECTO_DE_LA_FERTILIZACION_NITROGENADA_Y_DE_LA_EDAD_DE_CORTE SOBRE LA DIGESTIBILIDAD INTESTINAL In vitro DE LA PROTEINA DEL PASTO KIKUYO Pennisetum clandestinum Hochst
- Ceotto, E., Di Candilo, M., Castelli, F., Badeck, F., Rizza, F., Soave, C., Volta, A., Villani, G., y Marletto, V. (2013). Comparing solar radiation interception and use efficiency for the energy crops giant reed *Arundo donax* L and sweet sorghum *Sorghum bicolor* L. Moench. *Field Crops Research*, V. 149, 159–166. doi: [10.1016/j.fcr.2013.05.002](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.05.002)
- Chapman, E., y Byron, C. (2018). The flexible application of carrying capacity in ecology. *Global Ecology Conservation*, V.13, 1-12. doi: [10.1016/j.gecco.2017.e00365](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.e00365)

- Cosentino, S., Scordia, D., Testa, G., Monti, A., Alexopoulou, E., y Christou, M. (2018). The importance of perennial grasses as feedstock for bioenergy and bioproducts. *Perennial Grasses for Bioenergy and Bioproducts*, 1-33. doi: [10.1016/B978-0-12-812900-5.00001-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812900-5.00001-1)
- Cuervo, W., Santacoloma, L., y Barreto, L. (2019). Análisis histórico de la composición química de forrajes tropicales en Colombia entre 1985 y 2015 Gramíneas Forrajeras. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10 (2), 1-17. doi: [10.22490/21456453.2415](https://doi.org/10.22490/21456453.2415)
- Dávila, P., Sánchez, J., y Cabrera, M. (1993). Las gramíneas características generales e importancia. *Revista Ibugana*, 1 (6), 397-421. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/281493559_Las_Gramineas_caracteristicas_generales_e_importancia
- Eisfelder, C., Klein, I., Bekkuliyeva, A., Kuenzer, C., Buchroithner, M., y Dech, S. (2017). Above ground biomass estimation based on NPP time series a novel approach for biomass estimation in semiarid Kazakhstan. *Ecological Indicators*, V. 72, 13-22. doi: [10.1016/j.ecolind.2016.07.042](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.042)
- Escobar, M. (2018). Efecto de la madurez del pasto Kikuyo *Cenchrus clandestinus* Hochst ex Chiov sobre la producción de biomasa y la composición nutricional en diferentes altitudes de la provincia de Ubaté. (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/70587/1/1020742060201811.pdf>
- Federación Colombiana de Ganaderos. (2018). Ganadería Colombiana hoja de ruta 2018-2022. Bogotá, Colombia: FEDEGAN. Recuperado de http://static.fedegan.org.co/s3.amazonaws.com/publicaciones/Hoja_de_ruta_Fedegan.pdf
- Flórez, L., y Correa, H. (2017). Efecto del tercio de lactancia y la época del año sobre el consumo de materia seca en vacas Holstein pastoreando el Kikuyo. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12 (3), 181-194. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cmzv/v12n3/1900-9607-cmvz-12-03-00181.pdf>
- González, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., y Lugo, M. (2011). Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto elefante *Pennisetum* sp en el Noroccidente de Venezuela. *Revista Zootecnia Tropical*, 29 (1), 103-112. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692011000100009&script=sci_arttext&tlng=pt
- Giraldo, J. (2014). Estrategias para la renovación de praderas degradadas en la hacienda los Pulpitos. (tesis de pregrado). Corporación Universitaria Lasallista, Caldas-Antioquia, Colombia. Recuperado de http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1139/1/Estrategias_renovacion_praderas_degradadas_hacienda_los_Pulpitos.pdf
- Guaña, L. (2014). Producción del Kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hochst con dos alturas de corte cinco niveles de fertilización nitrogenada y en mezcla con Trébol blanco *Trifolium*

- repens* L. (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2485/1/T-UCE-0004-58.pdf>
- Gutiérrez, H. (2013). Estudios de las especies americanas del género *Cenchrus* L Poaceae Panicoideae Paniceae. (tesis doctoral). Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/282449103_Estudios_de_las_especies_americanas_del_genero_Cenchrus_L_Poaceae_Panicoideae_Paniceae
- Gutiérrez, H. (2014). Proposal to conserve the name *Pennisetum clandestinum* or *Cenchrus clandestinum* against *Pennisetum longistylum* Poaceae. *Taxon Journal*, 63 (1), 189-190. doi: [10.12705/2F631.20](https://doi.org/10.12705/2F631.20)
- Herrera, R. (2015). El Instituto de Ciencia Animal cincuenta años de experiencia en la evaluación de gramíneas de importancia económica para la ganadería. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49 (2), 221-232. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193039698012.pdf>
- Hull, J., Neufeld, H., y Gilliam, F. (2018). Plant Ecology. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. doi: [10.1016/B978-0-12-409548-9.09135-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09135-1)
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2018). Censo pecuario nacional 2018. Bogotá, Colombia: ICA. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1996). Distribución geográfica de la Vereda Buenavista. Santander, Colombia: IGAC. Recuperado de <https://geoportal.igac.gov.co/search/node/vereda%20bunavista%2C%20malaga%2C%20santander>
- Jaramillo, D., Jaramillo, M., Restrepo, L., y Saglimbeni, S. (2014). Ceba de ganado Angus en trópico alto con pasto Kikuyo *Pennisetum clandestinum* ex Chiov. Medellín, Colombia. Recuperado de http://bdigital.ces.edu.co:8080/repositorio/bitstream/10946/3874/1/Ceba_Ganado_Angus.pdf
- López, V. (2018). Eficiencia de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje en pastos perennes. (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://200.12.169.19/bitstream/25000/16095/1/T-UCE-0001-CAG-018.pdf>
- Madera, N., Ortiz, B., Bacab, H., y Magaña, H. (2013). Influencia de la edad de corte del pasto morado *Pennisetum purpureum* en la producción y digestibilidad in vitro de la materia seca.

- Revista Avances en Investigación Agropecuaria, 17 (2), 41-52. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/837/83726339005.pdf>
- Maldonado, G., Velásquez, J. Determinación de la capacidad de carga y la ganancia de peso de bovinos en pastoreo de gramíneas nativas en el Piedemonte Amazónico de Colombia. Revista Pasturas Tropicales, 16 (2), 2-8. Recuperado de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos/Ciat/Vol16_rev2_a%C3%B1o94_art2.pdf
- Mears, P. (1970). Kikuyu *Pennisetum clandestinum* as a pasture grass a review. Tropical Grasslands Journal. 4 (2), 139-152. Recuperado de <http://tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/titles%20only/early%20vol%20pdfs/Vol%204%20No%202/Vol%204%5B2%5D%203%20Mears%20139-152.pdf>
- Mendoza, S., Hernández, A., Pérez, J., Quero, A., Escalante, A., Zaragoza, J., y Ramírez, O. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. Revista Mexicana de Ciencia Pecuarias, 11 (3), 287-296. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v1n3/v1n3a8.pdf>
- Muscolo, A., Panuccio, M., y Eshel, A. (2013). Ecophysiology of *Pennisetum clandestinum* a valuable salt tolerant grass. Environmental and Experimental Botany, V. 92, 55-63. doi: [10.1016/j.envexpbot.2012.07.009](https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.07.009)
- Okem, A., Kulkarni, M., y Van, J. (2015). Enhancing Phytoremediation Potential of *Pennisetum clandestinum* Hochst in Cadmium Contaminated Soil Using Smoke Water and Smoke Isolated Karkkinolide. International Journal Phytoremediation, 17 (11), 1046-1052. doi: [10.1080/15226514.2014.981245](https://doi.org/10.1080/15226514.2014.981245)
- Pérez, J. (2014). Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola. (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/39459/1/71782231.2014.pdf>
- Raghavendra, A., Sunil, B., y Bapatla, R. (2017). C₃ plants. Encyclopedia of Applied Plant Sciences, 44-51. doi: [10.1016/B978-0-12-394807-6.00090-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00090-3)
- Ruiz, J., Villar, D., Correa, H., Noreña, J., Roldán, M., y Ríos, J. (2014). Levels of nitrates in a urea fertilized Kikuyu *Cenchrus clandestinus* Hochst ex Chiov Morrone pasture on the high plains of Antioquia Colombia. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 9 (1), 52-57. Recuperado de <http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/2989/2161>
- Salas, L., Preciado, P., Esparza, J., Álvarez, V., Palomo, A., Rodríguez, N., y Márquez, C. (2010). Rendimiento y calidad del forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. Revista Terra Latinoamericana, 28 (4), 355-360. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n4/v28n4a7.pdf>

- Santos, M., Segura, M., y Nústez, C. (2010). Análisis del crecimiento y relación fuente demanda de cuatro variedades de papa *Solanum tuberosum* L en el municipio de Zipaquirá Cundinamarca. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 63 (1), 5253-5266. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n1/a04v63n01.pdf>
- Silva, A., Menjivar, J., Alava, C., y Gómez, H. (Noviembre de 2010). Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre sobre la recuperación de una pradera degradada de Kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hoechst en Nariño Colombia. En A. Parra (Presidencia). La ciencia del suelo y la conservación ambiental. Simposio llevado a cabo en el XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo, Santo Domingo, Ecuador.
- Soto, C., Valencia, A., Galvis, R., y Correa, H. (2005). Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto Kikuyo *Pennisetum clandestinum*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 18 (1), 17-26. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v18n1/v18n1a03.pdf>
- Stavridou, E., Hastings, A., Webster, R., y Robson, P. (2016). The impact of soil salinity on the yield, composition and physiology of the bioenergy grass *Miscanthus × giganteus*. GCB Bioenergy, 9 (1), 92–104. doi:[10.1111/gcbb.12351](https://doi.org/10.1111/gcbb.12351)
- Steel, R., y Torrie, J 1992. Bioestadística principios y procedimientos. Recuperado de <https://clea.edu.mx/biblioteca/Steel%20Robert%20G%20%20Bioestadistica%20Principios%20Y%20Procedimientos%20ed.pdf>
- Tapasco, J., Martínez, J., Calderón, S., Romero, G., Ordóñez, D., Álvarez, A., Sánchez, L., y Ludeña, C. (2015). Impactos económicos del cambio climático en Colombia sector ganadero. Washington, E.E.U.U: BID. Recuperado de [https://publications.iadb.org/.../Impactos-economicos-del-cambio-climatico-en Colombia-sector-ganadero%20\(3\).pdf](https://publications.iadb.org/.../Impactos-economicos-del-cambio-climatico-en-Colombia-sector-ganadero%20(3).pdf)
- Triana, F., Nassi, N., Ragolini, G., Roncucci, N., y Bonari, E. (2014). Evapotranspiration, crop coefficient and water use efficiency of giant reed *Arundo donax* L. and miscanthus *Miscanthus × giganteus* Greef et Deu in a Mediterranean environment. GCB Bioenergy, 7(4), 811–819. doi: [10.1111%2Fgcbb.12172](https://doi.org/10.1111/2Fgcbb.12172)
- Valencia, A., Galvis, R., y Correa, H. (2005). Efecto de la edad de corte del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del Pasto Kikuyo *Pennisetum clandestinum*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 18 (1), 17-26. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3240890>
- Vargas, J., Sierra, A., Mancipe, E., y Avellanada, Y. (2018). El Kikuyo una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. Revista CES de Medicina Veterinaria

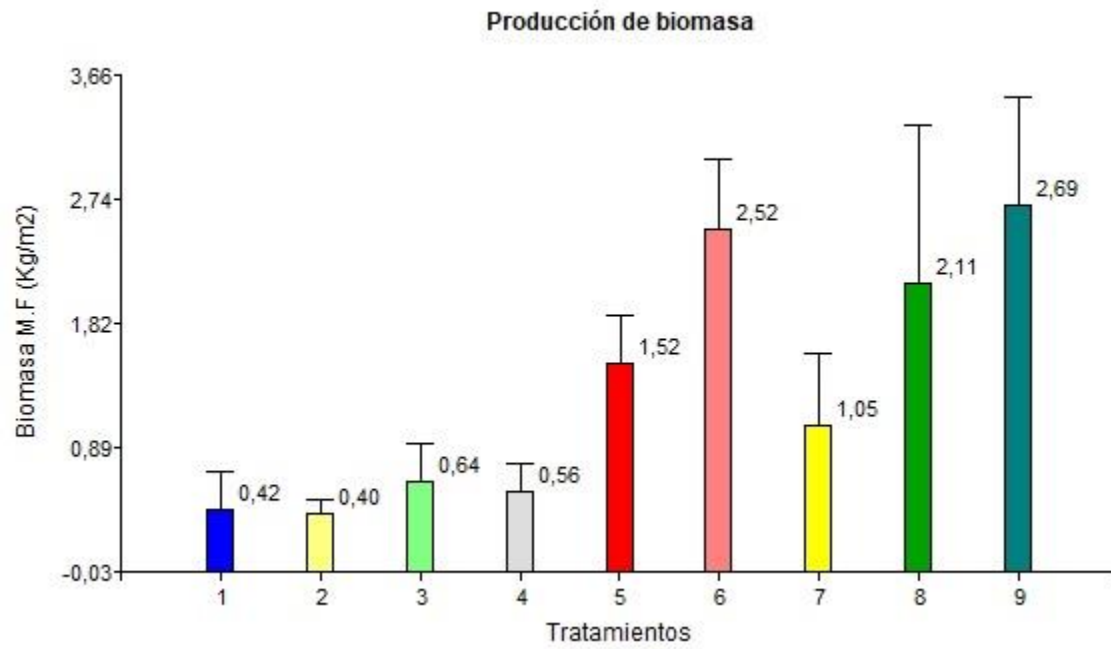
y Zootecnia. 13 (2), 137-156. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/cmz/v13n2/1900-9607-cmvz-13-02-137.pdf>

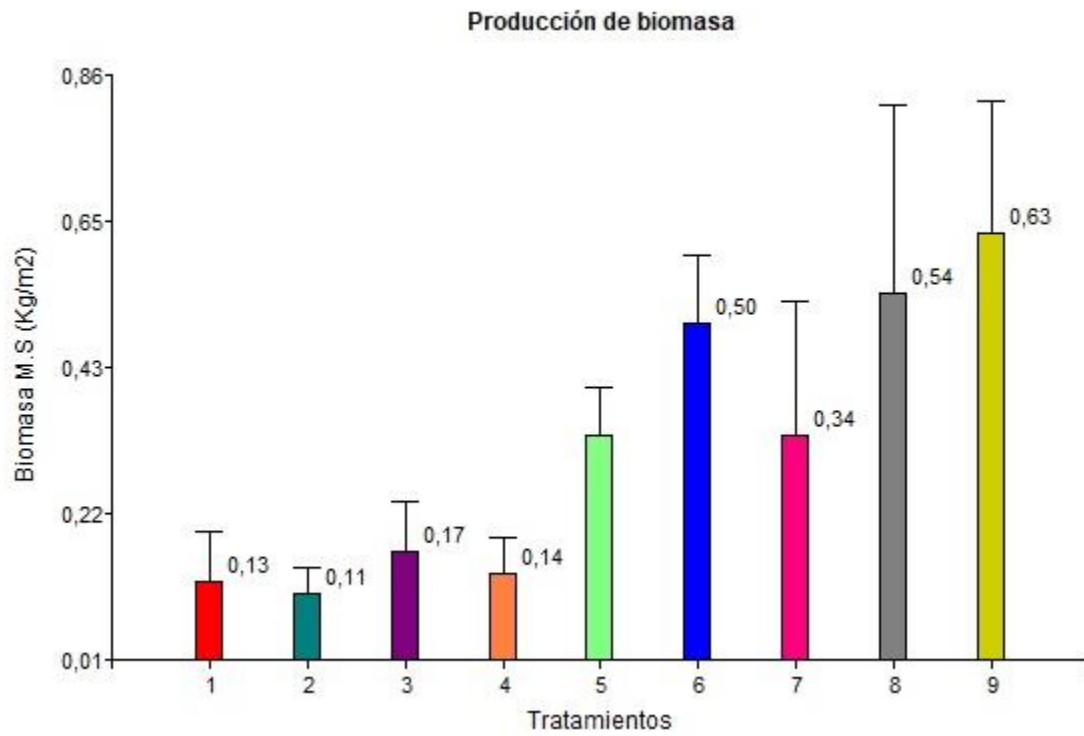
Whitney, A. (1974). Growth of Kikuyu grass *Pennisetum clandestinum* under clipping II regrowth characteristics in relation to nitrogen fertilization cutting interval and season on yields and forage characteristics. *Agronomy Journal*. 66 (2), 281-287. Recuperado de <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/66/6/AJ0660060763>

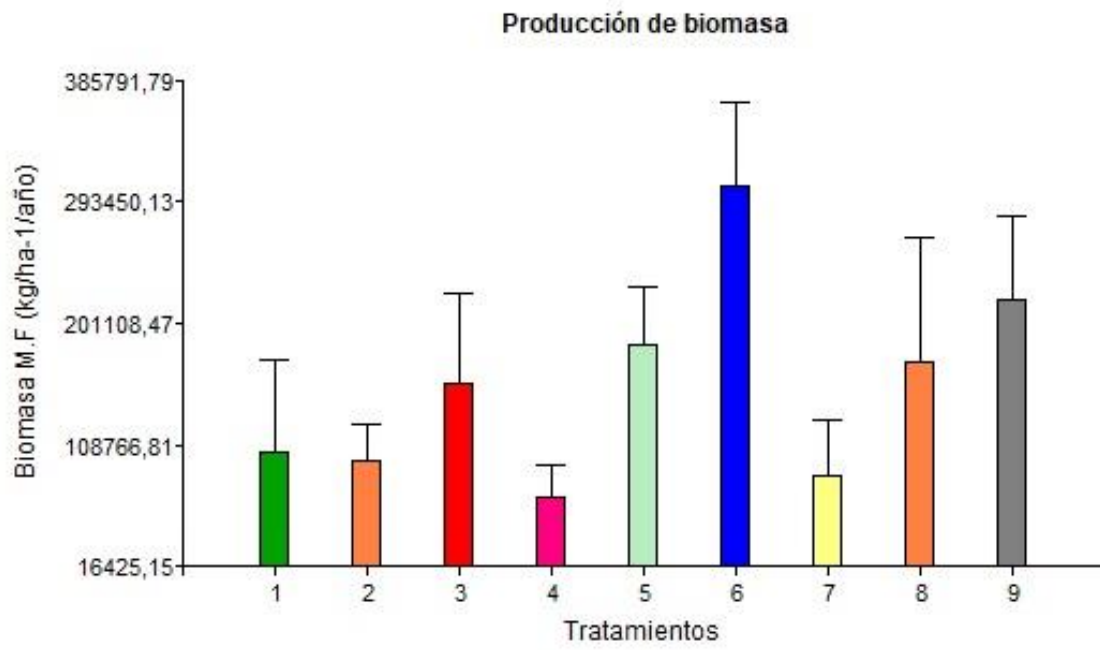
Xiong, S., Bozaghian, M., Lestander, T., Samuelsson, R., Hellqvist, S., y Öhman, M. (2017). Calcium oxide as an additive for both conservation and improvement of the combustion properties of energy grass a preliminary study. *Biomass and Bioenergy*, 99, 1–10. doi: [10.1016/j.biombioe.2017.02.010](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.02.010)

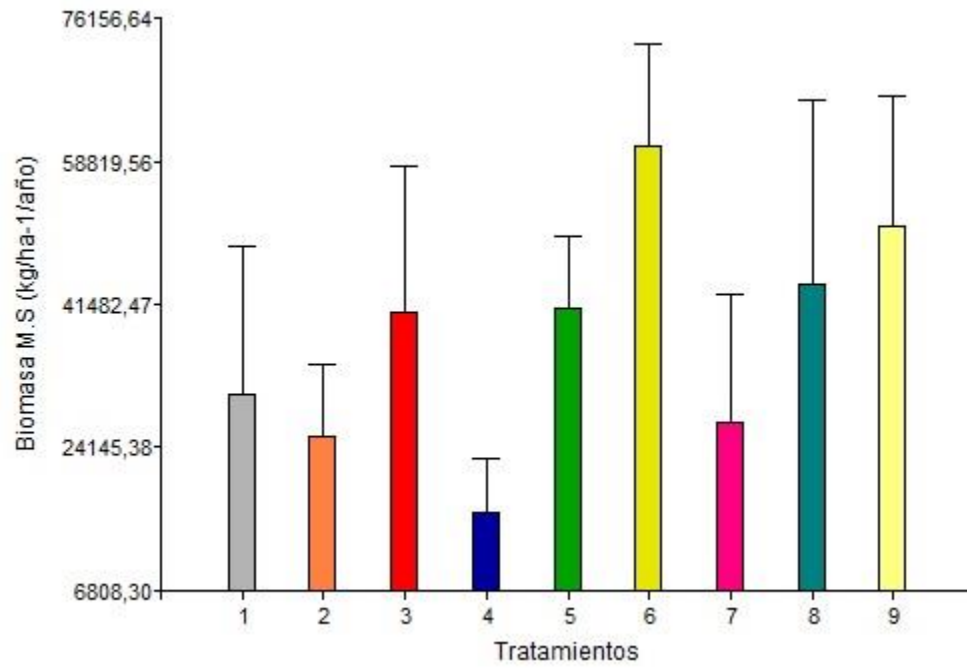
Apéndices

Apéndice A: Producción de Biomasa Materia Fresca (kg/m²)

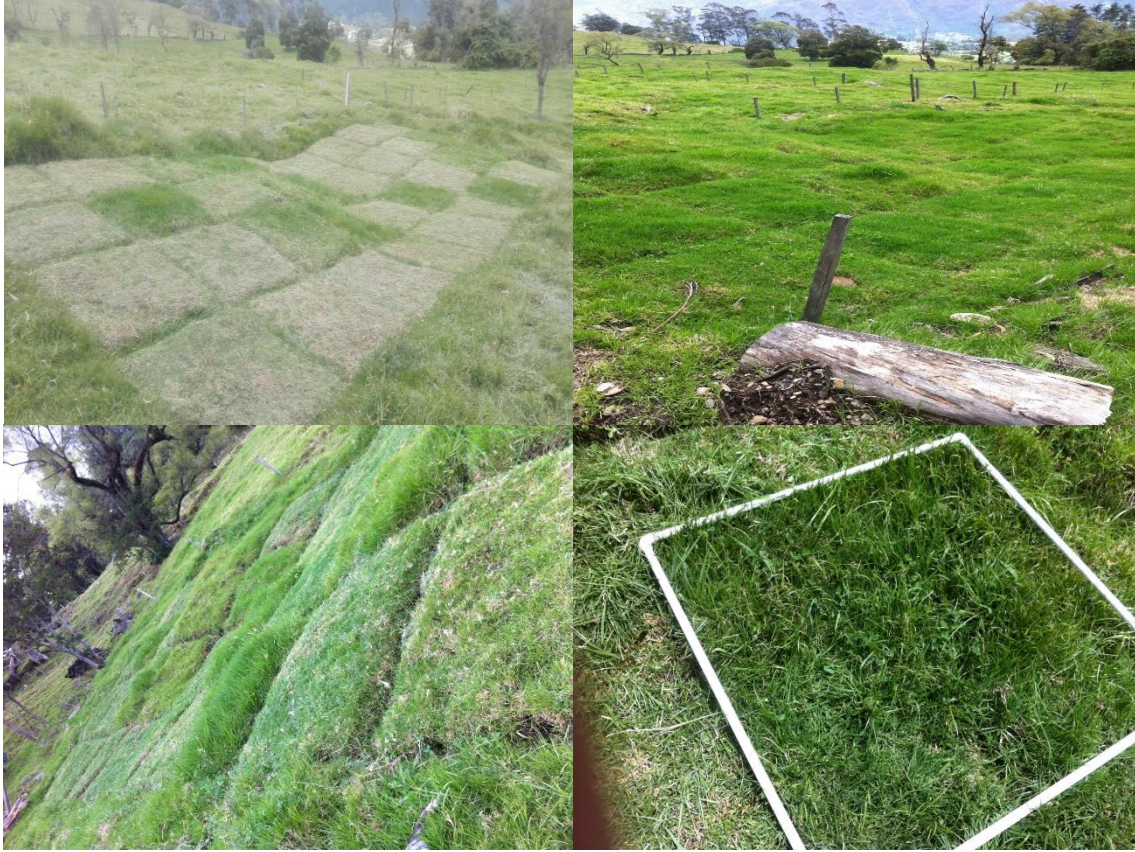


Apéndice B: Producción de Biomasa M.S (kg/m²)

Apéndice C: Producción de Biomasa M.F (kg/ha⁻¹/año)

Apéndice D. Producción de Biomasa M.S (kg/ha⁻¹/año)

Apéndice E: División de las microparcelas y medición de la biomasa



Apéndice F: Respuesta del pasto a los tratamientos experimentales y toma de muestras

