

EFFECTO DE PROTEOBACTERIA SOBRE LA RESPUESTA DE CRECIMIENTO
FOLIAR DE *Pennisetum clandestinum* BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO EN EL MUNICIPIO DE POPAYAN



KELLY JUDITHZA MAZABUEL MAZABUEL
EVERTH ALONSO ROMERO CAMAYO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIA AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2023

EFFECTO DE PROTEOBACTERIA SOBRE LA RESPUESTA DE CRECIMIENTO
FOLIAR DE *Pennisetum clandestinum* BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO EN EL MUNICIPIO DE POPAYAN

KELLY JUDITHZA MAZABUEL MAZABUEL
EVERTH ALONSO ROMERO CAMAYO

Trabajo de grado en la modalidad investigación para optar por el título de
Ingenieros Agropecuarios

Director
M. Sc. DANIA FONSECA LÓPEZ

Codirector
Ph. D. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2023

Nota de aceptación

Los directores y el jurado han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

M. Sc. DANIA FONSECA LÓPEZ
Directora

Ph. D. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA
Director

Presidente del jurado

DEDICATORIA

Dedico este proceso a Dios, mi madre, padre, hermanas e hijo, por estar apoyándome en este transcurso de carrera, por motivarme a seguir adelante y persistir conmigo en todos los momentos. A Isabel y su familia que con su amor incondicional para con mi hijo lograron darme tranquilidad y el apoyo necesario para continuar y así lograr mis objetivos; de igual manera a mi tía Rubí y su familia quienes me ayudaron y comprendieron en el tiempo de adversidad.

Agradezco al grupo de investigación NUTRIFACA, principalmente al profesor Nelson Vivas, por tenernos en cuenta para este proceso, de igual manera a la directora de tesis Dania Fonseca por su orientación para con este trabajo. A la profesora Martha Almanza quien estuvo dispuesta a colaborarnos y guiarnos para culminar este trabajo. A mi familia por su paciencia y apoyo en este proceso. Agradezco a mi compañero de tesis, por tenerme en cuenta para este trabajo, sus palabras de aliento en los momentos difíciles y su colaboración en tiempos de adversidad. Agradezco a Rubén, Natalia, James por ser tan buenos compañeros y sobre todo amigos, con quienes viví gratas experiencias, agradezco a cada uno por sus consejos en los diferentes momentos, quienes dieron un empujón para culminar esta carrera.

Kelly J. Mazabuel

La tesis está dedicada principalmente a Dios por permitirme reunir las fuerzas para lograr esta hazaña. Extiendo mi gratitud a mi madre María Betty Camayo, mi tío Jesús Herney Camayo y a mis abuelos Aldemar camayo y Alda Inés Valencia, por su inquebrantable apoyo y aliento. Además, a quienes creyeron en mí y me dieron el impulso necesario para salir hacia adelante.

Al finalizar un trabajo tan arduo y con algunas dificultades como el desarrollo de una tesis, donde con lleva tiempo, paciencia, dedicación y todo el profesionalismo que se requiere. Es por ello, para mí es un placer expresar mi agradecimiento a nuestro codirector Nelson vivos por incorporarnos en el proyecto y al grupo NUTRIFACA. El trabajo de investigación es siempre el resultado de ideas, proyectos y esfuerzos correspondientes de otros, en este caso mis agradecimientos a nuestra directora Dania Fonseca López ya que nuestro trabajo está enmarcado en su tesis doctoral, a los docentes por sus conocimientos rigurosos, precisos y de apoyo en especial profesor Román Stechauner (QEPD), profesor Iván Paz y la profesora Martha Almanza por orientarme y motivarme en momentos de dificultad, a mi familia que han sido el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, a mi compañera de tesis por el apoyo y constancia a lo largo de nuestro trabajo y finalmente pero no menos importante quiero agradecerme a mí, por creer en mí, por hacer todo este trabajo duro y por no renunciar.

Everth A. Romero Camayo

CONTENIDO

INTRODUCCION	11
1. MARCO REFERENCIAL	14
1.1 Localización.....	14
1.2 MARCO TEORICO.....	15
1.2.1 Rizósfera.....	15
1.2.2 Microorganismos del suelo	15
1.2.3 Proteobacteria.....	16
1.2.4 Fertilizante	16
1.2.5 Fijación biológica de nitrógeno.....	17
1.2.6 Pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	18
1.2.7 Descripción del Kikuyo.....	18
1.2.8 Efecto del déficit hídrico en la producción de forraje.....	20
1.2.9 Efecto del uso de biofertilizantes sobre la producción de forraje	21
1.3 MARCO HISTORICO	23
2. METODOLOGIA.....	25
2.1 Siembra	25
2.2 Diseño experimental.....	26
2.3 Variables a evaluar.....	28
2.3.1 Variables directas	28
2.3.2 Variables indirectas.....	29
2.4 Condición de estrés hídrico	29
2.5 Análisis estadístico	31
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
3.1 Número de hojas y estolones	32
3.2 Masa fresca de hojas y tallos.	35
3.3 Altura	39
3.4 Longitud hoja bandera.....	41
3.5 Área foliar	42

3.6 N total de suelo y foliar	43
3.7 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)	46
3.8 Tasa relativa de crecimiento (TRC)	47
3.9 Modelos logísticos	48
4 CONCLUSIONES	50
5 RECOMENDACIONES	51
6. BIBLIOGRAFIA	52
7. ANEXOS	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. clasificación taxonómica del Kikuyo	19
Tabla 2. Resultados de investigaciones en kikuyo utilizando biofertilizantes en diferentes cultivos.	22
Tabla 3. Diseño experimental resumen de la fase de invernadero.	26
Tabla 4. Características del suelo que se utilizó como soporte.	27
Tabla 5. Medición de variables indirectas	29
Tabla 6. número de estolones de Pennisetum clandestinum inoculado con proteobacteria.....	33
Tabla 7. Número de hojas de Pennisetum clandestinum inoculado con proteobacteria.....	34
Tabla 8. Materia seca (%) hojas de Pennisetum Clandestinum inoculado con proteobacteria.....	35
Tabla 9. Materia seca (%) de tallos de Pennisetum Clandestinum inoculado con proteobacteria.....	36
Tabla 10. Materia seca (%) total de Pennisetum Clandestinum inoculado con proteobacteria.....	38

Tabla 11. Altura (cm) total de Pennisetum Clandestinum inoculado con proteobacteria.....	40
Tabla 12. Longitud de hoja bandera (cm) total de Pennisetum Clandestinum con Proteobacteria.....	41
Tabla 13. Área foliar de Pennisetum Clandestinum inoculado con proteobacteria.....	43
Tabla 14. N total suelo (g/100g) y N foliar (%) de Pennisetum Clandestinum inoculado con proteobacteria.....	44
Tabla 15. Modelos logísticos que predicen el crecimiento de Pennisetum clandestinum.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica de la facultad de Ciencias Agrarias.	14
Figura 2. Tanque evaporímetro.....	30

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1. Tasa absoluta de crecimiento (TAC)	46
Gráfico 2. Tasa relativa de crecimiento (TAC)	47

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.Resultado análisis de suelos.....	60
Anexo 2. nitrógeno disponible y requerimiento de nitrógeno	61

RESUMEN

Los biofertilizantes se destacan como una tecnología limpia, por el uso de microorganismos implicados en los procesos nutritivos de las plantas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de proteobacteria sobre la respuesta de crecimiento foliar en *Pennisetum clandestinum* bajo condiciones de invernadero; a partir del análisis de la dinámica de crecimiento de *Pennisetum clandestinum* inoculado con proteobacteria bajo condiciones de invernadero y determinación de modelos estadísticos para predecir el comportamiento de *Pennisetum clandestinum* a partir de masa total, masa de hojas y área foliar. El biofertilizante aplicado correspondió a bacteria rizosférica del orden proteobacteria, obtenida en el laboratorio de biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca. Se inoculó en la base de cada estolón 0,5 ml de suspensión bacteriana a una concentración de 10^8 UFC. El trabajo se desarrolló en un diseño completamente al azar en condiciones de invernadero con un arreglo factorial, se evaluaron cinco tratamientos: T1 100% Químico + 100% Biofertilizante; T2 50% Químico + 50% Biofertilizante; T3 100% Biofertilizante; T4 100% Químico, T5 testigo sin ninguna aplicación. Las variables evaluadas fueron, directas: número de hojas y estolones, masa fresca de tallos y hojas, área foliar, altura; variables indirectas: tasa absoluta de crecimiento (TAC) y tasa relativa de crecimiento (TRC). (Evaluados en 2 ciclos productivos, 35 días cada uno). Los resultados indicaron que la inoculación de proteobacteria (T3) influyo sobre el crecimiento del kikuyo significativamente, obteniéndose la mejor dinámica de crecimiento (TAC) y (TRC) de *Pennisetum clandestinum* en función de las variables evaluadas rendimiento de materia seca y los modelos estadísticos con los valores más altos (0,9) para las variables masa total (%), masa de hojas (%) y área foliar (cm²).

Palabras claves: Biofertilizante, proteobacteria, *Pennisetum clandestinum*.

SUMMARY

Biofertilizers stand out as a clean technology, due to the use of microorganisms involved in the nutritional processes of plants. The aim of this study was to evaluate the effect of proteobacteria on the response of leaf growth in *Pennisetum clandestinum* under greenhouse conditions; the analysis of growth dynamics of *Pennisetum clandestinum* inoculated with proteobacteria under greenhouse conditions, in addition to determining statistical models that predict the behavior of *Pennisetum clandestinum* based on total mass, leaf mass and leaf area. The applied biofertilizer corresponded to rhizospheric bacteria of the order Proteobacteria, obtained from the biotechnology laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the Universidad del Cauca. Each stolon was inoculated with 0.5 ml of bacterial suspension at a concentration of 10^8 cfu. The work was developed in a completely randomized design under greenhouse conditions with a factorial arrangement, five treatments were evaluated: T1 100% Chemical + 100% Biofertilizer; T2 50% Chemical + 50% Biofertilizer; T3 100% Biofertilizer; T4 100% Chemical, T5 control without any application. The direct variables evaluated were: number of leaves and stolons, fresh mass of stems and leaves, leaf area, height; indirect variables: absolute growth rate (AGR) and relative growth rate (RGR). (Evaluated in 2 productive cycles, 35 days each). The results concluded that the biofertilizer proteobacteria (T3); The treatment with the best performance in the growth dynamics (TAC) and (TRC) of *Pennisetum clandestinum* according to the evaluated variables was T3, showing the highest yield where the accumulation of dry matter is found. Similarly, T3 was efficient in the statistical model with the highest values (0.9) for the variables total mass (%), mass of leaves (%) and leaf area (cm^2).

Keywords. Biofertilizer, proteobacteria, *Pennisetum clandestinum*

INTRODUCCION

En Colombia la ganadería contribuye con el 1,4 % del producto interno bruto (PIB) nacional, en el sector agropecuario aporta 21,8% y en el pecuario 48,7% del PIB, según la Federación Nacional de Ganaderos (Fedegán, 2017) La alimentación de los rumiantes se basa principalmente en forrajes; entre tanto, el adecuado manejo de las praderas es imprescindible para la obtención de alimento a bajo costo en los sistemas de producción. De acuerdo con (Domingo et al., 2010) para que *Pennisetum clandestinum* mantenga alta productividad se requiere de la aplicación de fertilización nitrogenada, debido a que aumentan el rendimiento de materia seca, proteína por unidad de área y producción foliar cuando se dispone de suelos óptimos. Sin embargo, la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados genera pérdidas económicas, debido a que por cada kilogramo de fertilizante aplicado solo el 40% es absorbido por la planta, el 60% se pierde por lixiviación y evaporación, de acuerdo con la Universidad Nacional (Agencia UNAL, 2014). Como consecuencia hay infertilidad del suelo reduciendo la eficiencia de otros componentes, que intervienen en el crecimiento de las plantas (Sacsá, 2015).

Las actividades agrícolas contribuyen alrededor del 30% de las emisiones totales de gases efecto invernadero (GEI), debido principalmente al uso de pesticidas y desechos animales, mencionado por (Organismo Internacional de Energía Atómica IAEA, 2012). Cuando hay estrés las plantas representan cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos (Intagri S.C., 2017) que generan daños irreversibles al metabolismo y al desarrollo de la planta (Porch y Hall, 2013) además, en el suelo las altas temperaturas pueden disminuir el crecimiento de los microorganismos (Universidad de Granada, 2005), lo que contribuye a una menor eficiencia en la solubilidad de los minerales por afectación de las poblaciones microbianas.

Sin embargo, la diversidad de bacterias en el suelo puede reducir la afectación de las plantas por estrés ambiental, pero son escasos los estudios enfocados por

cultivos, donde reporten biofertilizantes que permitan reducir la aplicación de fertilizantes químicos y que contribuyan a la adaptación de los forrajes a condiciones de estrés hídrico.

La fertilización influye en la producción y el valor nutritivo del forraje, por la función estructural que cumplen los nutrientes en la planta, por ejemplo; el nitrógeno es un factor importante para la producción animal, ya que favorece la obtención de materia seca y la concentración de proteína cruda de los pastos (Robinson et al., 2006). Sin embargo, son pocas las opciones para proporcionar nitrógeno a los forrajes a partir de fuentes no sintéticas, debido a esto surgen productos como los abonos, el compost y el uso de biofertilizantes (Silva et al, 2014).

Este último es una alternativa para el manejo adecuado de los fertilizantes nitrogenados, se destaca como una tecnología limpia (Sánchez et al., 2016) y consiste en el uso de microorganismos implicados en los procesos nutritivos de las plantas (J. Rojas & Moreno, 2008), estos promueven el crecimiento de la planta al suplir o complementar los aportes de fertilizantes minerales que son beneficiosos para las praderas (Silva et al, 2014). Son una alternativa viable y sumamente importante para lograr un desarrollo agrícola sostenible, ya que permiten una producción a bajo costo, no contaminan el ambiente y mantienen la conservación del suelo desde el punto de vista de fertilidad y biodiversidad (Alfonso et al., 2005).

Las respuestas y la adaptación de las plantas ante el déficit hídrico es tratar de sobrevivir a los ambientes hostiles, cuando este se da gradualmente las plantas pueden presentar respuesta de aclimatación y disminuyen en la producción foliar en tanto que incrementa el crecimiento radicular (Moreno, 2009).

Tradicionalmente la fertilización de *Pennisetum clandestinum* se basa en fertilizantes nitrogenados (Ortiz, 2015). Por lo tanto, esta investigación enmarcada en la tesis doctoral ID 5150 evaluación del efecto de un biofertilizante fijador de nitrógeno sobre la diversidad de bacterias de rizosfera y la respuesta agronómica de *Pennisetum clandestinum*, brindó información del efecto de la proteobacteria sobre el crecimiento foliar de *Pennisetum clandestinum* bajo condiciones de invernadero en el municipio de Popayán, como alternativa de fertilización orgánica que permita reducir la dependencia a los fertilizantes de síntesis química para contribuir con la conservación del medio ambiente (Camejo et al., 2010).

Como objetivo general se planteó; evaluar el efecto de proteobacteria sobre la respuesta de crecimiento foliar en *Pennisetum clandestinum* bajo condiciones de invernadero. Por otra parte, como objetivos específicos se desarrolló; analizar la dinámica de crecimiento de *Pennisetum clandestinum* inoculado con proteobacteria bajo condiciones de invernadero; determinar modelos estadísticos que predigan el comportamiento de *Pennisetum clandestinum* a partir de masa total, masa de hojas y área foliar.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Localización

La investigación se llevó a cabo en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca (figura 1), ubicada en el Km 1 vereda las Guacas; Municipio de Popayán, departamento del Cauca-Colombia con las siguientes condiciones: elevación 1869 msnm, 2°28'12,99" latitud norte y 76°33'03,42" longitud oeste, temperatura promedio de 18°C, precipitación promedio anual de 2000 mm y humedad relativa entre 80-90% (Estación meteorológica Guillermo León Valencia 2603503).

Figura 1: Ubicación geográfica de la facultad de Ciencias Agrarias.



Fuente: Google Earth Pro-Romero, 2021.

a. Facultas de Ciencias Agrarias- imagen satelital; b. invernadero; c. Estructura manejo del Kikuyo

Los suelos de la meseta de Popayán son derivados de cenizas volcánicas (Andisoles), en general son suelos recientes y jóvenes (Entisoles e Inseptisoles), según el resultado de análisis de suelo realizado por Campolab (anexo 1) arrojo un pH de 5,4, con textura franco-arcillo-arenosa (FArA) y porcentaje de materia orgánica de 9,2.

1.2 MARCO TEORICO

1.2.1 Rizósfera

La rizósfera se entiende como la zona especializada entre las raíces y el suelo, donde existe gran actividad microbiana (Fertilab, 2015). De acuerdo con (Lugtenberg & kamilova, 2009) la comunidad microbiológica de la rizósfera es diversa y dinámica, allí se generan diferentes procesos relacionados con el agua, nutrición mineral, intercambio de cationes y producción de exudados entre muchos otros, que la hacen diferente al resto del suelo en sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Jaramillo, 2011).

1.2.2 Microorganismos del suelo

Los microorganismos del suelo son los principales promotores del ciclo de nutrientes, al regular la dinámica de la materia orgánica en el suelo, contribuyen así a la sostenibilidad de todos los ecosistemas. Entre los muchos microorganismos que viven en la rizosfera, se incluyen bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno, hongos micorrícicos y bacterias de la rizosfera que crecen en plantas (Correa, 2013).

Las bacterias diazotróficas juegan un papel fundamental en la fijación biológica de nitrógeno (FBN), que constituye el principal aporte biológico del nitrógeno a la biosfera (Baca et al., 2010). Reduciendo el nitrógeno atmosférico no asimilable por las plantas a amonio, ayudando así a suplir carencias de este elemento en los cultivos, por lo tanto, son de gran importancia agrícola (Navarro et al., 2016).

1.2.3 Proteobacteria

El orden proteobacteria se caracteriza por agrupar bacterias de forma bacilar, las cuales pueden llegar a formar filamento vegetativo ramificado. Comprende bacterias aerobias gram positivas, su pared celular contiene ácido micólico, se encuentran ampliamente distribuidos en el suelo, el agua y los sedimentos marinos, debido a su flexibilidad metabólica y su tolerancia a diversas tensiones (Donini et al., 2021).

Éstos aislados puede ser utilizados en la degradación de compuestos orgánicos, entre los cuales se incluyen los hidrocarburos policíclicos aromáticos, herbicidas, nitrilos aromáticos y anilinas halogenadas, entre otros, la diversidad metabólica de los miembros de este orden los hace ser candidatos ideales para su utilización en bioprocesos, con un gran potencial tanto en aplicaciones industriales como ambientales (N. Sánchez et al., 2004).

Según investigaciones (Tabla 2) estos aislados en una buena concentración produce mayor número de brotes y raíz, por otro lado, en condiciones de invernadero al aplicar bacterias en pasto desarrollan mayor contenido de forraje y de proteína (Romo et al., 2010).

1.2.4 Fertilizante

Los fertilizantes proporcionan las sustancias que el suelo y el cultivo necesitan para crecer y desarrollarse de manera adecuada, los nutrientes que aportan a la tierra son nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K), por eso la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) lo define como cualquier material natural o industrializado que contenga al menos 5% de uno o más de los tres

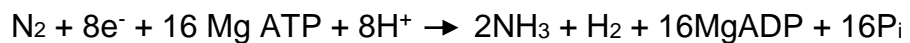
nutrientes primarios que necesitan las plantas, para aumentar la producción y garantizar la viabilidad de la cosecha (FAO, 2002).

1.2.5 Fijación biológica de nitrógeno

El nitrógeno (N) es un elemento esencial en la composición de proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes celulares, por lo que es una molécula esencial para el crecimiento de todos los organismos. Para ser utilizado en el crecimiento, primero se debe reducir y luego "fijar" en forma de iones de amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-) (Mayz-Figueroa, 2004).

Ciertos microorganismos emplean un proceso conocido como fijación biológica de nitrógeno (FBN), para convertir el nitrógeno atmosférico en amoníaco con la ayuda de la enzima nitrogenasa, este amoníaco se utiliza luego para producir proteínas (Paredes, 2013). La mayor parte del nitrógeno fijado en los ecosistemas terrestres, se realiza mediante la asociación simbiótica de bacterias de los géneros *Rhizobium* con plantas leguminosas (Mercedes et al., 2002).

En la FBN se toma el nitrógeno (N_2) gaseoso de la atmósfera atado por un complejo enzimático denominado nitrogenasa. Esta enzima se compone de un cofactor central de Molibdeno-Hierro (Mo-Fe) que estrictamente hidroliza 8 equivalentes de Mg ATP por N_2 reducido a NH_3 , este costoso proceso es representado por la reacción cinética de Thornley que en condiciones óptimas se comporta según la siguiente reacción (Hoffman et al., 2009).



Reacción de Thornley

La FBN es un proceso altamente dependiente de ATP al consumir aproximadamente 16 moléculas por mol de N₂ reducido. Este alto costo energético conlleva a los microorganismos a inactivar la enzima cuando está disponible el nitrógeno combinado, evitando un gasto energético innecesario (Fuentes & Caballero, 2005).

1.2.6 Pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

El kikuyo es una gramínea originaria del centro y este de África, lo que incluye países como Etiopía, Kenia, Tanzania, Uganda, Ruanda y Congo. Debe su nombre a los Kikuyo, una tribu asentada en Kenia de donde esta gramínea es originaria, fue introducida en algunas regiones de África, Oceanía, Europa, centro y sur América (Vargas et al., 2018). El pasto Kikuyo es mayormente utilizado en Colombia por los diferentes sistemas de producción de leche (Arango et al., 2017).

1.2.7 Descripción del Kikuyo

Kikuyo es un pasto tropical perenne fotosintético C4 adaptado a clima subtropical (García et al., 2014), el kikuyo es una gramínea originaria de las zonas altas entre 1950-2700 msnm, con precipitaciones entre los 1000-1600 mm (Vargas et al., 2018). Este se comporta bien en suelos de alta fertilidad arcillosos especialmente en suelos bien estructurados, pero también en suelos arenosos, húmedos aluviales y fertilizados. Tolera un pH bajo (4,5) con altos contenidos de Aluminio y Manganeso, así como salinidad moderada (García et al., 2014a).

Es una de las gramíneas más difundidas y adaptadas en la zona andina de Colombia, por su agresividad y rusticidad es una especie forrajera que presenta buenas cualidades para conservación de suelos; además, en esta zona geográfica donde la temperatura y radiación solar hacen que el crecimiento tenga un

comportamiento continuo durante todo el año, siempre que haya condiciones de temperatura y humedad (García et al., 2014; Van Der Colf et al., 2014). Se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera (tabla 1).

Tabla 1. clasificación taxonómica del Kikuyo

Reino	Plantae
Subreino	Traqueobionta (plantas vasculares)
Super división	Spwematophyta (plantas con semilla)
División	Magnolophyta (plantas con flor)
Clase	Liliopsida (monocotiledóneas)
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	Pennisetum
Especie	<i>Pennisetum clandestinum</i>

Fuente: (Parker, 2022)

Esta especie se caracteriza por que en los nudos de sus rizomas presenta unas pequeñas raíces, retoños y ramificaciones que le ayudan a formar un césped denso, sus hojas son laminares y angostas que llegan a medir entre 0.1–0.2 metros de largo y entre 8–15 milímetros de ancho. Además, presenta raíces profundas, sus flores son frágiles y delicadas, los estambres blanquecinos brillantes y de poca duración, aparecen al principio de la mañana y tienden a desaparecer con el calor del sol (Martínez, 2020).

Para la fertilización del *Pennisetum clandestinum* la aplicación de fertilizantes nitrogenados, es una de las condiciones básicas para lograr una óptima producción de materia seca en praderas de kikuyo (García et al., 2014a).

1.2.8 Efecto del déficit hídrico en la producción de forraje

La sequía es un periodo del año, durante el cual la lluvia resulta insuficiente para que los cultivos crezcan, generalmente vienen acompañadas de elevadas temperaturas y altas tasas de evaporación que ocasionan un déficit hídrico severo.

La prolongación de la época seca tiene un impacto negativo en la cantidad y la calidad del forraje, resultando en una gran reducción de la producción forrajera (Putnam, 2018). Que afectan negativamente las relaciones hídricas internas, la fisiología y la morfología de las plantas, lo cual limita la producción de forraje e incluso la supervivencia de las especies (De Mattos et al., 2005).

Algunos de los aspectos en las plantas que son afectados por el déficit hídrico son: la turgencia de los tejidos de las plantas, la absorción de los nutrientes, la translocación de sustancias orgánicas e inorgánicas, los procesos metabólicos y reacciones bioquímicas, entre otros (Atencio et al., 2014). Es por esto que influye en el rendimiento de los cultivos y cuando el agua no se suministra en cantidades requeridas afecta crecimiento y ganancia, la magnitud de la afectación varía según la especie y la etapa de crecimiento (Ismail & Depeweg, 2005), pero todos los cultivos presentan mayor sensibilidad al déficit hídrico durante todo su ciclo vegetativo (Doria & Madramootoo, 2012; Zaikin & Butcher, 2008).

1.2.9 Efecto del uso de biofertilizantes sobre la producción de forraje

Según Dibut, (2009) como se citó en (Sánchez et al., 2011) el término biofertilizante puede definirse como una preparación que contiene células vivas de cepas microbianas eficaces que pueden fijar nitrógeno, solubilizar fósforo o potenciar diversos nutrientes. Se aplican al suelo con el propósito de incrementar el número de estos microorganismos en el medio para acelerar el proceso microbiano, aumentando los nutrientes que pueden ser absorbidos por la planta, o se hagan más rápidos los procesos fisiológicos que afectan en el crecimiento y desarrollo.

Para obtener una mejor respuesta del forraje, se recomienda utilizar biofertilizantes, los cuales deben ser utilizados primero como complemento a los fertilizantes sintéticos, con el objetivo de reemplazarlos a mediano y largo plazo de acuerdo con las condiciones del suelo y de manejo.

La utilización de cepas nativas de microorganismos en la elaboración de fertilizantes, presentan mayores posibilidades de efectividad en el campo por estar adaptadas a las condiciones de cada región (Armenta et al., 2010). Los productos de biofertilizantes no son tóxicos, ni peligrosos y son fáciles de manejar, no requieren grandes espacios de almacenamiento generando beneficios que mejoran el rendimiento, disminuye el costo de fertilización por hectárea, se efectúa una reducción de fertilizante químico al suelo, aportando al cuidado del medio ambiente (Morales, 2017).

La investigación realizada por (Hernández et al., 2018) afirma que los biofertilizantes aumentan los forrajes, ofreciendo rendimientos elevados, a pesar de contar con bajos suministros de agua, permitiendo de esta manera contar con forraje en épocas de estiaje y mejorando la productividad del suelo mediante la fijación biológica de

minerales, a continuación, se presentan investigaciones realizadas con biofertilizantes (tabla 2).

Tabla 2. Resultados de investigaciones en kikuyo utilizando biofertilizantes en diferentes cultivos.

MICROORGANISMO	CULTIVOS	EFEECTO	FUENTE
<i>Azotobacter A15M2G</i>	<i>Rhapanus sativus</i>	Aumentar la población microbiana. Contribuye a las actividades nutricionales de las plantas.	(Lara et al., 2011)
<i>Trichoderma harziamum</i> <i>Trichoderma viride</i> Micorrizas (<i>glomus</i>)	<i>Lotus corniculatus</i>	Incremento en altura, número y longitud de ramas.	(Santacoloma et al., 2017)
Cepa de <i>Arthrobacter arilaitensis</i> (MG547869) cepa de <i>Streptomyces pseudovenezuelae</i> (MG547870)	<i>Zea maíz</i>	Acido indolacético (IAA) producción de sideróforos, solubilización de P, producción de amoniaco, Cianuro de Hidrogeno (HCN) y actividad desaminasa (ACC).	(Boubekri et al., 2022)
<i>Azotobacter</i> (BFN 25)	(<i>Oryza sativa</i>)	Desarrollo de las plantas en las etapas más tempranas, estimula la germinación, acelera el crecimiento de las plantas y mayor producción.	(J. Rojas & Moreno, 2008)

Bacterias y hongos filamentosos	<i>Lactuca sativa</i>	Incremento de longitud de hojas, área foliar, número de hojas, peso fresco y seco de la planta evaluada.	(Castellanos et al., 2015)
<i>Rhodopseudomonas sp.</i> <i>Lactobacillus sp.</i> <i>Saccharomyces sp.</i>	<i>Pennisetum purpureum</i>	Incremento de forraje verde y recuperación de suelos.	(Gutiérrez & Tovar, 2015)

1.3 MARCO HISTORICO

En las civilizaciones antiguas de Egipto, Asia, Grecia y Roma conocían el efecto positivo de las plantas leguminosas sobre la fertilidad de los suelos, por ello eran utilizadas en abonos verdes, asociaciones y rotación de cultivos, también con los primeros inmigrantes que llegaron al continente americano, encontraron a los indios en la costa Atlántica con cultivos de leguminosas nativas junto con el maíz, esta práctica es un ejemplo de cultivos asociados (Correa, 2013).

A partir del siglo XVIII se han inoculado hongos en las plántulas de roble, para aumentar el rendimiento de la trufa. Esto sucedió antes de que se estableciera la palabra "micorriza" en 1885 (De Sally & Read, 2008). En el siglo XIX la agricultura en Europa mostraba un gran proceso con leguminosas, en Alemania se indicaba que estas eran acumuladoras de Nitrógeno, en 1888 Beijerinck aisló la bacteria y la llamo "*Bacillus radicícola*" que después fue renombrada como *Rhizobium* y se demostró el efecto beneficioso que tenía sobre el suelo (Correa, 2013). Con la llegada de la revolución verde a mediados del siglo XX y la aparición de fertilizantes químicos, se perdió la necesidad de utilizar los rizobios como biofertilizantes (Ramírez et al., 2016).

La bacteria *Gluconacetobacter diazotrophicus* fue aislada por primera vez por Calvante y Döbereiner en 1988 según (Ríos & Dibut, 2007) , a partir de raíces y tallos de diferentes variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) cultivadas en diferentes regiones de Brasil. Fue descrita como “una nueva bacteria fijadora de nitrógeno tolerante al ácido” la cual recibió el nombre de *Saccharobacter nitrocaptans*, que después se le daría el nombre de *Acetobacter nitrocaptans*, el descubrimiento de *G. Diazotrophicus* serviría como modelo pionero de la bacteria endófito fijadora de nitrógeno, pero además abriría un nuevo capítulo en la investigación sobre fijación de nitrógeno en plantas no leguminosas” (Ríos & Dibut, 2007).

2. METODOLOGIA

2.1 Siembra

Para evaluar la respuesta de crecimiento de la rizobacteria en *Pennisetum clandestinum* se siguió la metodología propuesta por (Romero et al., 2019) utilizada en el Centro de Investigación Tibaitatá (Agrosavia). Para esto, las unidades experimentales fueron materas de plástico con capacidad de 2 kg conforme investigaciones previas (Rojas et al., 2011; Romero et al., 2019).

En cada matera se sembraron en forma circular 15 rizomas de kikuyo con 9 cm de longitud, el número de estolones reportado en este tipo de evaluaciones varia de 2 estolones por matera (Romero et al., 2019), de 5 y 12 plantas para los tratamientos control y de 6 a 20 plantas para las evaluaciones con fertilización nitrogenada (Castanheira et al., 2014). El suelo utilizado fue esterilizado por solarización (uso de la energía solar) para reducir la carga microbiana y macrofauna durante 30 días (Abril et al., 2017), para esto se dejó el suelo al aire libre a una temperatura aproximada de 37°C (Romero et al., 2019).

El efecto de los microorganismos aplicados al suelo se evaluó únicamente en relación con el crecimiento de la planta (medida realizada con cinta métrica desde el suelo hasta la altura sin disturbar de la hoja bandera). No se realizó análisis microbiológico inicial y final al suelo, teniendo en cuenta que esta actividad no hace parte de ningún objetivo del trabajo.

2.2 Diseño experimental

El trabajo se desarrolló en un diseño completamente al azar en condiciones de invernadero con un arreglo factorial, se evaluaron cinco tratamientos (Tabla 3). Para esto, se distribuyeron tres (3) materas aleatoriamente por tratamiento (T1, T2, T3, T4, T5) para un total de 15 repeticiones. Cada matera correspondió a una unidad experimental por punto de muestreo, los días evaluados fueron día 0, 7, 14, 21, 28 y 35 para una duración de dos (2) ciclos.

Tabla 3. Diseño experimental resumen de la fase de invernadero.

Tratamiento	
T1	100% Químico+ 100% biofertilizante
T2	50% Químico + 50% biofertilizante
T3	100% Biofertilizante
T4	100% Químico
T5	Testigo sin ninguna aplicación
Duración: 2 ciclos productivos (35 días cada uno)	

Fuente: Elaboración propia

El suelo utilizado como soporte (tabla 4), presentó características franco-arcillosas, alto contenido de materia orgánica y de las bases Na, K, Ca, y bajo contenido de Mg y P (anexo 1). Cada característica evaluada se determinó con métodos ICONTEC NTC 4092 reportados por Laboratorio Campolab.

Tabla 4. Características del suelo que se utilizó como soporte.

Parámetro	Valor	Método
Arcilla (%)	24	Bouyoucos
Limo (%)	27	Bouyoucos
Arena (%)	49	Bouyoucos
B (mg/kg)	0,25	Fosfato Monocálcico
S (mg/kg)	48,8	Fosfato Monocálcico
Al-Sat (%)	70	KCL 1N
Na (cmol/kg)	0,3	Acetato de Amonio - A.A. NTC 5349
Mg (cmol/kg)	1,7	Acetato de Amonio - A.A. NTC 5349
Ca (cmol/kg)	12	Acetato de Amonio - A.A. NTC 5349
K (cmol/kg)	1,2	Acetato de Amonio - A.A. NTC 5349
P (mg/Kg.)	19,4	Brayll
MO (%)	9,2	Walkley Black
pH (Un)	5,46	NTC 5264 de 2008

Fuente: Laboratorio Campolab.

La fertilización se ajustó a los requerimientos de *Pennisetum clandestinum* (Bernal & Espinosa, 2003).

PO₄ 69 kg/ha⁻¹ año⁻¹

K 90 kg/ha⁻¹ año⁻¹

Mg 25 kg/ha⁻¹ año⁻¹

La cantidad de N aplicado para fertilización fue:

100% N químico de 454 kg/ha⁻¹/año N

50% N fue de 227 kg/ha⁻¹/año

En el tratamiento control se aplicó el 10% del requerimiento para garantizar el crecimiento mínimo de las plantas (Álvarez et al, 2010).

El biofertilizante aplicado correspondió a la bacteria rizosférica del orden proteobacteria obtenida en el laboratorio de biotecnología de la FACA. Cada estolón fue inoculado siguiendo la metodología de (Castanheira et al., 2014) para esto se aplicó en la base de cada estolón 0,5 ml de suspensión bacteriana a una concentración de 10^8 ufc, esta suspensión fue preparada en caldo TY medio. Para esto se incubó el aislado durante 16 h a 30 ° C y 180 rpm de agitación. Luego se realizó centrifugación a 10000 rpm durante 10 minutos y la biomasa bacteriana fue lavada con 0,85% NaCl y resuspendida en agua (Castanheira et al., 2014).

2.3 Variables a evaluar

2.3.1 Variables directas

Se realizaron cinco (5) muestreos (7, 14, 21, 28, 35) durante cada ciclo productivo y a tres plantas por materia se le evaluaron:

- Número de hojas y estolones (Procedimiento realizado directamente por observación).
- Masa fresca de tallos y hojas, realizando el peso en balanza analítica de las muestras de forraje fresco y seco. Este último se sometió a proceso de secado en estufa durante 48h a 60°C.
- Área foliar con el *software* image j.
- Altura en cm, medida desde la base de la planta sin estirarla.
- No se evaluaron raíces por la pérdida de su estructura, de raíces secundarias y terciarias durante el momento de extracción de las plantas del suelo.

2.3.2 Variables indirectas

Se calcularon tasa absoluta de crecimiento y tasa relativa de crecimiento (tabla 5) (Melgarejo et al, 2010).

Tabla 5. Medición de variables indirectas

Índices de crecimiento	Interpretación	Fórmula
Tasa absoluta de crecimiento (TAC) (g d ⁻¹)	Incremento en peso seco por unidad de tiempo.	$TAC (g d^{-1}) = W_2 - W_1 / T_2 - T_1$
Tasa relativa de crecimiento (TRC) (g. g ⁻¹ d ¹)	Incremento de la masa seca por unidad de tiempo, tomando como referencia el valor de masa seca producida	TAC/ W

Fuente: (Melgarejo et al, 2010)

2.4 Condición de estrés hídrico

Los tratamientos se aplicaron luego de realizar corte de homogeneidad para garantizar plantas de la misma altura que fueron regadas a capacidad de campo durante la fase de establecimiento.

Se calculó la cantidad de agua (ml) a aplicar utilizando 1 como coeficiente multiplicador para cubrir el 100% del requerimiento hídrico en plantas sin estrés hídrico (Álvarez et al, 2010). Para plantas evaluadas en condición de estrés hídrico se utilizó 0,7 como coeficiente multiplicador para aplicar únicamente el 70% de la lámina de riego (Munné et al., 2000). El valor del coeficiente multiplicador se reemplazó en la siguiente ecuación matemática propuesta por Álvarez et al. (2010).

$$Lamina = (Etp * C * A) / nr$$

Etp: evapotranspiración del tanque (mm)

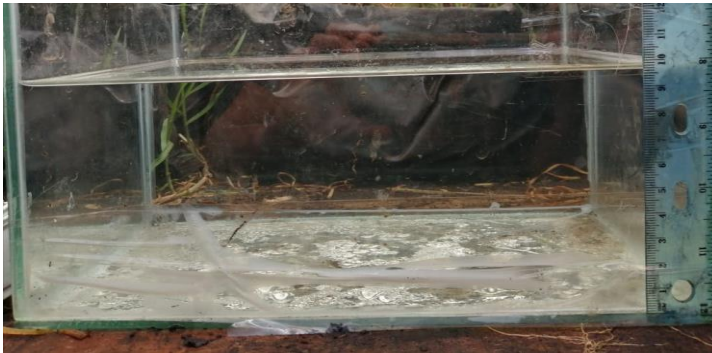
C: coeficiente multiplicador 0,7

A: área de la matera (737cm²)

nr: eficiencia de riego (0,9)

Diariamente se evaluó la evapotranspiración dentro del invernadero con ayuda de un tanque (figura 2) en el que se midieron los mm de agua evaporados, este valor se reemplazó en la ecuación mencionada con anterioridad. La cantidad de agua calculada se midió con probeta y se aplicó por unidad experimental

Figura 2. Tanque evaporímetro.



Fuente: Fonseca, Dania (2023). Evaluación del efecto de un biofertilizante fijador de nitrógeno sobre la diversidad de bacterias de rizosfera y la respuesta agronómica de *Pennisetum clandestinum*.

Dentro del invernadero se instaló un dataloguer que registro la temperatura máxima y mínima durante el tiempo de evaluación. A partir de esta información se calculó el tiempo en grados días calor (GDC) acumulados durante el desarrollo de las plantas,

teniendo en cuenta la temperatura base de la especie kikuyo (8°C) (Herrero et al., 2000), y se utilizó la siguiente ecuación propuesta por (Rodríguez & Flórez, 2006) 1

$$\text{Ecuación 1} \rightarrow GDC = ((Tmax + Tmin/2) - Tbase)$$

Tmax: temperatura máxima

Tmin: temperatura mínima

Tbase: temperatura donde el crecimiento de la planta se detiene.

2.5 Análisis estadístico

El comportamiento de los parámetros de crecimiento se modeló a partir de la ecuación logística propuesta por (Carranza et al., 2009) con la siguiente expresión matemática:

$$\text{Ecuación 2} \rightarrow y = \frac{a}{1 + e^{-k*(t-c)}}$$

y: valor dentro de la curva de crecimiento

a: máxima magnitud de la variable

k: pendiente de la curva

c: momento de mayor tasa de crecimiento.

Los datos obtenidos fueron analizados con un Anova, donde hubo diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados encontrados de los efectos de la rizobacteria sobre la respuesta de crecimiento foliar de la gramínea, evidencia efectos benéficos significativos en las variables evaluadas. Se estableció el grado de significancia con letras distintas (a, b, c) por punto de muestreo (p valor $< 0,05$), por otra parte (ns) tiene el valor no significativo es decir que fueron similares.

3.1 Número de hojas y estolones

En la tabla seis (6), el ciclo de crecimiento respondió bien numéricamente a la aplicación química T4 y al biofertilizante T3, destacando así el día 14 (segundo muestreo) con un comportamiento estadísticamente significativo respecto a los tratamientos T1 y T2.

El kikuyo es un pasto caracterizado por el rápido y vigoroso crecimiento de sus estolones, siendo estos altamente invasivos (Muscolo et al., 2013). Los cuales pueden ser muy variables según las condiciones dadas, diferenciándose en el cambio de su comportamiento como la adaptación y distribución espacial (Chapman et al., 2012). Sin embargo, no se presentaron diferencias significativas.

Tabla 6. número de estolones de *Pennisetum clandestinum* inoculado con proteobacteria.

No. Estolones	DIAS				
	7	14	21	28	35
Tratamientos					
T1: 100Q+B	1 ± 0,001 ns	1 ± 0,001 b	2 ± 0,33 ns	3 ± 0,57 ns	5 ± 0,66 ns
T2: 50Q+B	1 ± 0,001 ns	2 ± 1 b	3 ± 0,33 ns	4 ± 0,33 ns	4 ± 0,33 ns
T3: B	1 ± 0,001 ns	3 ± 1 a	3 ± 0,01 ns	3 ± 0,66 ns	4 ± 0,57 ns
T4: 100Q	1 ± 0,333 ns	3 ± 1 a	3 ± 0,01 ns	4 ± 0,88 ns	4 ± 0,88 ns

T1: 100% químico + 100% biofertilizante, T2: 50% químico + 50% biofertilizante, T3: 100% biofertilizante, T4: 100% químico

En la tabla siete (7), indica que no hay diferencias estadísticamente significativas en el número de hojas para las plantas de *Pennisetum clandestinum*, es decir que las condiciones controladas bajo invernadero (riego, fertilización) tuvieron el mismo comportamiento en todo el proceso, evidenciando que el tratamiento químico y biológico aportan las mismas características para que haya un crecimiento de hojas y rebrotes (Andrade et al., 2016; Herrero et al., 2000).

Tabla 7. Número de hojas de *Pennisetum clandestinum* inoculado con proteobacteria.

No. Hojas	DIAS				
	7	14	21	28	35
Tratamientos					
T1: 100Q+B	1,33 ± 0,33 ns	5,67 ± 0,33 ns	6,33 ± 0,88 ns	6,67 ± 0,88 ns	7,67 ± 0,66 ns
T2: 50Q+B	2,67 ± 0,66 ns	7,67 ± 0,66 ns	6,33 ± 0,57 ns	5,33 ± 1,2 ns	6,67 ± 0,33 ns
T3: B	2,33 ± 0,33 ns	4 ± 0,1 ns	5 ± 1,15 ns	6,67 ± 0,33 ns	7,67 ± 0,33 ns
T4: 100Q	2 ± 0,1 ns	7 ± 0,58 ns	5,67 ± 0,57 ns	5,33 ± 0,33 ns	7,67 ± 0,66 ns

T1: 100% químico + 100% biofertilizante, T2: 50% químico + 50% biofertilizante, T3: 100% biofertilizante, T4: 100% químico

En esta investigación con los factores controlados se identificaron las características de la planta, teniendo en cuenta su estado fenológico para hacer su respectivo análisis al momento del corte, una de estas particularidades es el número de hojas vivas que están en un estolón (Chapman et al., 2012). Según (Escobar, 2018) identifica que a diferentes altitudes genera cambios de comportamiento en el crecimiento del kikuyo ya que la temperatura afecta la aparición de hojas.

A sí mismo, lo menciona Lemaire *et al.*, (2009) como se citó en el documento (Acero et al., 2021) que la tasa de aparición de hojas está afectada principalmente por la temperatura y solo son visibles las hojas en casos extremos, también, está afectada por un suministro insuficiente de nutrientes principalmente nitrógeno, estrés hídrico y alta salinidad en el suelo.

3.2 Masa fresca de hojas y tallos.

El porcentaje de materia seca de hojas de *Pennisetum clandestinum* a los 14, 28 y 35 días presentó diferencias significativas (P valor < 0,05), destacando las mejores respuestas en los tratamientos T2, T3 y T4 por presentar la mayor cantidad de materia seca en las hojas respecto al tratamiento T1 (tabla 8).

Tabla 8. Materia seca (%) hojas de *Pennisetum Clandestinum* inoculado con proteobacteria

Ms Hojas	DIAS				
	7	14	21	28	35
Tratamientos					
T1: 100Q+B	11,6 ± 0,23 ns	12,6 ± 0,29 b	12,8 ± 0,53 ns	12,8 ± 0,45 b	12,9 ± 0,20 b
T2: 50Q+B	12,4 ± 0,60 ns	13,4 ± 0,26 ab	13,6 ± 0,17 ns	14,6 ± 0,11 a	14,7 ± 0,30 a
T3: B	13,1 ± 0,58 ns	14,0 ± 0,40 a	14,2 ± 0,24 ns	14,3 ± 0,26 a	14,5 ± 0,32 a
T4: 100Q	13,7 ± 0,46 ns	14,1 ± 0,40 a	14,2 ± 0,20 ns	15,0 ± 0,27 a	15,3 ± 0,20 a

T1: 100% químico + 100% biofertilizante, T2: 50% químico + 50% biofertilizante, T3: 100% biofertilizante, T4: 100% químico

La fertilización nitrogenada es uno de los aspectos fundamentales para lograr una óptima producción de materia seca en praderas de kikuyo (García et al., 2014), sin embargo, el nivel de respuesta es variado dependiendo de las condiciones dadas, según lo reportado por (Dugmore, 2011).

En este caso las variables que más influyeron en la acumulación de materia seca de hojas, fueron la temperatura y la radiación fotosintética, como lo menciona en su investigación (Andrade et al., 2015; Kiniry et al., 2012), en esta variable las

diferencias más significativas se evidenciaron en los tratamientos T2, T3 y T4 con respecto a T1, para los días 28 y 35 mostraron resultados favorables representado de manera ascendente.

Según (Balocchi et al., 2016) el mayor rendimiento de materia seca se alcanzó en la etapa de 6 hojas, lo cual es muy similar con respecto al presente trabajo de investigación, ya que en los estados de 5 a 7 hojas (tabla 7) presento la mayor acumulación de materia seca.

Además, la fertilización nitrogenada química como biológica aumentó la altura sin disturbar y la producción de materia seca (tabla 11), porque ayuda a formar fragmento de vitaminas, fosfolípidos y clorofila; su función principal es desarrollar el vigor de la planta y dar la tonalidad verde, también iniciar la formación de yemas, por lo tanto, este elemento promueve la formación de tejido vegetal incrementando el crecimiento de la planta (Zuluaga et al., 2010).

Tabla 9. Materia seca (%) de tallos de Pennisetum Clandestinum inoculado con proteobacteria.

Ms Tallos	DIAS				
	7	14	21	28	35
Tratamientos					
T1: 100Q+B	8,2 ± 0,27 ns	8,4 ± 0,20 ns	8,7 ± 0,39 ns	8,8 ± 0,26 ns	8,9 ± 0,14 b
T2: 50Q+B	9,3 ± 0,96 ns	9,9 ± 0,27 ns	9,9 ± 0,17 ns	10,6 ± 0,69 ns	10,7 ± 0,41 ab
T3: B	8,2 ± 0,57 ns	9,5 ± 0,12 ns	9,8 ± 0,32 ns	10,2 ± 0,35 ns	11,7 ± 0,78 a
T4: 100Q	8,5 ± 0,43 ns	9,5 ± 0,37 ns	9,8 ± 0,25 ns	9,9 ± 0,40 ns	10,9 ± 0,51 ab

T1: 100% químico + 100% biofertilizante, T2: 50% químico + 50% biofertilizante, T3: 100% biofertilizante, T4: 100% químico

En la materia seca de tallos no hubo diferencias estadísticamente significativas exceptuando el día 35, en los tratamientos T2, T3, T4 que presentaron los valores más altos, pero hubo diferencias estadísticas y numéricas con respecto a los otros tratamientos T1, T2 y T4 mostrando como mejor respuesta T3, esto se debe a que la fijación de nitrógeno realizada por la bacteria contribuyó mayor producción de forraje verde.

De acuerdo con (Herrero et al., 2000), utilizando un modelo de crecimiento para esta especie, sugiere que el número óptimo de hojas por macolla para la cosecha que en este caso es el corte de cada ciclo podría estar influenciado por el nivel de fertilización con nitrógeno.

A mayor disponibilidad de nitrógeno total en el suelo aumenta la densidad de estolones, rendimiento en la producción de materia seca a partir de tallos y también el forraje vivo. Porque, según (García et al., 2014) la fertilización nitrogenada es uno de los aspectos fundamentales para lograr una óptima producción de materia seca en praderas de kikuyo.

Tabla 10. Materia seca (%) total de Pennisetum Clandestinum inoculado con proteobacteria.

Ms Total	DIAS				
	7	14	21	28	35
Tratamientos					
T1: 100Q+B	19,9 ± 0,50 ns	21,0 ± 0,35 b	21,5 ± 0,29 b	21,6 ± 0,52 b	21,8 ± 0,28 b
T2: 50Q+B	21,7 ± 1,45 ns	23,3 ± 0,21 a	23,4 ± 0,54 a	25,2 ± 0,57 ab	25,4 ± 1,07 a
T3: B	21,3 ± 1,07 ns	23,5 ± 0,12 a	24,0 ± 0,32 a	24,5 ± 0,81 a	26,1 ± 0,75 a
T4: 100Q	22,1 ± 0,90 ns	23,6 ± 0,03 a	23,9 ± 0,07 a	24,9 ± 0,69 a	26,3 ± 0,47 a

T1: 100% químico + 100% biofertilizante, T2: 50% químico + 50% biofertilizante, T3: 100% biofertilizante, T4: 100% químico

La materia seca total muestra diferencias numérica y estadísticamente significativa a partir del día 14 y finalizando la evaluación el día 35 donde la mejor respuesta se presentó en los tratamientos T2, T3 y T4 con respecto al T1, las respuestas positivas de crecimiento a la fertilización con nitrógeno se han confirmado en otros estudios con gramíneas forrajeras (Almeida et al., 2011; Borrajo y Alonso., 2014).

Al primer día de la evaluación el medio de soporte químico y biológico, no tiene tanta eficiencia por eso se genera una respuesta no tan evidente; Esto se explica porque en los primeros 7 días al haber defoliación, la planta sufre una interrupción en el crecimiento, lo cual queda menor área foliar residual y no tiene la capacidad de realizar la fotosíntesis, entrando en un balance negativo hasta que la planta recupere área foliar como se puede evidenciar en los siguientes días.(Acero-Camelo et al., 2020).

Esta reacción está más relacionada con el efecto del nitrógeno en la producción celular que con la elongación, aunque el mecanismo aún está en discusión (Gastal et al., 2015). Es evidente una interacción con el nivel de fertilización nitrogenada ya que aumenta la producción de la materia seca total a partir de hojas, tallos y forraje vivo, tal como se observó desde el día 14 hasta el día 35 en los tratamientos T2, T3 y T4. Se presentaron los mejores valores para esta variable demostrando así la eficiencia del biofertilizante, esta es una ventaja ya que al aplicar el 50% de la cepa más el químico permite disminuir los costos de producción y obtiene mejores rendimientos en cada ciclo.

3.3 Altura

Se encontró en la altura diferencias estadísticamente significativas los días 7 y 21, la mejor respuesta se observó en el T4 con respecto a los demás tratamientos, en el tratamiento con el químico, la altura incremento en promedio 21,7 cm con las condiciones establecidas. Esto indica que la fertilización nitrogenada influye en la altura total ya que este nutriente es esencial en la utilización de los carbohidratos y por ende estimula el crecimiento de la planta (Castillo E, *et al.* 2009).

Tabla 11. Altura (cm) total de Pennisetum Clandestinum inoculado con proteobacteria.

Altura total	DIAS				
	7	14	21	28	35
Tratamientos					
T1: 100Q+B	10,4 ± 0,8 b	19,4 ± 1,1 ns	23,7 ± 0,9 b	31,8 ± 1,3 ns	38,1 ± 1,2 ns
T2: 50Q+B	10,7 ± 1 b	20,5 ± 1 ns	25,3 ± 0,4 b	32,2 ± 0,4 ns	39,2 ± 0,6 ns
T3: B	10,6 ± 0,8 b	22,3 ± 1,6 ns	26,2 ± 0,3 ab	32,6 ± 0,4 ns	38,8 ± 0,1 ns
T4: 100Q	14,2 ± 0,7 a	22,8 ± 0,7 ns	28,3 ± 0,6 a	35 ± 0,8 ns	37,6 ± 0,6 ns

T1: 100% químico + 100% biofertilizante, T2: 50% químico + 50% biofertilizante, T3: 100% biofertilizante, T4: 100% químico

La mayor altura al momento de la defoliación se observó el día 35 donde numéricamente alcanzó un valor de 39,2 cm indicando que en el T2 el porcentaje de nitrógeno químico y el biofertilizante influyeron en el crecimiento de los rebrotes y en el desarrollo de las hojas. Por otra parte, el tratamiento T3 en el último día de evaluación respondió bien a la aplicación de biofertilizante con una altura de 38,8 cm comparado a los demás tratamientos mencionado anteriormente.

La velocidad de crecimiento del kikuyo donde no hubo diferencias significativas obtuvo resultados similares, es decir no hubo dominancia en términos estadísticamente significativos debido al sometimiento de estrés hídrico en los tratamientos evaluados.

3.4 Longitud hoja bandera

La longitud de hoja bandera en el día 28 se destacó significativamente en los tratamientos T4 que corresponde a 100% químico, seguido por el T3 biológico y a su vez es numéricamente mejor con respecto al T1 químico + biológico. En cuanto a la fertilización química este efecto tiene una alta correlación entre la longitud del forraje y el porcentaje de materia seca, algunos autores como (Borrajo y Alonso., 2014) mencionan que la fertilización con nitrógeno aumenta la tasa de elongación de la hoja y al tiempo la tasa de acumulación de forraje vivo, ya que la ausencia de nitrógeno afecta en gran medida la acción fotosintética de la hoja bandera porque este componente forma parte esencial de la clorofila.

Tabla 12. Longitud de hoja bandera (cm) total de Pennisetum Clandestinum con Proteobacteria.

Longitud hoja bandera	DIAS				
	7	14	21	28	35
Tratamientos					
T1: 100Q+B	4,70 ± 1,2 ns	17,17 ± 3,6 ns	16,47 ± 1 ns	25,67 ± 2,1ab	30,23 ± 0,9 ns
T2: 50Q+B	4,30 ± 1,3 ns	18,10 ± 5,1 ns	23,77 ± 1,9 ns	24,00 ± 0,7 b	34,20 ± 2,1 ns
T3: B	5,00 ± 0,5 ns	20,60 ± 0,7 ns	22,60 ± 1,9 ns	28,37 ± 1,4 ab	39,20 ± 2,1 ns
T4: 100Q	9,67 ± 1,6 ns	13,67 ± 0,7 ns	30,53 ± 1,9 ns	31,47 ± 1 a	33,17 ± 2,1 ns

T1: 100% químico + 100% biofertilizante, T2: 50% químico + 50% biofertilizante, T3: 100% biofertilizante, T4: 100% químico

De acuerdo con Intagri (Intagri, 2013) los biofertilizantes aumentan la disponibilidad de nutrientes para las plantas y brindan importantes beneficios, como menores costos de producción, protección ambiental y mayor fertilidad del suelo y

biodiversidad. Así mismo (Ceuta, 2006) menciona que el uso de estos biofertilizantes aumenta la proliferación microbiana, y al desarrollar el número de microorganismos del suelo se acelera el proceso microbiano para que las plantas pueden absorber, desarrollar procesos y mejorar el rendimiento.

Por otra parte (Tahir, 2013), menciona que la producción de sustancias tanto promotoras de crecimiento como fijadoras de nitrógeno son moléculas indicadoras que actúan como mensajeros químicos que influyen en la capacidad de las plantas para responder al entorno, esto influye en la cinética de crecimiento que genera un aumento en un tejido u órgano de la planta, en el presente estudio la velocidad de crecimiento fue igual, no generó dominancia en términos microbiológicos, la velocidad de crecimiento no fue amplia por que la planta no se desarrolló bien al no obtener alta capacidad fotosintética y no hubo una buena captación de luz. Cuando hay mayor captación de luz hay más rizo deposiciones en el suelo que favorece la comunidad microbiana de acuerdo con la etapa fenológica de la planta en su interacción planta y bacteria (Olanrewaju et al., 2017).

3.5 Área foliar

Se encontró que *Pennisetum Clandestinum* a los 35 días aumento el área foliar, las plantas alcanzaron las mejores respuestas con aplicación del T3 (Biofertilizante).

Tabla 13. Área foliar de Pennisetum Clandestinum inoculado con proteobacteria.

Área foliar (cm ²)	DIAS				
	7	14	21	28	35
Tratamientos					
T1: 100Q+B	0,8 ± 0,2 ns	2,75 ± 0,3 ns	4,35 ± 1,2 b	4,7 ± 0,3 ns	6,3 ± 0,7 b
T2: 50Q+B	0,86 ± 0,2 ns	3,58 ± 1,2 ns	4,21 ± 1,2 ab	5,7 ± 0,2 ns	7,2 ± 0,2 ab
T3: B	1,95 ± 0,11 ns	3,6 ± 1,7 ns	4,13 ± 0,6 ab	5,9 ± 0,8 ns	11,9 ± 0,2 a
T4: 100Q	2,34 ± 0,2 ns	6,5 ± 1,1 ns	6,39 ± 0,3 a	6,8 ± 0,8 ns	6,9 ± 0,5 b

T1: 100% químico + 100% biofertilizante, T2: 50% químico + 50% biofertilizante, T3: 100% biofertilizante, T4: 100% químico

Esto se relaciona con la fijación de nitrógeno por parte de la bacteria ya que esta favorece el crecimiento de los brotes y el desarrollo de las hojas que dan lugar a un mayor índice de área foliar donde se presentó diferencias significativas (p valor < 0,05). Los fertilizantes nitrogenados dan más resistencia a las plantas y después de la defoliación, los órganos fotosintéticos se regeneran rápidamente, lo que determina la posibilidad de supervivencia ya que promueve la recuperación, y es un nutriente esencial para sus diversos procesos fisiológicos (Martuscello et al., 2005).

3.6 N total de suelo y foliar

La tabla 14 muestra el nitrógeno total del suelo final, los mejores resultados se observaron en los tratamientos T1, T2, y T3; que comparados con el valor inicial del nitrógeno total del suelo de 0,46% presentó un aumento significativo, esto se relaciona con la capacidad metabólica de las bacterias para fijar nitrógeno en el suelo.

Los resultados de nitrógeno en suelo nos muestran que en el T1 y T2 con fertilizante tanto químico como biológico obtuvo mejores respuestas en cuanto la asimilación y aprovechamiento del N, cuando hay exceso de este tiende a no ser aprovechado, además, puede haber pérdida de nitrógeno por volatilización según (Chevallier & Toribio, 2006), los fertilizantes químicos tienen pérdidas entre 3 y 55%.

Tabla 14. N total suelo (g/100g) y N foliar (%) de Pennisetum Clandestinum inoculado con proteobacteria.

Tratamientos	N total suelo (g/100g)	N foliar (%)	MS (%) estrés hídrico	MS (%) sin estrés hídrico
T1: 100Q+B	0,59	3,562	16,85 ± 0,22 c	19,32 ± 0,81 bc
T2: 50Q+B	0,59	3,191	27,76 ± 1,28 a	22,01 ± 1,56 ab
T3: B	0,58	2,630	28,09 ± 0,53 a	24,04 ± 1,00 ab
T4: 100Q	0,53	3,731	21,54 ± 0,92 b	28,23 ± 0,66 a
Control	0,56	1,909	18,9 ± 1,3 bc	17,5 ± 0,9 c

T1: 100% químico + 100% biofertilizante, T2: 50% químico + 50% biofertilizante, T3: 100% biofertilizante, T4: 100% químico

Por otro lado, la frecuencia de riego influye en la fracturación de la molécula del N debido a que la planta captura el nutriente en forma de nitritos y nitratos, según (Navarro et al., 2016) este proceso llamado nitrificación disminuye en condiciones de mayor humedad de igual manera cuando se presenta escases; la literatura menciona que a mayor nitrógeno total en el suelo la planta no lo asimila, ya que el 85 y el 95% del nitrógeno total del suelo se encuentra de forma orgánica de manera que no es directamente asimilable por el forraje si no que debe realizar un proceso de transformación llamado mineralización que es la conversión de nitrógeno

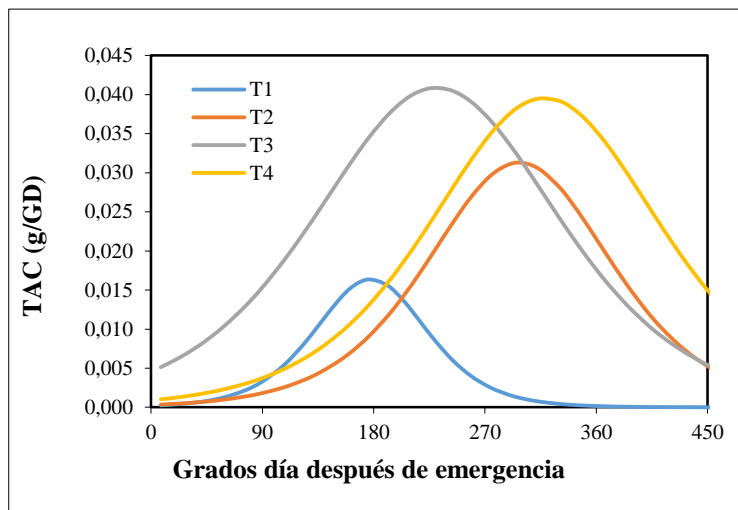
orgánico a inorgánico en un proceso mediado por microorganismos del suelo como lo menciona (Azcón Bieto & Talon M, 2008).

En cuanto él % MS los resultados arrojaron diferencias numérica y estadísticamente significativas, por dosis aplicada de N y condiciones de requerimiento hídrico, en la tabla 13 se presenta cada tratamiento, la bacteria en estado de déficit hídrico en el T3 se desarrolló de manera eficiente lo cual ayuda a que la planta aproveche al máximo los nutrientes disponibles en el suelo favoreciendo el desarrollo vegetativo, caso contrario que ocurre con los demás tratamiento disminuyendo valores de MS.

Por otra parte, (Paladines e Izquierdo 2007, 2007) argumentaron que el nitrógeno en las plantas es el elemento que usan en mayor cantidad, todas las pasturas responden a la aplicación de los fertilizantes nitrogenados cuando la humedad del suelo es suficiente como lo menciona (Márquez et al., 2007) donde encontraron que la fertilización nitrogenada aumento tanto el rendimiento como el contenido de proteína en pasto elefante (*Pennisetum purpureum*).

3.7 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)

Gráfico 1. Tasa absoluta de crecimiento (TAC)



El comportamiento de la tasa absoluta de crecimiento alcanzó el punto máximo a los \pm 240 grados día después de emergencia, donde se encuentra la mayor acumulación de materia seca, el tratamiento con mejor comportamiento fue T3 ya que necesito menos grados día después de emergencia con respecto al T4 para lograr su punto máximo, además teniendo en cuenta la dosis de aplicación de nitrógeno la bacteria desarrolló mejor rendimiento en cuanto la síntesis de N.

Por otra parte, desde el punto de vista económico este tratamiento es más eficiente y productivo disminuyendo costo beneficio en cuanto fertilización y ganancia de materia seca con mayor velocidad instantánea de crecimiento.

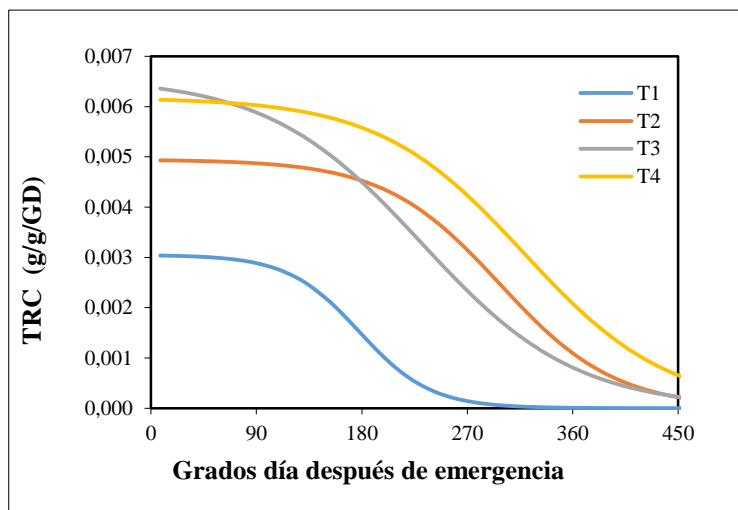
De acuerdo con la literatura, los biofertilizantes permiten aumentar la cantidad de nutrientes para la planta y mejora la calidad del suelo, de este modo genera

rendimientos en los cultivos lo que con lleva como beneficio aumentar la biodiversidad y la fertilidad del suelo, contribuye a la protección del medio ambiente, favorece la materia orgánica presente en el suelo y hacen los cultivos más sostenibles ya que incrementa la absorción de elementos indispensables para la nutrición vegetal.

Por otra parte, (Mantilla et al., 2011) corrobora que estos biopreparados como el caso de las bacterias fijadoras de nitrógeno permiten sustituir hasta un 50% de fertilización con nitrógeno, además de aumentar un 30% los rendimientos de las producciones agrícolas.

3.8 Tasa relativa de crecimiento (TRC)

Gráfico 2. Tasa relativa de crecimiento (TAC)



En esta gráfica se expresa el incremento de masa seca de la planta en un intervalo de tiempo dado, tomando como referencia el valor inicial de la masa seca producida y acumulada (Barrietos *et al.*, 2015) es decir que una vez la gramínea llega a su

punto máximo de acumulación de materia seca en un intervalo de tiempo, tiende a mantenerse durante cierto periodo de posible aprovechamiento y luego inicia a disminuir la concentración dado que la planta cierra su ciclo productivo para iniciar un nuevo ciclo,

La grafica muestra que el tratamiento con mejor comportamiento y con menor tiempo de recuperación es el T3 ya que los grados día después de emergencia son menores en comparación a los demás tratamientos, ya que el tratamiento muestra la acción positiva del biofertilizante. La tasa de crecimiento y la madurez dependerán de las condiciones ambientales y de manejo que puedan modificar la composición química del forraje (Avellaneda & Charry, 2018).

3.9 Modelos logísticos

A continuación (tabla 15), se resume la respuesta de crecimiento de *Pennisetum clandestinum* a partir de la ecuación estadística, (ecuación 2) se destaca que el mejor comportamiento se presentó en el T3 con los valores más altos (0,9) para las variables Masa total (%), Masa de hojas (%) y Área foliar (cm²). Lo que indica que los resultados tienen una confiabilidad alta que predice con certeza cada variable.

Tabla 15. Modelos logísticos que predicen el crecimiento de Pennisetum clandestinum.

Variable	T	Modelo	R2	P – valor
Masa total (%)	T1	$y = 21/1+e^{-30*(t-177)}$	0,9	0,01
	T2	$y = 25/1+e^{-49*(t-297)}$	0,9	0,01
	T3	$y = 25/1+e^{-61*(t-318)}$	0,9	0,03
	T4	$y = 24/1+e^{-65*(t-230)}$	0,8	0,05
Masa de hojas (%)	T1	$y = 12/1+e^{-16*(t-155)}$	0,9	0,01
	T2	$y = 14/1+e^{-47*(t-265)}$	0,9	0,01
	T3	$y = 15/1+e^{-45*(t-325)}$	0,9	0,01
	T4	$y = 14/1+e^{-34*(t-168)}$	0,9	0,01
Área foliar (cm ²)	T1	$y = 5/1+e^{-59*(t-240)}$	0,8	0,01
	T2	$y = 5/1+e^{-57*(t-261)}$	0,9	0,01
	T3	$y = 11/1+e^{-33*(t-400)}$	0,9	0,01
	T4	$y = 6/1+e^{-14*(t-145)}$	0,9	0,01

Interpretación: $y = a/1+e^{-b*(t-c)}$

y: valor dentro de la curva de crecimiento; a: máxima magnitud de la variable; b: pendiente de la curva; t: tiempo en que esto ocurre; c: momento de mayor tasa de crecimiento.

4 CONCLUSIONES

Se logró demostrar que el efecto de la proteobacteria (biofertilizante) sobre el crecimiento del kikuyo fue significativo en las variables evaluadas, destacando porcentaje de materia seca de hojas, tallos, y total, en segunda instancia altura, longitud hoja bandera y finalmente área foliar

En la dinámica de crecimiento tasa absoluta de crecimiento (TAC) y tasa relativa de crecimiento (TRC) de *Pennisetum clandestinum* se expresó el incremento de materia seca en función de las variables evaluadas, de tal forma que se evidencio gráficamente que el mejor tratamiento fue biofertilizante (T3), exponiendo el mayor rendimiento, donde se encuentra la acumulación de materia seca, ya que se necesitó menos grados días después de emergencia (GDE) ± 240 para lograr su punto máximo en menor tiempo y ± 70 (GDE) para el menor tiempo de recuperación en *Pennisetum clandestinum*.

El modelo estadístico fue eficiente para determinar el comportamiento de *Pennisetum clandestinum*, el mejor comportamiento se presentó en el T3 con los valores más altos para las variables Masa total (%), Masa de hojas (%) y Área foliar (cm²). obteniendo resultados similares con fertilización química (T4) y biofertilizante (T3) siendo este un resultado favorable para la sustitución de la fertilización química.

Metodológicamente, es acertado el uso de materas en invernadero como estrategia de evaluación de biofertilizantes para forrajes, ya que se permite mayor control de variables que puedan afectar la respuesta y por ello se determina con mayor precisión el efecto de los tratamientos.

5 RECOMENDACIONES

En condiciones de invernadero se obtuvo resultados significativos con el biofertilizante, se recomienda dar continuidad a este estudio en campo, para determinar el efecto de las proteobacterias.

Para unos resultados más precisos se recomienda utilizar tasas de crecimiento tales como tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y el índice de área foliar (IAF) para mejores respuestas de productividad de *Pennisetum clandestinum*

Dado que la combinación T2 (50% químico + 50% biológico) presentó resultados significativos, se recomienda establecer otras combinaciones diferentes a la de esta investigación para validar su efectividad como alternativa útil, además incluir un plan de fertilización para kikuyo, esto con el fin de disminuir el uso de fertilizantes químicos y evitar su impacto negativo en el suelo a través del tiempo.

Finalmente se recomienda realizar análisis microbiológico inicial y final al suelo, para la detección e identificación de los microorganismos en el material analizado.

6. BIBLIOGRAFIA

- Abril, J., Roncallo, B., & Bonilla, R. (2017). *Efecto de la inoculación con bacterias del género Bacillus sobre el crecimiento de Megathyrus maximus Jacq, en condiciones de estrés hídrico*. <https://ranar.faz.unt.edu.ar/index.php/ranar/article/view/53/47>
- Acero, A., Molina, E., Parra, A., Fischer, G., & Carulla, J. E. (2021). base growth temperature and phyllochron for kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*; poaceae). *Acta Biológica Colombiana*, 26(2), 160–169. <https://doi.org/10.15446/abc.v26n2.83199>
- Acero-Camelo, A., Pabón, M. L., Fischer, G., & Carulla-Fornaguera, J. E. (2020). Optimum harvest time for kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) according to the number of leaves per tiller and nitrogen fertilization. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(3), 9243–9253. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n3.82257>
- Agencia UNAL. (2014, January 22). *Exceso de fertilizantes en el país afecta el bolsillo, el ambiente y la salud*. <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/exceso-de-fertilizantes-en-el-pais-afecta-el-bolsillo-el-ambiente-y-la-salud-1>
- Alfonso, E. T., Leyva, Á., & Hernández, A. (2005). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 7(2), 47–54. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/498>
- Almeida, A. C. dos S., Mingoti, R., Coelho, R. D., & Lourenço, L. F. (2011). Simulação do crescimento do capim tanzânia irrigado com base na unidade fototérmica, na adubação nitrogenada e na disponibilidade hídrica do período. *Acta Scientiarum - Agronomy*, 33(2), 215–222. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.4901>
- Andrade, A. S., Santos, P. M., Pezzopane, J. R. M., De Araujo, L. C., Pedreira, B. C., Pedreira, C. G. S., Marin, F. R., & Lara, M. A. S. (2015). *Simulating tropical forage growth and biomass accumulation: an overview of model development and application*. <https://doi.org/10.1111/gfs.12177>
- Andrade, A. S., Santos, P. M., Pezzopane, J. R. M., de Araujo, L. C., Pedreira, B. C., Pedreira, C. G. S., Marin, F. R., & Lara, M. A. S. (2016). Simulating tropical forage growth and biomass accumulation: an overview of model development and application. *Grass and Forage Science*, 71(1), 54–65. <https://doi.org/10.1111/GFS.12177>
- Arango, G. J., Cardona Naranjo, F. A., López Herrera, A., Correa Londoño, G., Echeverri Zuluaga, J. J., Arango Gaviria, J., Cardona Naranjo, F. A., López Herrera, A., Correa Londoño, G., & Echeverri Zuluaga, J. J. (2017). Variación

- de caracteres morfológicos del pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el trópico alto de Antioquia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12(1), 44–52. <https://doi.org/10.21615/CESMVZ.12.1.4>
- Armenta, A., García, C., Báez, R., Apodaca, M., Montoya, G., & Nava, E. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai, Universidad Autónoma Indígena de México*, 6, 51–56.
- Atencio, L. M., tapia, J. J., Mejía, S., & Torres, J. C. (2014). Comportamiento fisiológico de gramíneas forrajeras bajo tres niveles de humedad en condiciones de casa malla. *Temas Agrarios*, 19(2), 244–258. <https://doi.org/10.21897/RTA.V19I2.1194>
- Avellaneda, A., & Charry, E. (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.*
- Azcón Bieto & Talon M. (2008). *Fundamentos de Fisiología Vegetal 2008 Azcon. Fundamentos de Fisiología Vegetal.*
- Baca, I. ; Azcón, B. E. ; Baldani, R. ; Bonilla, V. L. D. ; & Ruth. (2010). Corpoica. Ciencia y Tecnología Agorpecuaria. *Ciencia y Tecnología Agorpecuaria*, 11, 155–164. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945029007>
- Balocchi, O., Fonseca, C., Keim, J. P., & Rodríguez, C. (2016). Efecto de la frecuencia de defoliación en el rendimiento y composición nutricional de *Pennisetum clandestinum Hochst.ex Chiov.* *Agro Sur*, 44(3), 67–76. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2016.v44n3-07>
- Bernal, J., & Espinosa, J. (2003). *Manual de Nutrición Y Fertilización de pastos.* <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-catamarca/practica-agronomica-i/manual-de-nutricion-y-fertilizacion-de-p/8961168>
- Borrajó y Alonso. (2014). *Tasa de elongación foliar en materiales de agropiro alargado efecto de la fenología y el agregado de nitrógeno.*
- Boubekri, K., Soumare, A., Mardad, I., Lyamlouli, K., Ouhdouch, Y., Hafidi, M., & Kouisni, L. (2022). Multifunctional role of Actinobacteria in agricultural production sustainability: A review. *Microbiological Research*, 261, 127059. <https://doi.org/10.1016/J.MICRES.2022.127059>
- Camejo et al., L. E. ; D. N. , L. S. ; C. S. , J. L. ; P. R. , P. (2010). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1), 79–84. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93218954013>
- Carranza, C., Lancho, O., Miranda, D., & Chaves, B. (2009). Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa L.*) “Batavia” cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 27(1), 41–48. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=es

- Castanheira, N., Dourado, A. C., Alves, P. I., Cortés-Pallero, A. M., Delgado-Rodríguez, A. I., Prazeres, Â., Borges, N., Sánchez, C., Barreto Crespo, M. T., & Fareleira, P. (2014). Annual ryegrass-associated bacteria with potential for plant growth promotion. *Microbiological Research*, 169(9–10), 768–779. <https://doi.org/10.1016/J.MICRES.2013.12.010>
- Castellanos, D., Rincón, J., & Arguello, H. (2015, July). *Evaluación del efecto de un biofertilizante ligado a un soporte orgánico mineral en un cultivo de lechuga en la Sabana de Bogotá bajo condiciones de invernadero*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v9n1/v9n1a07.pdf>
- Chapman, D. F., Tharmaraj, J., Agnusdei, M., & Hill, J. (2012). Regrowth dynamics and grazing decision rules: further analysis for dairy production systems based on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) pastures. *Grass and Forage Science*, 67(1), 77–95. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2494.2011.00824.X>
- Chevallier, B., & Toribio, M. (2006). VOLATILIZACIÓN DEL AMONÍACO. *Publicación Miscelánea Nº*, 105.
- Correa, O. (2013, May). *los microorganismos del suelo y su rol indiscutido en la nutrición vegetal*. https://www.researchgate.net/publication/306960003_LOS_MICROORGANISMOS_DEL_SUELO_Y_SU_ROL_INDISCUTIDO_EN_LA_NUTRICION_VEGETAL
- De Mattos, J. L. S., Gomide, J. A., & Martinez y Huaman, C. A. (2005). Effect of water deficit on the growth of *Brachiaria* species in greenhouse. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(3), 746–754. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982005000300005>
- De Sally, E. S., & Read, J. D. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis - Sally E. Smith, David J. Read*. Google Libros. https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=qLciOJaG0C4C&oi=fnd&pg=PP1&ots=zrtTk-WFnL&sig=A-r8DP2KGfC-Dz6Kq2L0ezTYL3l&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Domingo, S., Parra, A. S., Carlos Menjivar, J., Alava, C. A., & Fernando Gómez, H. (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*. <https://silo.tips/download/xii-congreso-ecuatoriano-de-la-ciencia-del-suelo-3>
- Donini, E., Firrincieli, A., & Cappelletti, M. (2021). Systems biology and metabolic engineering of *Rhodococcus* for bioconversion and biosynthesis processes. *Folia Microbiologica*, 1, 701–703. <https://doi.org/10.1007/s12223-021-00892-y>
- Doria, R. O., & Madramootoo, C. A. (2012). *retraído: estimación de las necesidades de riego para algunos cultivos en el sur de quebec utilizando cropwat*. *Irrigation and Drainage*, 61(4), i–xi. <https://doi.org/10.1002/IRD.497>

- Dugmore, T. John. (2011). *The effect of nitrogen fertilization and stage of re-growth on the nutritive value of kikuyu in the Midlands of KwaZulu-Natal*. <https://researchspace.ukzn.ac.za/handle/10413/8298>
- Escobar, A. (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*.
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. <http://www.fertilizer.org>,
- Fedegán. (2017). *Cifras de referencia del sector ganadero colombiano*. www.fedegan.org.co
- Fertilab. (2015). *La Importancia de la Rizósfera*. 2–3.
- Fuentes, R. L. E., & Caballero, M. J. (2005). *BACTERIAL BIOFERTILIZERS*.
- García, S. C., Islam, M. R., Clark, C. E. F., & Martin, P. M. (2014a). Kikuyu-based pasture for dairy production: A review. In *Crop and Pasture Science* (Vol. 65, Issue 8, pp. 787–797). CSIRO. <https://doi.org/10.1071/CP13414>
- García, S. C., Islam, M. R., Clark, C. E. F., & Martin, P. M. (2014b). Kikuyu-based pasture for dairy production: a review. *Crop and Pasture Science*, 65(8), 787–797. <https://doi.org/10.1071/CP13414>
- Gastal, F., Lemaire, G., Durand, J. L., & Louarn, G. (2015). Quantifying crop responses to nitrogen and avenues to improve nitrogen-use efficiency. In *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy: Second Edition* (pp. 161–206). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417104-6.00008-X>
- Gutiérrez, T. M. M., & Tovar, R. Y. P. (2015, November 12). *Evaluación de un sistema silvopastoril con la aplicación de microorganismos eficientes (EM) en el municipio de Palermo*. - 10596/17846. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/17846>
- Hernández, L., Villegas, Y., Carrillo, J., Gómez, A., Enríquez, J., Lozano, S., & Hernandez, A. (2018, May). *Efecto de biofertilizantes microbianos en el crecimiento de Brachiaria brizantha (Trin) Griseb*. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/376/264>
- Herrero, M., Fawcett, R. H., & Dent, J. B. (2000). Modelling the growth and utilisation of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) under grazing. 2. Model validation and analysis of management practices. *Agricultural Systems*, 65(2), 99–111. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(00\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(00)00029-9)
- Hoffman, B. M., Dean, D. R., & Seefeldt, L. C. (2009). Climbing Nitrogenase: Towards a Mechanism of Enzymatic Nitrogen Fixation. *Acc Chem Res*, 42(5), 609–619. <https://doi.org/10.1021/ar8002128>
- Intagri. (2013). *Los biofertilizantes en la agricultura*.
- Intagri S.C. (2017). *El Estrés Vegetal Parte I: Estrés por Altas Temperaturas*. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/estres-vegetal-parte-1-estres-por-altas-temperaturas>

- Ismail, S. M., & Depeweg, H. (2005). Water productivity and crop production simulation under surge flow irrigation in short furrows in Egypt. *Irrigation and Drainage*, 54(1), 103–113. <https://doi.org/10.1002/IRD.158>
- Jaramillo, I. (2011). *La micorriza arbuscular (MA) centro de la rizosfera: comunidad microbiológica dinámica del suelo*. 17–23.
- Kiniry, J. R., Kim, S., Williams, A. S., Lock, T. R., & Kallenbach, R. L. (2012). Simulating bimodal tall fescue growth with a degree-day-based process-oriented plant model. *Grass Forage Sci*. <https://doi.org/10.1111/gfs.12346>
- Lara, M. C., García Támara, L. P., & Oviedo, L. (2011). Efecto biofertilizante del preparado: residuos vegetales -bacteria nativa diazótropa, sobre las variables biométricas en plántulas de *Rhapanus sativus*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(1), 156–162. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752011000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Lugtenberg, B., & kamilova, F. (2009). La Importancia de la Rizósfera. *Fertilab*.
- Mantilla, C. L., Pahola, L., Támara, G., & Oviedo Zumaqué, L. E. (2011). ARTÍCULO CORTO Biofertilizer effect of the prepared from vegetales wastes-diazotroph native bacterium on biometrics variables of *Rhapanus sativus* seedlings. In *Rev. Colomb. Biotecnol* (Vol. 1).
- Márquez, F., Sánchez, J., Urbano, D., & Dávila, C. (2007). Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*): 1. Rendimiento y contenido de proteína. *Zootecnia Tropical*, 25(4), 253–259. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692007000400003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Martínez, F. (2020, March 6). *Pasto Kikuyo (Pennisetum clandestinum)*. <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo-de-clima-frio/pasto-kikuyo-pennisetum-clandestinum/>
- Martuscello, J., Miranda da Fonseca, D., do Nascimento Júnior, D., Menezes Santos, P., Ivo Ribeiro Junior, J., de Noronha Figueiredo Vieira da Cunha, D., & de Melo Moreira, L. (2005). *Características Morfogênicas e Estruturais do Capim-Xaraés Submetido à Adubação Nitrogenada... 1475 R. Bras. Zootec. 5*, 1475–1482.
- Mayz-Figueroa, J. (2004). Fijación biológica de nitrógeno Biological Nitrogen Fixation. In *Revista UDO Agrícola* (Vol. 4, Issue 1).
- Mercedes, F., Pascual, N. de maría, & Rosario, M. (2002). *Fijación biológica de nitrógeno: factores limitantes*. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/128283/1/Fijaci%C3%B3n%20Biol%C3%B3gica%20de%20Nitr%C3%B3geno%20por%20Factores%20Limitantes%20de%20Mercedes%20Figueroa%20y%20Rosario%20M.pdf>
- Morales, M. (2017). *VENTAJAS COMPETITIVAS DE LOS BIOFERTILIZANTES*.

- Moreno, L. (2009). Respuestas de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Universidad Nacional de Colombia* , 179–191.
- Munné, B. S., Alegre, L., Schwarz, K., Munné-Bosch, S., Alegre, L., & Schwarz, K. (2000). The formation of phenolic diterpenes in *Rosmarinus officinalis* L. under Mediterranean climate. *Eur Food Res Technol*, 210, 263–267.
- Muscolo, A., Panuccio, M. R., & Eshel, A. (2013). Ecophysiology of *Pennisetum clandestinum*: a valuable salt tolerant grass. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 55–63. <https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2012.07.009>
- Navarro, A. Z. A., Soler, N. M., & Rozo, L. Y. M. (2016). Cuantificación de bacterias diazótroficas aisladas de suelos cacaoteros (*Theobroma cacao* L.), por la técnica de Número Más Probable (NMP). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2), 40–47. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.47678>
- Olanrewaju, O. S., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2017). Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 33(11). <https://doi.org/10.1007/S11274-017-2364-9>
- Organismo Internacional de Energía Atómica IAEA. (2012). *Reducción de los gases de efecto invernadero en la agricultura* . <https://www.iaea.org/es/temas/reduccion-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- Ortiz, A. (2015). *Respuesta del pasto kikuyo a la inoculación: con hongos micorrícicos y a diferentes niveles de nitrógeno y fósforo*. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/3528/1/OrtizAcevedoA_2_015_RespuestasPastoKikuyo.pdf
- Paladines e Izquierdo 2007. (2007). *RESPUESTA DE LAS PASTURAS DE LA SIERRA CENTRO NORTE ECUATORIANA A LA FERTILIZACIÓN FOSFORADA 1 - PDF Descargar libre*. <https://docplayer.es/22579175-Respuesta-de-las-pasturas-de-la-sierra-centro-norte-ecuatoriana-a-la-fertilizacion-fosforada-1.html>
- Paredes, M. C. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas . *Universidad Católica de Argentina* , 115. <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf>
- Parker, C. (2022). *Pennisetum clandestinum* . *CABI Compendium, CABI Compendium*. <https://doi.org/10.1079/CABICOMPENDIUM.39765>
- Porch y Hall. (2013). Heat tolerance. *Genomics and Breeding for Climate-Resilient Crops: Vol. 2 Target Traits*, 167–202. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37048-9_4/COVER
- Putnam, D. (2018). Consejo Sobre La sequia: El manejo de pastizales de riego durante la sequia. *Universidad de California Agricultura y Recursos Naturales* . <http://anrcatalog.ucanr.edu>

- Ramírez, M., Peix, Á., Velázquez, E., & Bedmar, E. (2016, May 6). *Historia de la investigación en la simbiosis leguminosa-bacteria: una perspectiva didáctica | Arbor*. <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/2123/2792>
- Ríos, Y., & Dibut, B. (2007). *Gluconacetobacter diazotrophicus: un microorganismo promisorio en la elaboración de biopreparados*. . 28(4), 19–24. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217894003>
- Robinson, D., Scheneiter, O., & Melgar, R. (2006). *FERTILIZACIÓN Y UTILIZACIÓN DE NUTRIENTES EN CAMPOS FORRAJEROS DE CORTE Volver a: Fertilización*. www.produccion-animal.com.ar
- Rodríguez, W. E., & Flórez, V. J. (2006). Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de la temperatura. *Agronomía Colombiana*, 24(2), 238–246. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652006000200006&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Rojas, D., Bonilla, R., & Dussán, J. (2011). *Effect of Inoculation with Plant Growth-Promoting Bacteria on Growth and Copper Uptake by Sunflowers*. <https://doi.org/10.1007/s11270-011-0889-3>
- Rojas, J., & Moreno, N. (2008). Producción y formulación de prototipos de un biofertilizante a partir de bacterias nativas asociadas al cultivo de arroz (*Oryza sativa*). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 10(2), 50–62. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752008000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Romero, F., Ocampo, J., Camelo, R. M., & Bonilla, ruth. (2019). *Vista de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y su potencial como bioinoculantes en Pennisetum clandestinum (Poaceae) | Revista de Biología Tropical*. *Revista de Biología Tropical*. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/34029/39640>
- Romo, R. C., Coronado, M. H. E., Delia, B. G. A., Reyes, L. G., Royo, M. M., Luis, J., & Gonzáles, I. (2010). *Inoculación y fertilización nitrogenada para producción de forraje en ballico anual, avena y trigo*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242010000200005&script=sci_abstract&tlng=en
- Sacsa. (2015, April 18). *Conozca los efectos ambientales de los fertilizantes químicos*. <https://www.gruposacsa.com.mx/conozca-los-efectos-ambientales-de-los-fertilizantes-quimicos/>
- Sánchez, N., Sandoval, A., Díaz-Corrales, F., & Serrano, J. (2004). El género *Rhodococcus*. Una revisión didáctica. *Revista de La Sociedad Venezolana de Microbiología*, 24(1–2), 24–33. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562004000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Sánchez, S., Hernández, M., & Ruz, F. (2011). Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios Management alternatives of soil fertility in livestock production ecosystems. *Y Forrajes*, 34(4), 375–392.
- Sánchez, Vanessa Pérez Pazos, J., Adriana David Hinestroza, H., & Biológicas, C. (2016). Efecto de las PGPB sobre el crecimiento *Pennisetum clandestinum* bajo condiciones de estrés salino. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(1), 65–72. <https://doi.org/10.15446/REV.COLOMB.BIOTE.V18N1.50413>
- Santacoloma, V. L. E., Granados-Moreno, J. E., & Aguirre-Forero, S. E. (2017). Evaluación de variables agronómicas, calidad del forraje y contenido de taninos condensados de la leguminosa *Lotus corniculatus* en respuesta a biofertilizante y fertilización química en condiciones agroecológicas de trópico alto andino colombiano. *ENTRAMADO*, 13(1). <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25136>
- Silva et al, ; Bermúdez; Castiblanco D; Almario F; Mojica P; Cuéllar S; Media C; Tamayo A. (2014). Tecnologías relacionadas con biofertilizantes. *Banco de Patentes SIC*, 1–132. www.commonswikimedia.org
- Tahir, M. & A. S. M. (2013). Plant Growth promoting rhizobacteria (PGPR): A budding complement of synthetic fertilizers for improving crop production. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 1–7.
- Universidad de Granada. (2005, May 9). *Efecto de los factores ambientales sobre los procariontes*. <https://www.ugr.es/~eianez/Microbiologia/13agfisicos.htm>
- Van Der Colf, J., Botha, P. R., Meeske, R., Truter, W. F., Michalk, D. L., Millar, G. D., Badgery, W. B., & Broadfoot, K. M. (2014). *The Production Potential of Kikuyu (Pennisetum clandestinum) Over-Sown with Ryegrass (Lolium spp.) in a No-Till System*. 476. <https://uknowledge.uky.edu/igc>
- Vargas, M. J. de J., Sierra Alarcón, A. M., Mancipe Muñoz, E. A., Avellaneda Avellaneda, Y., Vargas Martínez, J. de J., Sierra Alarcón, A. M., Mancipe Muñoz, E. A., & Avellaneda Avellaneda, Y. (2018). El kikuyo, una gramínea presente en los sistemas de rumiantes en trópico alto colombiano. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 13(2), 137–156. <https://doi.org/10.21615/CESMVZ.13.2.4>
- Zaikin, A. A., & Butcher, W. R. (2008). *Economic Evaluation Of Farmers' Alternatives During Irrigation Water Deficit*. 251–266. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8960-2_18
- Zuluaga, J., Restrepo, L. F., & Parra, J. E. (2010). Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2), 94–100. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492010000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=es

7. ANEXOS

Anexo 1.Resultado análisis de suelos



ANÁLISIS DE SUELOS Y EXTRACTOS

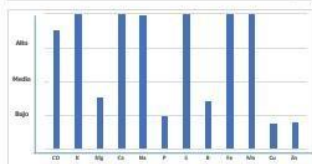
PROPIETARIO:	DANIA FONSECA LOPEZ	FECHA DE INGRESO:	11-mar-21	ALTURA (m x m):	2800	CULTIVO:	KIKIYO
REPETENTE:	DANIA FONSECA LOPEZ	FECHA DE ENTREGA:	31-mar-21	LOTE:	1	VARIEDAD:	*
TELÉFONO:	312299692	MUNICIPIO:	POPAYAN	TOPOGRAFÍA:	*	EDAD:	*
DIRECCIÓN:	CR 16 # 17 - 09 APT 101 BRR EL TORO	DEPARTAMENTO:	CAUCA	FINCAL:	FACA	PROFUNDIDAD:	15 cm
ASISTENTE TEC.:	*	IDENTIFICACIÓN:	MEJESTRA 1	ASOCIACIÓN:	*	CORTE:	*

RESULTADOS ANALÍTICOS

N° Lab	%			TEXTURA	% Sat.	pH	BASES INTERCAMBIABLES								DISPONIBLES		ELEMENTOS MENORES				
	Arena	Limo	Arcilla				C.E. dS/m	C.O. %	Al+H ⁺	K	Mg	Ca	Na	CIC	P	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
SE 11946	49	27	24	FvA	*	5,46	0,90	5,37	0,07	1,21	1,79	12,0	0,33	15,4	19,4	48,8	0,25	145	13,6	1,81	1,25

INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO

Acido	N: Salo	Alto	Adecuado	Alto	Adecuado	Alto	Adecuado	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Adecuado	Alto	Alto	Bajo	Bajo
-------	---------	------	----------	------	----------	------	----------	------	------	------	------	------	----------	------	------	------	------



IONES SOLUBLES EN EXTRACTO DE SATURACION

Al+H	K	Mg	Ca	Na	NH ₄	P	S	NO ₃	HCO ₃	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn
meq/L														
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
meq/(100g de suelo)														
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

METODOLOGÍAS ANALÍTICAS			
Torbura	Boxcarato	Ca, K, Mg, Na	Arstato de Amonio - A.A.
Carbono Orgánico D.T.	Walkley Black	Fe, Cu, Mn, Zn	DTPA - A.A.
pH	Relación 1:2	C.I.C.	Arstato de Amonio - Sanatorio
C.E.	Relación 1:2	S - B	Fosfato Monocálcico
% Saturación	Eraimétrico	P	Bray II

FACTORES DE CONVERSION			
cmol(+) = meq/100g	meq/100g x 391 = ppm	% Sat. K	7,88
mg/l = ppm	meq/100g Ca x 200 = ppm	% Sat. Mg	11,6
% = ppm/10000	meq/100g Mg x 121,61 = ppm	% Sat. Ca	77,8
mmol(+) = 25me	meq/100g Na x 231 = ppm	% Sat. Na	2,18
C.O. x 1,72 = W.O.		% Sat. Al+H	0,48

RELACION DE BASES INTERCAMBIABLES			
% Sat. K	7,88	Ca/Mg	0,70
% Sat. Mg	11,6	Ca/K	18
% Sat. Ca	77,8	Mg/K	1,5
% Sat. Na	2,18	(Ca+Mg)/K	11
% Sat. Al+H	0,48		

OBSERVACIONES:

Fecha de culminación de los ensayos: 31-mar-21

NOTA

El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada. Las muestras se almacenarán durante 3 meses y se eliminarán. No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

Anexo 2. nitrógeno disponible y requerimiento de nitrógeno

N DISPONIBLE

1. pasar mo a kg/N disponible/ ha	
mo	9,23
NT= (% mo) /20	0,46182
NT (%)	0,46182
ND=NT* CTE	0,808185
ND	0,6545
ND (ppm)	65,45
NITROGENO DISPONIBLE (Kg N*ha)	130,9

N REQUERIDO

Necesidad de fertilización N	
kikuyo	
producción (kg/m ²)	1,5
tiempo de pastoreo (d)	35,0
potencial productivo (kg fv/ha/año)	156428,6
rotaciones anuales	10,4
producción forraje verde (kg/ha/año)	156428,6
materia seca (%)	0,2
producción forraje ms (kg/ha/año)	31285,7
proteína del forraje (%)	0,18
proteína del forraje (kg*PC*ha)	5631,4
Nitrógeno extraído (kg/N/ha)	389
nitrógeno disponible análisis de suelo (kg N/ha)	130,9
nitrógeno a aplicar (kg/ha/año)	389 - 130,9 =

Eficiencia de fertilización (EF= (Potencial productivo - N 181,71 disponible) /70) *100 (kg N* ha); necesidad de fertilización de N (Kg. N. Ha. Año) 454,2