

Artículo de revisión

Kikuyu, present grass in ruminant production systems in tropic Colombian highlands*El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano**Kikuyo, uma gramínea presente em sistemas de ruminantes no alto trópico colombiano*

Juan de Jesús Vargas Martínez ^{1*}✉, Zoot, MSc, [CvLAC](#); Andrea Milena Sierra Alarcón ², Zoot, [CvLAC](#); Edgar Augusto Mancipe Muñoz ², Zoot, Esp, [CvLAC](#); Yesid Avellaneda Avellaneda ², Zoot, MSc, [CvLAC](#)

Fecha correspondencia:

Recibido: 3 de marzo de 2018.

Aceptado: 8 de agosto de 2018.

Forma de citar:

Vargas Martínez J de J, Sierra Alarcón AM, Mancipe Muñoz EA, Avellaneda Avellaneda Y. El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. Rev. CES Med. Zootec. 2018; Vol 13 (2): 137-156.

[Open access](#)[© Copyright](#)[Creative commons](#)[Éthics of publications](#)[Peer review](#)[Open Journal System](#)DOI: [http://dx.doi.org/10.21615/](http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.13.2.4)[cesmvz.13.2.4](#)

ISSN 1900-9607

Filiación:

^{1*} Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia. Centro de Investigación Tibaitatá – Km 14 Vía Mosquera – Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Comparte

**Abstract**

Colombian ruminants' systems are supported in grasslands, mainly kikuyu in highlands (*Cenchrus clandestinus*, previously *Pennisetum clandestinum*). The objective of this work was to compile information related to kikuyu and identify new research areas to promote an efficient and sustainable ruminants' systems supported in kikuyu. The literature suggests that kikuyu presents great resilience to adverse environmental conditions, especially in new scenarios of climatic variability. In addition, literature reports management strategies to improve animal production, product quality and reduce environmental impact. However, kikuyu presents limitations of agronomic and compositional response, that makes necessary to develop research works that allow increase knowledge between edafo-climatic relations and management conditions to development optimization models for kikuyu production systems. Finally, it is necessary to promote phenotype and genotype studies and define genetic improvement programs to enhance grass expression under specific environmental conditions.

Keywords: *Adaptation, climate change, Cenchrus clandestinus, Pennisetum clandestinum.*

Resumen

Los sistemas de producción de rumiantes en Colombia están soportados en el uso de forrajes, principalmente el kikuyo en el trópico alto (*Cenchrus clandestinus*, previamente *Pennisetum clandestinum*). El objetivo de este trabajo fue recopilar la información relacionada con el kikuyo e identificar nuevos campos de investigación que permitan promover un manejo eficiente y sostenible de los sistemas de producción bovino soportados en praderas de kikuyo. Los trabajos sugieren que el kikuyo presenta gran resiliencia ante condiciones ambientales adversas, lo que lo perfilan como una especie de interés ante los nuevos escenarios de variabilidad climática. Además, la literatura reporta estrategias de manejo que promueven el aumento en la producción animal, el mejoramiento en la calidad final del producto y la disminución en el impacto sobre el ambiente. Sin embargo, el

Red de Ganadería y Especies Menores. Grupo de Investigación en Microbiología y Nutrición Animal del Trópico.

² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia. Centro de Investigación Tibaitatá - Km 14 Vía Mosquera - Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

kikuyo presenta limitaciones en la respuesta agronómica y composicional que hace necesario desarrollar trabajos de investigación que permitan profundizar en el conocimiento de las relaciones entre las condiciones edafoclimáticas y de manejo que promueva el desarrollo de modelos de optimización de los sistemas de producción. Finalmente, se debe promover programas que permitan conocer las características fenotípicas y genotípicas del kikuyo y definir programas de mejoramiento genético que potencialicen la expresión de esta gramínea en condiciones ambientales específicas.

Palabras clave: *Adaptación, cambio climático, Cenchrus clandestinus, Pennisetum clandestinum.*

Resumo

Os sistemas de produção de ruminantes na Colômbia são baseados na utilização de forragens, principalmente kikuyo nos trópicos superiores (*Cenchrus clandestinus*, anteriormente *Pennisetum clandestinum*). O objetivo deste trabalho foi coletar informações relacionadas à kikuyo e identificar novos campos de pesquisa que promovam o manejo eficiente e sustentável de sistemas de produção bovino alimentados com pastagens de kikuyo. Estudos sugerem que o kikuyo tem grande resiliência a condições ambientais adversas, despertando grande interesse tendo em vista os novos cenários de variabilidade climática. Além disso, a literatura relata estratégias de manejo que promovem o aumento da produção animal, a melhoria na qualidade final do produto e a diminuição do impacto no meio ambiente. Entretanto, o kikuyo apresenta limitações no que diz respeito à resposta agrônômica e composição necessárias para desenvolver pesquisas que aprofundem a compreensão das relações entre as condições e manejo do solo e o clima que promovam o desenvolvimento de sistemas de modelos de otimização da produção. Finalmente, devem ser desenvolvidos programas que permitam conhecer as características fenotípicas e genotípicas desta forragem, além de definir programas de melhoramento genético que potencializem a expressão dessa gramínea em condições ambientais específicas.

Palavras-chave: *Adaptação, Cenchrus clandestinus, mudança climática, Pennisetum clandestinum.*

Introducción

La ganadería es una de las actividades de mayor importancia para la economía en Colombia, esta representa el 4, 27 y 67% del PIB nacional, agropecuario y pecuario, respectivamente. Aunado a esto, esta actividad genera aproximadamente 950 mil empleos, principalmente en el sector rural. Sin embargo, es evidente su bajo desarrollo productivo debido a la poca apropiación tecnológica, lo que ha limitado la competitividad del sector en un mercado globalizado ¹⁷.

El sub-sector lácteo en Colombia representa el 0,9% del PIB nacional y genera aproximadamente 580 mil empleos directos ¹⁴. Además, se considera que los sistemas de producción de lechería especializada producen aproximadamente el 50% de la producción láctea, a pesar de que únicamente cuentan con el 5% del inventario bovino nacional. Estos sistemas de producción están ubicados principalmente en el trópico alto colombiano ¹⁷.

En Colombia, la alimentación de la ganadería se soporta en sistemas pastoriles, debido a que los forrajes son considerados recursos de bajo costo ⁴⁶. Además, los ruminantes tienen la capacidad de consumir recursos fibrosos y convertirlos en pro-

ductos de alto valor nutricional (carne o leche), sin competir con la alimentación humana ⁷³. Sin embargo, la producción de forrajes está influenciada por las condiciones edafo-climáticas y prácticas de manejo, que resultan en una marcada estacionalidad en la producción animal ⁴⁴. En Colombia, en época de sequía o de intensas lluvias, se disminuye la producción láctea al reducirse la oferta de forraje en los sistemas de producción ganaderos ⁸⁴.

Las gramíneas predominantes en los sistemas de producción de lechería especializada son el kikuyo (*Cenchrus clandestinus*, previamente *Pennisetum clandestinum*) y el raigrás (*Lolium* spp.) ¹⁹. Otras gramíneas que se encuentran en menor proporción son la falsa poa (*Holcus lannatus*), el oloroso (*Antoxatum odoratum*), el azul orchoro (*Dactylis glomerata*) y la festuca (*Festuca arundinacea*) ⁸⁴. Las leguminosas más recurrentes en estos sistemas de producción son los tréboles (*Trifolium* spp.), aunque se reportan la presencia de otras como lotus (*Lotus uliginosus*) y alfalfa (*Medicago sativa*) ^{16, 84}.

El pasto kikuyo ha sido ampliamente utilizado en los sistemas de producción de lechería especializada, pero la información con respecto a las características agronómicas y productivas para las condiciones de trópico alto colombiano es limitada. Es por esto, que se plantea el desarrollo de esta revisión con el objetivo de recopilar la información relacionada con el kikuyo e identificar nuevos campos de investigación que permitan promover un manejo eficiente y sostenible de los sistemas de producción bovino soportados en praderas de kikuyo.

Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda sistémica de documentos en las bases de datos Science Direct, Google Académico y Scielo. Además, se revisaron publicaciones en revistas científicas y trabajos de grado. Las palabras claves utilizadas para la búsqueda fueron kikuyo, *Cenchrus clandestinus*, *Pennisetum clandestinum*, sistemas de lechería especializada y trópico alto, en español y en inglés. Estas palabras se combinaron con el fin de reconocer los documentos que se enfocaran en la evaluación agronómica y la productividad animal en sistemas de producción soportados en kikuyo.

Tabla 1. Clasificación de los documentos revisados.

| Tipo de documento | Número | % |
|--------------------------|---------------|------------|
| Artículos | | 86 |
| Inglés | 46 | 46 |
| Español | 40 | 40 |
| Comunicaciones cortas | 2 | 2 |
| Tesis | | 10 |
| Pregrado | 2 | 2 |
| Maestría | 7 | 7 |
| Doctorado | 1 | 1 |
| Informe técnico | 2 | 2 |
| Total | 100 | 100 |

La búsqueda de documentos generó una base de datos con 40 artículos en español, 46 artículos en inglés, 2 comunicaciones cortas, 2 trabajos de pregrado, 7 trabajos de maestría, 1 de doctorado y 2 documentos técnicos (Tabla 1). Estos resultados denotan la importancia de la socialización de la investigación a través de las revistas

científicas. De los documentos publicados antes del 2000, el 7,7% fueron colombianos. Durante el periodo 2001 al 2010 participaron con el 51,1% y del 2010 a la fecha representan el 66,7% de los trabajos revisados (Tabla 2). Este comportamiento pueda explicarse por la mayor visibilización de los trabajos de investigación a través del uso de las herramientas de la información (pe. bases de datos abiertas, revistas especializadas gratuitas, aplicaciones) y el creciente interés de los investigadores colombianos por desarrollar sistemas de producción bovina soportados en kikuyo y socializar los resultados de investigación con la comunidad científica.

Tabla 2. Origen de los documentos revisados.

| Origen | 1952 a 2000 | 2001 a 2010 | 2011 a 2016 |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Colombia | 2 | 24 | 18 |
| Internacionales | 24 | 23 | 9 |
| Totales | 26 | 47 | 27 |
| % de participación | 7.7 | 51.1 | 66.7 |

Descripción del kikuyo

El kikuyo es una gramínea originaria de las zonas altas (1950 a 2700 m.s.n.m) y con precipitaciones entre los 1000 y 1600 mm del centro y este de África, lo que incluye países como Etiopia, Kenia, Tanzania, Uganda, Ruanda y Congo ⁶². Debe su nombre a los Kikuyo, una tribu asentada en Kenia, de donde esta gramínea es originaria ⁶². En la primera parte del siglo XX, esta gramínea fue introducida en algunas regiones de África, Oceanía, Europa, Centro América y Sur América ⁶².

El kikuyo es una gramínea C4, perenne, que se extiende superficialmente o bajo tierra a través de estolones o rizomas. Estos estolones presentan una alta viabilidad al ser propagados vegetativamente ⁶². Esta gramínea puede tener un crecimiento erecto o semi-erecto alcanzando alturas entre 50 y 60 cm ^{13, 102}. Las hojas logran entre 4,5 a 20 cm de largo y de 6 a 15 mm de ancho ^{13, 62}. En Colombia, las estructuras florales son inconspicuas, de estambres blanquecinos y brillantes. Las semillas son planas, ovoides y de color marrón oscuro, y se producen en las axilas de las hojas en donde quedan ocultas ^{13, 97}.

La literatura reporta pocos trabajos en donde se evalúe la diversidad fenotípica y genotípica del pasto kikuyo en Latinoamérica. Arango *et al.*, (2017) reportan que el municipio, la altura sobre el nivel del mar y el largo de la rotación influyeron sobre variables morfológicas del kikuyo en siete municipios de Antioquía ⁵. Sin embargo, este trabajo no permite concluir si las variaciones fenotípicas son el resultado de la evaluación de diferentes variedades o la plasticidad de una única variedad de kikuyo, debido a que estos autores no realizaron la evaluación genotípica de estos materiales. En otras regiones, Khumalo (2015) describió genotípicamente cuarenta cultivares de kikuyo en Sudáfrica, y encontró suficiente variación para desarrollar programas de mejoramiento genético ⁵². Es necesario desarrollar proyectos que permitan identificar la diversidad fenotípica y genotípica del kikuyo para promover sistemas de producción eficientes y resilientes ante escenarios futuros de cambio climático.

Respuesta productiva del pasto kikuyo a diferentes factores ambientales y de manejo agronómico

A los estudios de suelos, en los sistemas de producción de trópico alto, no se les ha presentado suficiente interés histórico, al considerarse un componente estático o con una relación desconocida para la producción animal. Sin embargo, los procesos de degradación de suelos, con el evidente resultado de la disminución de la producción de forraje y el rendimiento animal, generan la necesidad de realizar intervenciones que promuevan la integridad física, química y biológica del suelo.

La literatura reporta pocos trabajos que hayan evaluado las características edáficas y agronómicas en pasturas de kikuyo. En Suráfrica, Swanepoel *et al.*, (2013) encontraron que las características edáficas fueron diferentes al compararse una pastura asociada de kikuyo y raigrás respecto una pastura nativa ⁹³. Estos autores reportan una mayor densidad aparente, resistencia a la penetración, contenido de carbono orgánico y capacidad de retención de agua (6, 87, 53 y 6%, respectivamente) en suelos con kikuyo y raigrás. Además, sugieren que la ganadería podría afectar negativamente la estructura del suelo al promover procesos de compactación.

Las prácticas de renovación de praderas son una estrategia que permiten aumentar el rendimiento de los forrajes ³¹. En este sentido, Milla y Corredor (2004) ⁶⁵ reportan un aumento entre el 72 y el 426% en pasturas de kikuyo, cuando fueron renovadas a través de escarificación mecánica. El mejoramiento en las condiciones edáficas ha sido asociado con una mayor producción de forraje al brindarse las condiciones físicas y químicas para que la planta exprese el potencial productivo ³¹. Además, el manejo adecuado de las praderas permite aumentar el secuestro de carbono reduciendo las emisiones de gases efecto invernadero del sector ⁴².

Los suelos destinados a la producción pecuaria presentan procesos de degradación y salinización, reduciendo la posibilidad de potencializar la respuesta productiva de los forrajes ⁴⁹. Es por esto que se deben seleccionar materiales que presenten mayor tolerancia a estas condiciones de estrés. En este sentido, el kikuyo presentó una mayor tolerancia a suelos salinos respecto a otras gramíneas ⁷⁸. A pesar de esto, el incremento en la concentración de cloruro de sodio disminuyó la germinación y la tasa relativa de crecimiento del kikuyo, debido a una menor expresión de las enzimas relacionadas con el proceso de germinación (amilasas, glucosidasas) y un aumento de las asociadas al estrés oxidativo (peroxidasas, catalasas) ⁷⁵. Aunado a esto, el incremento en la salinidad disminuyó el número de hojas, la producción de biomasa y la calidad nutricional del kikuyo ⁷⁴.

La acidez es otra característica representativa de los suelos en Colombia ²². La literatura reporta una disminución en la producción de biomasa, el largo de las hojas y la concentración de proteína cruda del kikuyo, cuando el pH en el suelo es menor a 4 ²¹. Sin embargo, a un pH mayor no se presentaron diferencias en la respuesta productiva y las características composicionales de esta gramínea. A pesar de esta respuesta, estos autores sugieren que el kikuyo presenta una mayor tolerancia a la acidez respecto a otras gramíneas, lo que le permite a esta especie tener una mayor adaptación a condiciones adversas.

El cambio climático considera una modificación en los patrones del clima, resultando en una mayor incidencia de fenómenos extremos como el deshielo de glaciares, el aumento en el nivel del mar, la acidificación de acuíferos, entre otros ⁴⁹. En este

sentido, el IDEAM proyecta ⁴⁸ una mayor precipitación y temperatura ambiental en algunas regiones de Colombia en los siguientes 80 años. La simulación de los requerimientos hídricos del pasto kikuyo, muestra un aumento en 2% y 4% en la década de 1990 y de 2010, respectivamente, comparada con los requerimientos de 1970 ⁸², lo que indica la influencia del cambio climático sobre la respuesta productiva de este forraje. El IPCC en el año 2013 proyectó ⁴⁹ un incremento de por lo menos 2 °C en la temperatura media del planeta en el próximo siglo, lo que supondría un incremento en el requerimiento hídrico del kikuyo en las próximas décadas.

La producción de materia seca en el kikuyo se incrementa al aumentar la frecuencia de riego, aunque es evidente una interacción con el nivel de fertilización nitrogenada ⁵⁹. A pesar de eso, el incremento en la frecuencia de riego, semanalmente respecto a mensualmente, duplicó el uso del agua y aumentó en 20% la producción de materia seca. Sin embargo, la eficiencia de uso del agua por parte de un forraje está en función de la interferencia de riego que presente la pastura. En este sentido, Ataroff y Naranjo (2009) ² evaluaron la interferencia del riego en el kikuyo, y reportaron que, al aumentar la precipitación, se incrementa la interferencia de la pastura y disminuye la eficiencia en la utilización de riego. Esto permitiría especular que la incidencia de precipitaciones abundantes, debido posiblemente al aumento en la variabilidad climática, resultaría en una menor eficiencia en la utilización del agua y posiblemente un mayor estrés hídrico del kikuyo.

La fertilidad del suelo es otro de los factores limitantes en la producción de forrajes. Se ha reportado un incremento en la producción de materia seca del kikuyo cuando se aplicó una fertilización nitrogenada mayor a 50 kg de N/ha ⁸⁸. El aumento en la concentración de proteína y la producción de biomasa al incrementar el nivel de fertilización nitrogenada suele ser reportados por otros autores ^{9, 12, 67}. Sin embargo, la fuente de nitrógeno presenta diferencias en la producción de biomasa, evidenciándose una mayor respuesta cuando se aplica sulfato de amonio respecto a urea ⁸¹. Por otra parte, Mejía-Taborda *et al.*, (2014) ⁶³ evaluaron la aplicación de un fertilizante compuesto (20 kg N, 5 P₂O₄ y 5 K₂O) en presentación líquida y sólida sobre la respuesta productiva del pasto kikuyo. Los autores sugieren que, sin importar la presentación del fertilizante, la aplicación incrementa la producción de biomasa, sin embargo, fue económicamente más rentable la presentación sólida respecto a la líquida.

La respuesta diferenciada en la fertilización puede explicarse por variaciones en las características experimentales o por las condiciones fisiológicas del forraje. En este sentido, Barton *et al.*, (2009) ¹² una mayor producción de biomasa en el kikuyo maduro respecto al joven cuando se incluyeron diferentes niveles de nitrógeno. Además, estos mismos autores sugieren que la menor frecuencia de aplicación nitrogenada aumenta la producción de biomasa. Estos resultados deben ser analizados con precaución debido a que otras investigaciones sugieren que el aumento en la frecuencia de aplicación de la fertilización nitrogenada aumenta la eficiencia en la producción de biomasa y disminuye las pérdidas de nutrientes ³⁰.

La fertilización nitrogenada incrementa la concentración de nitratos en el kikuyo ⁸⁸. Los nitratos se reducen en el rumen a nitritos y han sido asociados con formación de metahemoglobina y algunos casos de intoxicación en rumiantes ^{56, 96}. Aparentemente, otros nutrientes en el forraje no presentan variación al aumentar la fertilización nitrogenada en el kikuyo ^{9, 20, 92}.

La madurez del kikuyo ha sido asociada a cambios fisiológicos y composicionales que se relacionan con la calidad nutricional del forraje. En este sentido, al incrementar la edad del kikuyo aumenta la producción de materia seca y la concentración de carbohidratos estructurales, y disminuye la proteína cruda, la digestibilidad, los nutrientes digestibles totales y la energía neta de lactancia ^{1,18}. Aunado a esto, Aguilar *et al.*, (2009) ¹ que el incremento en la edad del kikuyo disminuye la concentración de ácido linolénico y aumenta la de ácidos grasos saturados. Los minerales no parecen sufrir cambios debido a la madurez del kikuyo ²⁴. En el [tabla 3](#) se presenta una compilación de las características composicionales del kikuyo.

Tabla 3. Concentración de nutrientes en pasto kikuyo.

| Nutriente | Unidades | Promedio | Máximo | Mínimo | Desviación |
|--|-----------------|-----------------|---------------|---------------|-------------------|
| Materia seca | g/ 100 g MH | 17,26 | 6,61 | 37,42 | 1,4 |
| Proteína cruda | g/ 100 g MS | 18,34 | 9,91 | 25,58 | 0,82 |
| Ceniza | g/ 100 g MS | 8,20 | 5,35 | 2,9 | 0,3 |
| Extracto etéreo | g/ 100 g MS | 1,70 | 1,12 | 2,04 | 0,15 |
| Fibra detergente neutro | g/ 100 g MS | 56,21 | 50,81 | 66,05 | 0,39 |
| Fibra detergente ácida | g/ 100 g MS | 26,46 | 23,39 | 38,68 | 0,38 |
| Lignina | g/ 100 g MS | 4,34 | 1,86 | 13,5 | 0,71 |
| Hemicelulosa | g/ 100 g MS | 29,75 | 24,28 | 33,96 | 0,47 |
| Fenoles totales | g/ 100 g MS | 1,78 | 0,03 | 2,49 | 0,3 |
| Taninos totales | g/ 100 g MS | 1,57 | 0,02 | 2,13 | 0,29 |
| Carbohidratos no estructurales | g/ 100 g MS | 10,58 | 7,36 | 14,32 | 0,47 |
| Nutrientes digestibles totales | g/ 100 g MS | 60 | 50,37 | 65,66 | 0,37 |
| Energía bruta | Mcal/ kg MS | 4.170 | 4,07 | 4,26 | 0,02 |
| Energía metabólica de rumiantes | Mcal/ kg MS | 2.177 | 1,83 | 2,38 | 0,07 |
| Energía neta de lactancia para rumiantes | Mcal/ kg MS | 1.356 | 1,12 | 1,49 | 0,06 |

Fuente: Alimento [®], 2018 ²

Algunos autores sugieren que la relación inadecuada entre la concentración de carbohidratos no estructurales y de proteína en el kikuyo, limita la calidad nutricional de este recurso ^{25, 60}. Los excesos de nitrógeno en la dieta de rumiantes han sido asociados con una mayor concentración de amonio ruminal, incremento en las concentraciones de nitrógeno ureico en sangre y en la síntesis de urea, lo cual se relaciona con un aumento en el gasto energético y una menor producción animal ^{80, 85}. Aunado a esto, las concentraciones elevadas de carbohidratos estructurales en el kikuyo podrían limitar el consumo de materia seca de los animales con requerimientos elevados de nutrientes, limitando la ingesta de nutrientes y la producción animal ⁸⁶.

La concentración de minerales en el kikuyo se presenta en la Tabla 4. A pesar de que la concentración media de minerales se reporta en un rango aceptable ¹³, algunos autores sugieren que las bajas concentraciones de calcio, elevados niveles de potasio, presencia de oxalatos y los desbalances en la relación de algunos minerales en el kikuyo pueden afectar la respuesta productiva del animal ^{60, 97}.

Tabla 4. Concentración de minerales en pasto kikuyo

| Nutriente | Unidades | Promedio | Máximo | Mínimo | Desviación |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|-------------------|
| Calcio | g/ 100 g MS | 0,41 | 0,33 | 0,48 | 0,05 |
| Fósforo | g/ 100 g MS | 0,33 | 0,22 | 0,40 | 0,06 |
| Magnesio | g/ 100 g MS | 0,26 | 0,19 | 0,30 | 0,05 |
| Potasio | g/ 100 g MS | 3,40 | 2,37 | 4,46 | 0,30 |
| Sodio | g/ 100 g MS | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,00 |
| Azufre | g/ 100 g MS | 0,17 | 0,01 | 0,23 | 0,10 |
| Cobre | mg/ kg MS | 7,74 | 4,67 | 11,07 | 0,54 |
| Hierro | mg/ kg MS | 58,11 | 1,35 | 265,84 | 5,18 |
| Zinc | mg/ kg MS | 42,83 | 32,54 | 57,40 | 0,87 |

Fuente: Alimento®, 2018 ²

Pocos trabajos han evaluado el efecto de otras estrategias de manejo de praderas, diferentes a la fertilización, sobre las características productivas y composicionales del kikuyo. Algunas de estas se resumen en el manejo de la pradera, la asociación gramínea-leguminosa y la evaluación del kikuyo en arreglos silvopastoriles. Soto *et al.*, (2005) ⁹² no reportan diferencias en la concentración de nutrientes del kikuyo con 30 o 60 días de edad de rebrote, aunque la literatura sugiere que la mayor edad está asociada con el incremento en la concentración de la pared celular y la disminución en el valor nutricional ⁹⁹. Sin embargo, las tasas de crecimiento y la madurez dependerán de las condiciones ambientales y de manejo que pueden modificar la composición química del forraje ⁸. En este sentido, Fonseca *et al.*, (2016) reportan ³⁴ que la producción de biomasa y la concentración de proteína cruda en el kikuyo presentaron una interacción entre la frecuencia de defoliación y el mes de evaluación.

Una mayor oferta de forraje se reporta cuando se ofreció únicamente kikuyo respecto a la asociación kikuyo-lotus ⁷⁰. Sin embargo, la calidad composicional láctea y la respuesta animal fueron mayores cuando se ofreció la pastura asociada respecto a la de gramínea pura. Por otra parte, Vargas *et al.*, (2014) reportan ¹⁰⁰ que al incluir heno de lotus a una dieta base de heno de kikuyo en ovinos, incrementó en 23% el consumo de materia orgánica. La literatura reporta que la presencia de leguminosas en la pradera promueve una mejor calidad de la dieta (aumento en el valor nutricional) e incremento de la tasa de paso del alimento, lo que en muchos casos se relaciona con el aumento en la eficiencia animal ⁵⁵.

La evaluación del kikuyo en sistemas silvopastoriles es poca. Algunos autores sugieren que la presencia de arbóreas, como alisos (*Alnus acuminata*) incrementa las concentraciones de proteína cruda y disminuye la fibra en detergente neutro ¹⁰¹. Sin embargo, esta respuesta está asociada con la distancia del árbol a la pradera, en donde distancias superiores a 50 cm no presentaron diferencias en las características composicionales respecto al tratamiento sin árboles ¹⁵. Por otra parte, Sánchez *et al.*, (2009) reportan ⁸⁹ en estos sistemas, una mayor producción de forraje (53%), mayor material vivo (23%), mayor capacidad de carga (100%), mayor contenido de proteína cruda (23%) y menor contenido de la fracción proteica de menor disponibilidad (30-50%). Estos resultados están asociados a la mayor producción por unidad de área y la mayor rentabilidad del sistema.

Se ha desarrollado un modelo de crecimiento del kikuyo, adaptado del modelo de Hurley, para sistemas de producción bovina en Costa Rica ⁴⁵. Este modelo recrea superficies de respuesta para la producción de biomasa en función de condiciones de manejo (niveles de fertilización, días de rebrote, forraje residual) y variables climáticas (temperatura) ⁴⁴. En el trópico alto colombiano, Avellaneda (2016) ⁸ evaluó el crecimiento del kikuyo en cuatro cuencas lecheras y en dos épocas de lluvia (Tabla 5). Las condiciones climáticas y la ubicación de la cuenca definen la tasa máxima de crecimiento, encontrando reducciones que varían entre el 50 y el 80% entre épocas y entre el 15 y el 60% entre regiones.

Tabla 5. Tasas máximas de crecimiento (kg MS/ha/d) de kikuyo en época de lluvia (I) y sequía (S), presentes en sistemas de producción de lechería especializada en trópico alto colombiano

| Especie | Ubaté-Chiquinquirá | | Alto Chicamocha | | Sabana de Bogotá | | Altiplano nariñense | |
|---------|--------------------|-----|-----------------|-----|------------------|-----|---------------------|-----|
| | I | S | I | S | I | S | I | S |
| Kikuyo | 1442 | 579 | 1442 | 312 | 792 | 287 | 477 | 255 |

Fuente: Avellaneda, 2016.

En otro trabajo en el cual se evaluó el crecimiento del kikuyo, se reportaron acumulaciones de 69,26 kg MS/ha ⁵⁸. Además, este trabajo reporta una relación positiva con la temperatura media y negativa con la precipitación. Diferente a lo reportado por Vela y Vargas (2009) que reportan ¹⁰¹ una mayor producción en época de lluvia respecto a época seca. La diferencia entre los dos trabajos puede explicarse por los factores limitantes presentes en las dos localidades de experimentación. El estudio de Linares y Cárdenas (2013) ⁵⁸ se realizó en una región con alta precipitación, en este sentido el crecimiento presenta mayor limitación por la temperatura y la luminosidad, a diferencia del trabajo realizado por Vela y Vargas (2009) en donde ¹⁰¹ la precipitación baja supone al factor hídrico como limitante en la productividad del kikuyo.

El kikuyo presenta alta susceptibilidad al ataque de insectos chupadores (Hemiptera) respecto a otras gramíneas ³⁷. La presencia del complejo de la chinche de los pastos (*Collaria scenica*, *C. oleosa*, *Cynodommiris corpoicanus* y *Stenodema andina* (Hemiptera: Miridae), especialmente *C. scenica*, es considerada uno de los principales problemas tecnológicos debido al alto impacto sobre la productividad de las empresas ganaderas al disminuir en 10 y 25% la digestibilidad y la producción de la materia seca, respectivamente. La disminución en la cantidad y la calidad del forraje se asocia al menor consumo de alimento, la disminución en la producción láctea (hasta 5 litros) y el incremento hasta en 20% de pérdidas económicas ^{10,11,32,61}.

Los trabajos realizados sobre diferentes aspectos de la chinche de los pastos en el trópico alto colombiano han permitido reconocer la biología, la disposición espacial ¹¹, la fluctuación temporal en las pasturas de este complejo de insectos ³⁸, el diseño de metodologías para el muestreo en campo ³⁶, la generación de escalas de clasificación del daño ocasionado a diferentes forrajes ⁶¹ y la dinámica poblacional de la plaga ³⁸. Lo anterior permite la oferta de prácticas culturales como la disminución en el tiempo de rotación de las praderas, la fertilización adecuada de potreros y la aplicación de productos químicos focalizados, podrían disminuir la incidencia de la chinche de los pastos sobre las praderas de kikuyo ¹⁰.

Pocos trabajos han evaluado la presencia de enfermedades en el kikuyo. Se ha reportado una alta susceptibilidad del kikuyo a la enfermedad amarilla de la caña ⁶⁷.

Sin embargo, otros autores mencionan la presencia de cultivares del kikuyo que presentan mayor tolerancia a esta enfermedad, como la variedad Noonan [71](#), [103](#). En Colombia no se encontraron reportes asociados a la presencia o incidencia de enfermedades en el kikuyo.

Respuesta animal asociada al consumo de kikuyo, la asociación con leguminosas y la suplementación

La literatura reporta que el manejo adecuado de los forrajes permite optimizar la expresión fenotípica de los rumiantes [66](#). En este sentido, algunos trabajos han evaluado el efecto de la oferta forrajera de pasto kikuyo sobre la respuesta animal. Se reporta un incremento en el consumo de materia seca al incrementar la oferta de kikuyo [29](#). Algunos autores proponen que el incremento en la oferta permite una mayor selección de fracciones del forraje con mayor digestibilidad, lo que resulta en un aumento de la tasa de paso del alimento, el consumo de materia seca, la producción láctea y la concentración de proteína en la leche [33](#).

El incremento en la oferta forrajera ha sido asociado con la disminución en la capacidad de carga de la finca. En este sentido, Hernández *et al.*, (2000) [43](#) reportan que cuando duplicaron la oferta forrajera disminuyó en 58% la capacidad de carga de la finca. Aunado a esto, el incremento en el número de animales por hectárea puede resultar en una disminución en la ganancia de peso por animal, pero no en la ganancia de peso por hectárea [43](#). Se ha propuesto que el nivel y la constancia en la oferta de forraje permiten maximizar la respuesta animal [64](#). Este autor encontró un aumento en el consumo de materia seca, la producción láctea y la concentración de proteína en la leche con una oferta constante de alimento respecto a una oferta variable.

La literatura sugiere que la producción de rumiantes alimentados con kikuyo es baja, debido al limitado consumo de materia seca [60](#). En este sentido, la inclusión de soya ²³ o de una leguminosa [70](#), [100](#) aumentan el consumo de materia seca respecto a una dieta basal de kikuyo. La inclusión de leguminosas se ha relacionado con un mayor consumo de alimento, al presentarse una mayor tasa de paso y tener una menor concentración de tejidos de baja digestibilidad [66](#), lo que resulta en una mayor productividad animal [70](#). Por otra parte, según Aguilar *et al.*, (2009) [1](#) y Joyce (2012) [51](#) ni la altura, ni la edad del kikuyo presentaron diferencias en el consumo de materia seca de rumiantes.

La inclusión de suplementos balanceados se ha asociado con una mayor densidad energética de la dieta, lo que se relaciona con una mayor producción animal [69](#). Sin embargo, el consumo de forraje puede disminuir al incrementarse la concentración de alimento balanceado en la ración [35](#), [51](#). Este concepto se conoce como tasa de sustitución y se relaciona con una mayor capacidad de carga de la finca al presentarse una mayor oferta de alimento [86](#). En este sentido, se han evaluado diferentes tipos de suplementación, principalmente energética, sobre el consumo de kikuyo. Se indica que la inclusión de dos niveles de un suplemento balanceado en bovinos de primer y segundo tercio de lactancia no modificó el consumo de materia seca, sin embargo, sí se aumentó la producción láctea cuando se incluyó el nivel más alto de suplementación en vacas de primer tercio de lactancia [28](#).

Otras fuentes energéticas utilizadas en la suplementación de kikuyo fueron evaluadas por Travaskis *et al.*, (2004) [24](#). Estos autores encontraron un mayor consumo de alimento y productividad animal cuando se incluyó harina de arroz respecto a la

cebada o el maíz en la dieta de rumiantes. Por otra parte, la inclusión de cebada respecto a la melaza aumentó el consumo de alimento y la producción de leche ⁴¹. Sin embargo, Gómez *et al.*, (2017) no encontraron ⁴⁰ diferencias al suplementar maíz, sorgo, yuca o pulpa de cítricos sobre el consumo y la producción de leche en bovinos Holstein. En este sentido, el tipo y la cantidad de carbohidratos que se adicionan a la dieta tienen influencia sobre la respuesta animal ⁵³. Finalmente, Mojica *et al.*, (2009) ⁶⁸ reportan que el consumo y la producción de leche fue similar cuando se incluyó hasta 1,4 kg/100 kg de peso vivo de ensilaje de avena en una dieta basal de kikuyo, posiblemente asociado a la concentración similar de energía entre el suplemento y la dieta base.

La inclusión de lípidos es otra estrategia que permitiría aumentar el aporte energético de la dieta para sistemas de producción basados en forraje de kikuyo. Castaño *et al.*, (2014) encontraron ²¹ una mayor producción de leche en animales que recibieron inclusión de aceite de palma o harina de arroz respecto a los que recibieron semilla de algodón. Estos autores sugieren que la inclusión de semilla de algodón presentó una menor eficiencia de uso respecto a los otros tratamientos, debido a que no se observaron diferencias en el consumo de materia seca total. Por su parte, Parales *et al.*, (2016) ⁷⁹ encontraron que la suplementación con grasa incrementó la producción de leche y la concentración de sólidos totales, sin afectar el consumo ni la digestibilidad. Es importante mencionar que en ninguno de estos experimentos la concentración de grasa superó el 7%, ya que algunos autores mencionan que niveles superiores al 9% podría disminuir la productividad animal al reducir el consumo o la digestibilidad de la materia seca ⁷⁷.

La literatura reporta trabajos donde se han incorporado fuentes no energéticas. De esta manera, se reporta que la suplementación con fuentes nitrógeno (urea, harina de sangre y metionina protegida) aumentó el consumo total de materia seca y la productividad animal ³⁹. Por su parte, Kozloski *et al.*, (2009) encontraron ⁵⁴ un mayor consumo de materia seca únicamente cuando se suplementó con proteína verdadera dos veces al día, respecto de animales suplementados con nitrógeno no proteico o con proteína verdadera una vez al día. Otros trabajos que han incorporado recursos arbóreos como *Buddleia skutchii*, reportan consumos similares ⁹⁰ o menores ⁷⁶ de materia seca respecto a los animales alimentados únicamente con kikuyo.

El consumo de alimento ha sido evaluado en algunos estudios. Se reporta que el consumo de materia seca de bovinos alimentados con kikuyo, varía entre 8 y 19 kg de materia seca al día ²⁶. Este mismo grupo determinó que el consumo de materia seca, utilizando marcadores, fue de 18 kg de MS día, similar a lo estimado a través del modelo del NRC y del CNCPS ²⁷. Por otra parte, el perfil lipídico de la grasa láctea fue modificado por el consumo de kikuyo y el nivel de la oferta de forraje. Se ha reportado una mayor concentración de ácido linoleico conjugado (ALC) y de ácidos grasos poliinsaturados, en leches provenientes de vacas que pastorean forrajes jóvenes respecto a maduros y valores mayores en la concentración de ALC de la grasa láctea en animales alimentados con kikuyo respecto a raigrás ¹. Por otra parte, se ha demostrado que la disminución en la oferta de kikuyo disminuye la concentración de ácidos poliinsaturados en la grasa láctea ⁹⁸.

Algunos trabajos han evaluado la emisión de metano de rumiantes alimentados con gramíneas de zonas templadas y tropicales. Ulyatt *et al.*, (2002) encontraron ⁹⁵ que la producción de metano de rumiantes alimentados con kikuyo fue mayor a aquellos que consumieron raigrás y, que el mejoramiento en la calidad nutricional del kikuyo disminuye la producción de metano por unidad de materia seca consumida en ovinos.

La mayor producción de metano en gramíneas tropicales ha sido asociada con una mayor concentración de pared celular ⁶, lo que se relaciona con una menor tasa de paso del alimento ⁸³ y mayor producción de acetato ²², promoviendo la producción de metano entérico ⁵⁰.

La literatura menciona diversas estrategias que permitirían reducir las emisiones de metano entérico en rumiantes ⁴⁷. Sin embargo, pocos trabajos han evaluado estas estrategias en sistemas de producción en trópico alto colombiano. La inclusión de aceite esencial de orégano tampoco presentó diferencias en la producción de metano en novillas ⁸⁷. Por su parte, Angarita y González (2007) ⁴ reportan una reducción del 40% en la producción de metano de novillas cuando se incluye aceite de coco en la ración. Además, cuando se incluyó 30% de heno de lotus en la dieta de ovinos, disminuyó un 16% la producción de metano respecto a una dieta de kikuyo ²⁹.

Los recursos alimenticios modifican las poblaciones de microorganismos. Por ejemplo, Angarita (2013) reporta ³ un aumento en el recuento de microorganismos metanogénicos cuando se asocia kikuyo y lotus respecto al kikuyo en dietas de vacas gestantes. Aunque, al relacionar las poblaciones de lotus puro y kikuyo puro no encontró diferencias en el recuento de microorganismos metanogénicos. Las dinámicas poblacionales presentan gran variación según las características del animal, de la dieta y de las condiciones ambientales que muchas veces no se relacionan con la producción de metano entérico *in vivo* ⁵⁷. Sin embargo, el conocimiento de las relaciones entre las poblaciones ruminales se presenta como una herramienta que permitiría aumentar la eficiencia nutricional y disminuir el impacto de la ganadería sobre el ambiente ⁵⁷.

Conclusiones

La literatura revisada aborda diferentes áreas del conocimiento entorno a sistemas pastoriles soportados en kikuyo. Sin embargo, los trabajos realizados en torno a la interacción entre los diferentes elementos del sistema son limitados, generando recomendaciones puntuales que deben ser evaluadas con precaución. Los futuros trabajos de investigación deben estar enfocados en determinar la respuesta del kikuyo ante diferentes condiciones ambientales (precipitación, tipo de suelo, luminosidad), los requerimientos (hídricos, nutricionales) y de manejo (tiempos de rotación, periodo de ocupación) que generen modelos de optimización del sistema. Además, se reconoce la necesidad de desarrollar programas de mejoramiento que permitan potencializar la respuesta productiva de esta gramínea. Estos procesos deben estar enmarcados en un contexto de incremento en la variabilidad climática y la sostenibilidad de las empresas ganaderas. Finalmente, es importante determinar el impacto ambiental de estos sistemas de producción y establecer estrategias que permitan aumentar la competitividad del sector en un mercado globalizado.

Referencias

1. Aguilar OX, Moreno BM, Pabón ML, Carulla JE. Efecto del consumo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) o riegrás (*Lolium hybridum*) sobre la concentración de ácido linoléico conjugado y el perfil de ácidos grasos de la grasa láctea. *Livest Res Rural Dev* 2009; 21:49. [acceso: 08 de marzo de 2018] URL: <http://www.lrrd.org/lrrd21/4/agui21049.htm>
2. Alimento®. Recursos alimenticios para animales del trópico. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria 2018; [acceso: 08 de marzo de 2018] URL: <http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimento>.

3. Angarita EA. Efecto de la inclusión de un forraje tanífero sobre las poblaciones metanogénicas del ecosistema ruminal en condiciones *in vitro* e *in vivo*. Tesis de Magister en producción animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2013. 161p.
4. Angarita EA, González C. Efecto de la inclusión de aceite de coco sobre la producción de metano y parámetros de fermentación ruminal en novillas utilizando la técnica de túnel. Tesis pregrado, Facultad de Zootecnia, Universidad de Cundinamarca, Fugasugá, 2007. 120p.
5. Arango J, Cardona FA, López A, Correa G, Echeverry J. Variación de caracteres morfológicos del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el trópico alto de Antioquia. Rev CES Med Vet y Zootec 2017; 12:44-52.
6. Archimède H, Eugène M, Magdeleine CM, Boval M, Martin C, *et al.* Comparison of methane production between C3 y C4 grasses and legumes. Anim Feed Sci Tech 2011;166-167:59-64.
7. Ataroff M, Naranjo ME. Interception of water by pastures of *Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov, and *Melinis minutiflora* Beauv. Agr Forest Meteorol 2009; 149: 1616:1620.
8. Avellaneda Y. Base de datos con la información generada por las ecuaciones de predicción NIRS de recursos alimenticios para alimentación animal. Informe técnico final. CORPOICA, Bogotá, 2016. 35p.
9. Awad AS, Edwards DG. Reversal of adverse effects of heavy ammonium sulphate application on growth and nutrient status of a kikuyu pasture. Plant Soil 1977; 48:169-183.
10. Barreto N. Situación actual del complejo de chinches de los pastos (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) en el Altiplano Cundiboyacense. En: Memorias Congreso Colombiano de Entomología. Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen). XL Congreso. Rueda-Ramírez, *et al.*, editores. Editorial NaturaVisión Ltda. Bogotá, 2013; p. 436-447.
11. Barreto N, Martínez E, Galindo R, Corredor D. Patrón de disposición espacial de la chinche de los pastos *Collaria columbiensis* (Hemiptera: Miridae) en la Sabana de Bogotá. Rev Colomb Entomol 1996; 22:159-162.
12. Barton L, Wan GGY, Buck RP, Colmer TD. 2009. Does N fertilizer regime influence N leaching and quality of different-aged turf grass (*Pennisetum clandestinum*) stands? Plant Soil 2009; 316:81-96.
13. Bernal J. Pastos y forrajes tropicales. 3ª ed. Departamento de Publicaciones del Banco Ganadero, Bogotá, 1994; 575p.
14. Bohórquez N, Buitrago A, Joya M, Montaña X, Rivera HA. 2012. Análisis estructural de sectores estratégicos: sector productos lácteos. Documento de investigación No. 135. 1ª ed. Editorial Universidad del Rosario, Bogotá, 2012; 52p.

15. Cárdenas CA, Rocha C, Delgado JM. Productividad y preferencia de forraje de vacas lecheras pastoreando un sistema silvopastoril intensivo de la zona alta Andina de Roncesvalles, Tolima. *Rev Colomb Cienc Anim* 2011; 4:29-35.
16. Cárdenas E, Castro E. Adaptation, compatibility and acceptability of grass-legume pastures in the Andean region of Colombia. En: O'Mara et al., editors, XX International grasslands congress. Ed: Wageningen Academic Publishers, Dublín, 2005; p. 426.
17. Cardozo F. 2008. Uso óptimo de insumos y modernas herramientas de costeo: Estrategias para la competitividad de la lechería especializada del trópico alto colombiano. CORPOICA, y Editorial Produmedios. Bogotá, 2008; 215p.
18. Caro F, Correa HJ. Digestibilidad posruminal aparente de la materia seca, la proteína cruda y cuatro minerales en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. *Liv Res Rural Dev* 2006; 18:143. [acceso: 08 de marzo de 2018] URL: <http://www.lrrd.org/lrrd18/10/caro18143.htm>
19. Carulla JE, Ortega E. Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. *Arch Latinoam.Prod. Anim* 2016; 24:83-87.
20. Castañeda M, Duque M, Galvis RD, Correa HJ. 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). *Rev Fac Nal Agr Medellín* 2008; 61:4646-4653.
21. Castaño GA, Pabón ML, Carulla JE. Concentration of *trans*-vaccenic and rumenic acids in the milk from grazing cows supplemented with palm oil, rice Brand or whole cottonseed. *Rev Bras Zootec* 2014; 43: 315-326.
22. Castro H, Munevar O. Mejoramiento químico de suelos ácidos mediante el uso combinado de materiales enalantes. *Rev. U.D.C.A. Act. & Div. Cient* 2013; 16:409-416.
23. Clark CE, Horadagoda A, Kerrisk KL, Scott V, Islam MR, et al. Grazing soybean meal to increase voluntary cow traffic in a pasture-based automatic milking system. *Asia-Aust J Anim Sci* 2014; 27:422-430.
24. Correa HJ. Cinética de la liberación ruminal de macrominerales en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. *Liv Res Rural Dev* 2006; 18:31. [acceso: 08 de marzo de 2018] URL: <http://www.lrrd.org/lrrd18/2/corr18031.htm>
25. Correa HJ, Pabón ML, Carulla JE. Valor nutricional de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I – Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Liv. Res. Rural Dev* 2008a; 20:59. [acceso: 08 de marzo de 2018] URL: <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corra20059.htm>
26. Correa HJ, Pabón ML, Carulla JE. Valor nutricional de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): II – Contenido de energía, consumo, producción y eficiencia nutricional. *Liv Res Rural Dev* 2008b; 20:61. [acceso: 08 de marzo de 2018] URL: <http://www.lrrd.org/lrrd20/4/corr20061.htm>

27. Correa HJ, Pabón ML, Carulla JE. Estimación del consumo de materia seca en vacas Holstein bajo pastoreo en el trópico alto de Antioquía. Liv. Res. Rural Dev 2009; 21:59. [acceso: 08 de marzo de 2018] URL: <http://www.lrrd.org/lrrd21/4/corr21059.htm>
28. Correa HJ, Pabón ML, Sánchez MY, Carulla JE. Efecto del nivel de suplementación sobre el uso de nitrógeno, el volumen y la calidad de la leche en vacas Holstein de primer y segundo tercio de lactancia en el trópico alto de Antioquia. Liv Res Rural Dev 2011; 23:77. [acceso: 08 de marzo de 2018] URL: <http://www.lrrd.org/lrrd23/4/corr23077.htm>
29. Correa HJ, Rodríguez YG, Pabón ML, Carulla JE. Efecto de la oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción, la calidad de la leche y el balance de nitrógeno en vacas Holstein. Liv Res Rural Dev 2012; 24:204. [acceso: 08 de marzo de 2018] URL: <http://www.lrrd.org/lrrd24/11/corr24204.htm>
30. Čop J, Vidrih M, Hacin J. Influence of cutting regime and fertilizer application on the botanical composition, yield and nutritive value of herbage of wet grasslands in Central Europe. Grass Forage Sci 2009; 64:454-465.
31. Cuesta PA. Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. Rev. Corpoica 2005; 6(2):5-13.
32. Duarte O, Castillo T, Gómez E, Rey A, Aragón R. El chinche de los pastos: efectos de su ataque y estrategias para su control en fincas lecheras de Cundinamarca y Boyacá. Corpoica, Bogotá, 1998. 18p.
33. Escobar A, Carulla JE. Efecto de la oferta de forraje sobre los parámetros productivos y composicionales de la leche en la Sabana de Bogotá. Rev Colomb Cienc Pecua 2003; 16:67.
34. Fonseca C, Balocchi O, Keim JP, Rodríguez C. 2016. Efecto de la frecuencia de defoliación en el rendimiento y composición nutricional de *Pennisetum clandestinum* Hochst ex Chiov. Agro Sur 2016; 44:67-76.
35. Fulkerson WJ, Nandra KS, Clark CF, Barchia I. Effect of cereal-based concentrates on productivity of Holstein-Friesian cows grazing short-rotation ryegrass (*Lolium multiflorum*) or kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pastures. Liv Sci 2006; 103:85-94.
36. Galindo R, Barreto N, Ospina D. Una metodología muestral sugerida para la estimación de la población de la chinche de los pastos en la Sabana de Bogotá. Agron Colomb 2001; 18:7-13.
37. García I, Barreto N, Corredor G. Evaluación del comportamiento de nueve pastos frente al ataque de *Collaria scenica* (Hemiptera: Miridae) en la Sabana de Bogotá. Rev Colomb Entomol 2002; 28:117-122.
38. Garza J, Barreto N. Fluctuación temporal de la chinche de los pastos *Collaria scenica* (Stal, 1859) (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) en la Sabana de Bogotá. Rev Fac Cienc Basci 2011; 7:166-179.

39. Gómez A, Mendoza GD, García-Bojalil C, Barcena R, Ramos JA, *et al.* Effect of supplementation with urea, blood meal, and rumen-protected methionine on growth performance of Holstein heifers grazing kikuyu pasture. *Trop Anim Health Pro* 2011; 43:721-724.
40. Gómez LM, Posada SL, Olivera M, Rosero R, Aguirre P. Análisis de rentabilidad de la producción de leche de acuerdo con la variación de la fuente de carbohidrato utilizada en el suplemento de vacas Holstein. *Rev Med Vet* 2017; 34 (suplemento):9-22.
41. Granzin BC, Dryden GM. Monensin supplementation of lactating cows feed tropical grasses and cane molasses or grain. *Anim Feed Sci Technol* 2005; 120:1-16.
42. Hawkins J, Weersink A, Wagner-Riddle C, Fox G. Optimization ration as a strategy for greenhouse gas mitigation in intensive dairy production systems. *Agr. Syst* 2015; 137:1-11.
43. Hernández O, Pérez J, Martínez PA, Herrera JG, Mendoza GD, *et al.* Pastoreo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochts.) por borregos en crecimiento a diferentes asignaciones de forraje. *Agrociencia* 2000; 34:127-134.
44. Herrero M, Fawcett RH, Dent JB. Modelling the growth and utilization of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under grazing. 2. Model validation and analysis management practices. *Agr Syst* 2000a; 65: 99-111.
45. Herrero M, Fawcett RH, Silveira V, Busqué J, Bernués A, *et al.* Modelling the growth and utilization of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under grazing. 1. Model definition and parameterization. *Agr Syst* 2000b; 65:73-97.
46. Holmann F, Rivas L, Carulla J, Rivera B, Giraldo L, *et al.* Evolución de los sistemas de producción de leche y su interrelación con los mercados: Un análisis del caso colombiano. CIAT, ILRI, y SLP, Cali, 2003.
47. Hristov AN, Oh J, Firkins JL, Dijkstra J, Kebreab E, *et al.* Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *J Anim Sci* 2013; 91:5045-5069.
48. Ideam (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), PNUD (Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo), MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), y DNP (Departamento Nacional de Planeación). Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100. IDEAM, Bogotá, 2015. 60p.
49. IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change). The final draft report-Technical Assessment. Work group I contribution to the IPCC 5th assessment report "Climate change 2013: The physical science basis". In: T.F. Stockeret al., editors, Cambridge University press, Cambridge, 2013. 1535p.
50. Janssen PH. Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. *Anim Feed Sci Technol* 2010. 160:1-22.
51. Joyce JP. Nutritive value of kikuyu grass. *New Zeal J Agr Res* 2012; 17:197-202.

52. Khumalo TP. Genetic identification of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) cultivars by RAPD and ISST techniques. Tesis MSc., University of KwaZulu-Natal, Durban, 2015; 54p.
53. Knowles MM, Pabón ML, Carulla JE. Use of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and other starchy non-conventional sources in ruminant feeding. Rev Colomb Cienc Pecu 2012; 25:488-499.
54. Kozloski GV, Cadorin RL, Härter CJ, Oliveira L, Alves TP, et al. Effect of supplemental nitrogen source and feeding frequency on nutrient supply to lambs fed a kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) hay-based diet. Small Ruminant Res 2009; 81:112-118.
55. Lee JM, Woodward SL, Waghorn GC, Clark DA. Methane emissions by dairy cows fed increasing proportions of with clover (*Trifolium repens*) in pasture. Proc NZ Grass Asso 2004; 66:151-155.
56. Leng RA. The potential of feeding nitrate to reduce enteric methane production in ruminants. Department of Climate Change, Commonwealth Government of Australia: Canberra, 2008; 90p.
57. Leng RA Interactions between microbial consortia in biofilms: a paradigm shift in rumen microbial ecology and enteric methane mitigation. Anim Prod Sci 2014; 54:519-543.
58. Linares CM, Cárdenas JA. Calibración de rising plate meter para estimar la disponibilidad de material seca en praderas mixtas de *Lolium perenne* – *Pennisetum clandestinum* en el municipio de Cota, Cundinamarca. Tesis pregrado, Universidad de La Salle, Bogotá, 2013; 98p.
59. Mantell A. Effect of irrigation frequency and nitrogen fertilization on growth and water use of a kikuyu grass Lawn (*Pennisetum clandestinum* Hochst). Agron J 1966; 58:559-561.
60. Marais JP. Factors affecting the nutritive value of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) – a review. Trop Grasslands 2001; 35:65-84.
61. Martínez E, Barreto N. La chinche de los pastos *Collaria scenica* Stal. en la Sabana de Bogotá. Ed: Ramírez N. Boletín de Investigación. CORPOICA, Bogotá, 1998; 20p.
62. Mears PT. Kikuyu – (*Pennisetum clandestinum*) as a pasture grass – a review. Trop Grasslands 1970; 4:139-152.
63. Mejía-Taborda AC, Ochoa-Ochoa R, Medina-Sierra M. Effect of different doses of compound fertilizer on the quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov.). Pastos forrajeros 2014. 37:31-37.
64. Mendoza CA. Efecto de la variación en la oferta forrajera sobre el volumen y composición de la leche en explotaciones de la Sabana de Bogotá. Tesis MSc., Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2011; 232p.

65. Mila A, Corredor G. Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. *Rev Corpoica* 2004; 5(1):70-75.
66. Minson DJ. Forage in ruminant nutrition. Ed: Academic Press Inc., CA, 1990;483p.
67. Miyasaka SC, Hansen JD, Fukumoto GK. Resistance to yellow sugarcane aphid: Screening kikuyu and other grasses. *Crop Prot* 2007; 26:503-510.
68. Mojica JE, Castro E, León JM, Cárdenas EA, Pabón ML, *et al.* Efecto de la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. *Rev Corpoica* 2009; 10(1):81-90.
69. Montoya NF, Pino ID, Correa HJ. Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein. *Rev Colomb Cienc Pec* 2004; 17:241-249.
70. Morales A, León J, Cárdenas E, Afanador G, Carulla J. Composición química de la leche, digestibilidad in vitro de la materia seca y producción en vacas alimentadas con gramíneas solas o asociadas con *Lotus uliginosus*. *Rev Med Vet Zootec* 2013; 60(1):32-48.
71. Morris B. Variation and breeding of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*). Tesis PhD., Faculty of Agriculture, Food and Natural Resource, Sidney, 2009; 458p.
72. Moss AR, Jouany JP, Newbold J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Ann Zootech* 2000. 49:231-253.
73. Mottet A, Haan C, Falcucci A, Tempio G, Opio C, *et al.* Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Secur* 2017; 14:1-8.
74. Muscolo A, Sidari M, Panuccio MP. Tolerance of kikuyu grass to long term salt stress is associated with induction of antioxidant defenses. *Plant Growth Regul* 2003; 41:57-62.
75. Muscolo A, Panuccio MR, Eshel A. Ecophysiology of *Pennisetum clandestinum*: a valuable salt tolerant grass. *Environ Exp Bot* 2013; 92:55-63.
76. Nahed J, Solís C, Grande D, Sanginés L, Mendoza G, *et al.* Evaluation of the use of *Buddleia skutchii* tree leaves and kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) grass hay in sheep feeding. *Anim Feed Sci Technol* 2003; 106:209-217.
77. Palmquist DL, Jenkins TC. Fat in lactation rations: Review. *J Dairy Sci* 1980; 63:1-14.
78. Panuccio MR, Sidari M, Muscolo A. Effects of different salt concentrations and pH conditions on growth of *Pennisetum clandestinum* Hochst. (kikuyu grass). *Frese-nius Environ Bull* 2002.11:295-299.
79. Parales JE, Pabón ML, Carulla JE. Supplementation with corn oil and palm kernel oil to grazing cows: ruminal fermentation, milk yield, and fatty acid profile. *Rev Bras Zootec* 2016; 45:693-703.

80. Pardo O, Carulla JE, Hess HD. Efecto de la relación proteína y energía sobre los niveles de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre y leche, de vacas doble propósito del pie de monte llanero, Colombia. *Rev Colomb Cienc Pecu* 2008; 21:387-397.
81. Parra AS, Menjivar JC, Alava CA, Gómez HF. 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: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo, editor, XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo, Santo Domingo, 2010; p 1-10.
82. Peña AJ, Arce BA, Ayarza MA, Lascano CE. Simulación de requerimientos hídricos de pasturas en un escenario de cambios climáticos generados con análisis espectral singular. *Acta Agron* 2010; 59:1-8.
83. Pinares CS, Waghorn GC, Machmüller A, Vlaming B, Molano G, *et al.* Methane emissions and digestive physiology of non-lactating dairy cows fed pasture forage. *Can J Anim Sci* 2007; 87:601-613.
84. Pulido JI. Caracterización de los sistemas de producción de leche del trópico de altura en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca. Informe técnico final. CORPOICA, Bogotá, 2005; 112p.
85. Reed KF, Bonfá HC, Dijkstra J, Casper DP, Kebreab E. Estimating the energetic cost of feeding dietary nitrogen to dairy cows. *J Dairy Sci* 2017; 100:7116-7126.
86. Reeves M, Fulkerson WJ, Kellaway RC. Production response of dairy cows grazing well-managed kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) pastures to energy and protein supplementation. *Aust J Exp Agr* 1996; 36:763-770.
87. Rodríguez TA. Estudio del efecto del aceite esencial de orégano de monte (*Lippia origanoides*) del Alto Patía sobre la metanogénesis y la actividad fibrolítica del ecosistema ruminal. Tesis MSc., Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2014;123p.
88. Ruiz JD, Villar D, Correa HJ, Noreña JM, Roldán, *et al.* Niveles de nitrato en pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. Ex Chiov.) Morrone) fertilizado con urea en el altiplano Antioqueño, Colombia. *Rev CES. Med. Vet* 2014; 9(1):52-57.
89. Sánchez L, Amado GM, Criollo PJ, Carvajal T, Triana J, *et al.* El aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano. CORPOICA, y Ed. Produmedios, Bogotá, 2009; 56p.
90. Sanginés GL, Nahed TJ, Juárez SME, Pérez-Gil RF. *In vivo* and *in situ* digestibilities and nitrogen balance of *Buddleia skutchii* as a sole component and mixed with *Pennisetum clandestinum* in sheep diets. *Small Rumin Res* 2007; 69:129-135.
91. Sidari M, Panuccio MR, Muscolo A. Influence of acidity on growth and biochemistry of *Pennisetum clandestinum*. *Biol Plantarum* 2004; 48:133-136.
92. Soto C, Valencia A, Correa HJ. Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Rev Colomb Cienc Pecu* 2005; 18:17-26.

93. Swanepoel PA, Botha PR, du Preez CC, Snyman HA. Physical quality of a podzolic soil following 19 years of irrigated minimum-till kikuyu-ryegrass pasture. *Soil Till Res* 2013; 133:10-15.
94. Travaskis LM, Fulkerson WJ, Nandra KS. Rice increases productivity compared to other carbohydrate supplements in dairy cows grazing kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), but not ryegrass (*Lolium multiflorum*), pastures. *Liv. Prod. Sci* 2004; 87:197-206.
95. Ulyatt MJ, Lassey KR, Shelton ID, Walker CF. Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass-dominant pastures in midsummer in New Zealand. *New Zeal. J. Agr. Res* 2002; 45:227-234.
96. Uribe A. Anotaciones sobre los nitratos, los nitritos y otras sustancias nitrogenadas en el pasto kikuyo. *Rev. ACOVEZ* 1985; 9:37-40.
97. Van-Der Colf J. The production of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pastures over-sown with ryegrass (*Lolium spp.*). Tesis MSc., Universidad of Pretoria, Pretoria, 2011; 227p.
98. Vargas J, Mojica J, Pabón M, Carulla J. Oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), tercio de lactancia y perfil de ácidos grasos lácteos. *Rev. MVZ Córdoba* 2013; 18:3681-3688.
99. Vargas J, Pabón M, Carulla J. Producción de metano *in vitro* en mezclas de gramíneas-leguminosas del trópico alto colombiano. *Arch Zootec* 2014a. 63:397-407.
100. Vargas JJ, Cárdenas E, Martínez N, Pabón M, Carulla J. Efecto de la inclusión de lotus en una dieta basada en kikuyo sobre la emisión de metano entérico de ovinos. En: *Primera Conferencia de Gases Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de Latinoamérica*. Alfaro et al., editores, Ed. Imprenta América, Osorno, 2014b; p. 85-86.
101. Vela JF, Vargas M. Caracterización de la dinámica de producción de materia seca del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) asociado con árboles en pastoreo para la producción de leche en el trópico alto colombiano. *Rev. Med. Vet* 2009; 2:27-40.
102. Whitney AS. Growth of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under clipping. 2. Regrowth characteristics in relation to nitrogen fertilization and climate. *Agron J* 1974; 66:763-767.
103. Wong PTW, Wilson GPP. Reaction of kikuyu cultivars and breeding lines to kikuyu yellows disease. *Australas Plant Path* 1983. 12:47-48.