

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES FUENTES Y DOSIS DE NITRÓGENO Y
FOSFORO EN EL SISTEMA DE PASTURAS (*Pennisetum purpureum*)
PASTO ELEFANTE**

**Nicolás Malaver González
Pedro Esteban Rincón Zabala**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
VILLAVICENCIO / META
2021**



UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
Talento y conocimiento para el desarrollo regional

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES FUENTES Y DOSIS DE NITRÓGENO Y
FOSFORO EN EL SISTEMA DE PASTURAS (*Pennisetum purpureum*)
PASTO ELEFANTE**

Presentado por:

NICOLAS MALAVER GONZALEZ Cód. 111003222

PEDRO ESTEBAN RINCON ZABALA Cód. 111002928

Proyecto de tesis presentado como requisito para optar el título de Ingeniero
Agrónomo

Director (a):

EDGAR ALEJO MARTINEZ
Ingeniero Agrónomo
Especialista en Producción Tropical Sostenible

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
2021**

El director de la tesis y los jurados examinadores no serán responsables por las ideas emitidas por los autores de la misma.

Artículo 24, Resolución 04 de 1994



Nota de aceptación

EDGAR ALEJO MARTINEZ
Ingeniero Agrónomo
Esp. en Producción Tropical Sostenible
Universidad de los Llanos
Director

FREDDY ALEXANDER TORO BAQUERO
Zootecnista, Esp. MSc.
Universidad de los Llanos
Jurado

AMANDA SILVA PARRA
Ingeniero Agrónomo
Esp. MSc. PhD
Universidad de los Llanos.
Jurado

Villavicencio, ____ / ____ / _____

PERSONAL DIRECTIVO

PABLO EMILIO CRUZ CASALLAS
RECTOR

MARIA LUISA PINZÓN ROCHA
Vicerrector (a) académico

DEIVER GIOVANNY QUINTERO REYES
Secretario general

CRISTOBAL LUGO LÓPEZ
Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

SERGIO DAVID PARRA
Director de Escuela de Ciencias Agrícolas

ÁLVARO ÁLVAREZ SOCHA
Director del programa de Ingeniería Agronómica

DEDICATORIA

Dedico este trabajo:

A Dios como guía espiritual en este proceso de formación, a mis padres y hermana los cuales siempre me brindaron su apoyo y fueron mi inspiración para cumplir mis objetivos, a la familia, Vallejo Malaver, Álvarez Vallejo y Peña Malaver por su apoyo incondicional en este proceso, a ellos mil gracias.

A la Universidad de los Llanos de la cual siempre me sentiré orgulloso, a los jurados y director de este proyecto, a los docentes, y a mis compañeros de carrera y demás amigos.

Dios los bendiga siempre.

.

Nicolas Malaver González

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

La universidad de los Llanos (Unillanos), la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, que fue el espacio propicio para la consolidación de un gran proyecto de vida.

la comunidad estudiantil, junto a bienestar universitario y sus integrantes, por su compañerismo y apoyo; y demás personas que influyeron durante todo el proceso.

Mis más sinceros agradecimientos al Ingeniero Agrónomo Edgar Alejo Martínez, por su colaboración, apoyo durante la realización de este trabajo y por la oportunidad que nos brindó de conocer más del tema.

Al profesor Freddy Alexander Toro Baquero, por su disposición y por sus valiosos aportes en la construcción de este documento.

A la ingeniera Amanda Silva, por su disposición y atención para la consecución de información.

A mis padres que por su apoyo logre culminar mis estudios profesionales.

¡Dios los bendiga por siempre!

Pedro Esteban Rincón Zabala

AGRADECIMIENTOS

A Dios que siempre nos acompañó a lo largo de nuestro proceso de formación.
A la Universidad de los Llanos, profesores, padres, amigos y familiares cuya paciencia, consejo y sabiduría fueron la luz que nos guio este camino.

TABLA DE CONTENIDO

1.	OBJETIVOS.....	16
1.1	Objetivo General.....	16
1.2	Objetivos Específicos.....	16
2.	JUSTIFICACIÓN.....	17
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
4.	MARCO TEÓRICO.....	19
4.1	<i>Pasto Elefante (Pennisetum purpureum)</i>	19
4.2	<i>Origen</i>	19
4.3	<i>Morfología y taxonomía</i>	19
4.4	<i>Características Agronómicas</i>	20
4.5	<i>Principales fuentes de acidez y encalado</i>	20
4.6	<i>Consideraciones de la fertilización con N y P en las pasturas</i>	20
5	MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
5.1	<i>Ubicación</i>	21
5.2	<i>Tratamientos</i>	21
5.3	<i>Diseño Experimental</i>	22
5.4	<i>Principales Variables A Evaluar</i>	24
5.4.1	<i>Forraje verde y materia seca</i>	24
5.4.2	<i>Propiedades químicas del suelo</i>	24
6	RESULTADOS Y DISCUSION.....	24
7	CONCLUSIONES.....	38
8	BIBLIOGRAFÍA.....	39
9	ANEXOS.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Análisis estadístico de Proteína según el forraje verde vs Dosis	27
Figura 2. Análisis estadístico de Proteína según el forraje verde vs Tratamientos	28
Figura 3. Análisis estadístico de Proteína según el forraje verde vs Días de corte.....	29
Figura 4. Análisis estadístico de Proteína según el forraje verde vs Dosis de aplicación.....	30

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Morfología y taxonomía pasto de corte elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)	19
Tabla 2. Tratamientos y dosis.....	22
Tabla 3. Diseño experimental, Bloques Completos Al Azar.	23
Tabla 4. Análisis estadístico de Proteína ((%, Mg/Kg) según los tratamientos aplicados HSD Tukey ^{a, b}	24
Tabla 5. Análisis estadístico de Proteína (%, Mg/Kg) según los días de corte HSD Tukey ^{a, b}	25
Tabla 6. Análisis estadístico de Proteína (%, Mg/Kg) según las dosis aplicadas HSD Tukey ^{a, b, c}	26
Tabla 7. Análisis estadístico de Proteína según el forraje verde HSD Tukey ^a ..	27
Tabla 8. Análisis estadístico de Proteína según los días de corte HSD Tukey ^a	28
Tabla 9. Análisis estadístico de Proteína según las diferentes dosis aplicadas. HSD Tukey ^{a, b}	30
Tabla 10. Análisis estadístico de absorción de Calcio según los diferentes tratamientos aplicadas. HSD Tukey ^{a, b}	31
Tabla 11. Análisis estadístico de absorción de Calcio según los días de corte HSD Tukey ^{a, b}	31
Tabla 12. Análisis estadístico de absorción de Calcio según las dosis de aplicación. HSD Tukey ^{a, b, c}	32
Tabla 13. Análisis estadístico de absorción de Potasio según los tratamientos evaluados. HSD Tukey ^{a, b}	33
Tabla 14. Análisis estadístico de absorción de Potasio según los días de corte. HSD Tukey ^{a, b}	34
Tabla 15. Análisis estadístico de absorción de Potasio según las dosis aplicadas. HSD Tukey ^{a, b, c}	34
Tabla 16. Análisis estadístico de absorción de Fosforo según los tratamientos evaluado. HSD Tukey ^{a, b}	35
Tabla 17. Análisis estadístico de absorción de Fosforo según los días de corte. HSD Tukey ^{a, b}	36
Tabla 18. Análisis estadístico de absorción de Fosforo según las dosis evaluadas. HSD Tukey ^{a, b, c}	36
Tabla 19. Análisis de suelos evaluadas.....	37

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Establecimiento y montaje de las unidades experimentales.	42
Anexo 2. Germinación de las unidades experimentales.	42
Anexo 3. Pesaje de los diferentes tratamientos.	43
Anexo 4. Aplicación de los diferentes tratamientos.	43
Anexo 5. Aplicación de los diferentes tratamientos.	44
Anexo 6. Pesaje de muestras	44
Anexo 7. Toma de muestra de los aforos a las unidades experimentales	45
Anexo 8. Toma de muestras para realizar análisis foliares.	45
Anexo 9. Toma de muestras para realizar análisis Bromatológicos.	46

RESUMEN

Este trabajo evalúa diferentes fuentes y dosis de nitrógeno y fósforo en el sistema de pasturas (*Pennisetum purpureum*) pasto elefante en la granja de la Universidad de los Llanos, Villavicencio - Meta, como indicadores de calidad de suelo en el transcurso de adopción de diferentes fuentes de fertilización simples (Urea, DAP) y compuestos (Triple 15 y triple 18). Se aplicó un diseño en bloques completos al azar (D.B.C.A.), en arreglo factorial (4 fuentes x 4 dosis x 3 repeticiones), para un total de 48 unidades experimentales. Los tratamientos se evaluaron en tres épocas de corte cada 30 días, tiempo durante el cual la pastura se recupera nuevamente, para un total de 144 unidades experimentales en los tres cortes, cada unidad experimental fue de 20 m² (5 x 4 m), para un total de 960 m² de área total, el área útil de cada parcela fue de 12 m² (4 x 3 m), para evitar así el efecto de bordes. Se aplicó cal antes de la aplicación de los fertilizantes, de acuerdo con análisis de suelo inicial, en todos los tratamientos por igual, este ensayo se efectuó bajo las condiciones agroclimáticas de Villavicencio. Cada uno de los tratamientos con las diferentes dosis evaluadas, arrojaron resultados positivos crecientes en el aumento de proteína frente al testigo (sin aplicación de fuentes de fertilización externas a las condiciones propias del suelo) de la investigación.

Palabras clave: Biomasa, Comportamiento agronómico, frecuencias de corte

ABSTRACT

This work evaluated different sources and doses of nitrogen and phosphorus in the pasture system (*Pennisetum purpureum*) elephant grass on the farm of the University of Los Llanos de Villavicencio Meta, as indicators of soil quality during the adoption of different Simple fertilization sources (Urea, DAP) and compounds (Triple 15 and triple 18). A randomized complete block design was applied, in factorial arrangement (4 sources x 4 doses x 3 repetitions), for a total of 48 experimental units. The treatments were evaluated in three cutting seasons every 30 days, during which time the pasture recovers again, for a total of 144 experimental units in the three cuts, each experimental unit was of 20 m² (5 x 4 m), for a total of 960 m² of total area, the useful area of each plot will be 12 m² (4 x 3 m), to avoid the effect of borders. Lime was applied before the application of fertilizers, according to initial soil analysis, in all treatments equally, this test was carried out under the agroclimatic conditions of Villavicencio. Each of the treatments with the different doses evaluated, yielded increasing positive results in the increase of protein compared to the control (without application of external sources of fertilization to the conditions proper soil) of the investigation).

Keywords: Biomass, Agronomic behavior, cutting frequencies

RESUMO

Este trabalho avaliou as diferentes fontes e doses de nitrogênio e fósforo no sistema de pastagem (*Pennisetum purpureum*) capim-elefante da fazenda da Universidade de Los Llanos de Villavicencio Meta, como indicadores da qualidade do solo durante a adoção de diferentes fontes de fertilização simples (Uréia, DAP) e compostos (Triplo 15 e Triplo 18). Foi aplicado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial (4 fontes x 4 doses x 3 repetições), totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos foram avaliados em três safras a cada 30 dias, período em que a pastagem se recupera novamente, totalizando 144 unidades experimentais nos três cortes, cada unidade experimental foi de 20 m² (5 x 4 m), para um total de 960 m² de área total, a área útil de cada parcela foi de 12 m² (4 x 3 m), para evitar o efeito de bordaduras. A cal aplicada antes da aplicação dos fertilizantes, de acordo com a análise inicial do solo, em todos os tratamentos igualmente, este teste foi realizado nas condições agroclimáticas de Villavicencio. Cada um dos tratamentos com as diferentes doses avaliadas, rendeu resultados positivos crescentes no aumento de proteína em relação ao controle (sem aplicação de fontes de fertilização externas às próprias condições do solo) da investigação).

Palavras chave: Biomassa, comportamento agrônômico, frequências de corte.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Evaluar diferentes fuentes y dosis de nitrógeno (N) y fosforo (P) sobre algunas características químicas del suelo y rendimiento en pasturas de *Pennisetum purpureum*.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar la influencia de dosis y fuentes de N y P sobre *Pennisetum purpureum* en la producción y calidad del pasto.
- Determinar la influencia de dosis y fuentes de N y P sobre *Pennisetum purpureum* en algunas propiedades químicas del suelo.
- Diseñar un plan de fertilización en sistema de pastura de *Pennisetum purpureum* de acuerdo con las dosis y fuentes seleccionadas.

2. JUSTIFICACIÓN

Una de las principales causas de degradación de praderas en la Orinoquia colombiana es el sobrepastoreo de los bovinos, afectando el crecimiento o rebrote del pasto, debido a que la planta no dispone de un área foliar remanente, capaz de efectuar una fotosíntesis activa que le permita una adecuada conversión de la energía lumínica en biomasa (Rincón, 2006).

La calidad del forraje del pasto *Pennisetum purpureum* disminuye rápidamente a través del tiempo, debido principalmente a la deficiencia de nitrógeno; por lo tanto, se requiere la aplicación de fertilizantes nitrogenados, o la introducción de leguminosas persistentes y productivas. Las investigaciones realizadas en el C.I. Carimagua indican que en las pasturas de *Pennisetum purpureum* ocurre una baja tasa de mineralización del nitrógeno; además en suelos deficientes en materia orgánica, el pasto presenta bajo contenido de proteína, lo cual trae como consecuencia la reducción en el consumo por el animal y bajas ganancias de peso vivo (Perez Bonna & Lascano, 1992).

En general, la eficiencia de un fertilizante depende de las características del suelo, del manejo del cultivo y de las condiciones climáticas. En suelos ácidos de los Llanos Orientales con $\text{pH} < 5.5$ se requieren altas dosis de fertilizantes químicos para suplir satisfactoriamente los requerimientos nutricionales de pasturas, principalmente N y P. La aplicación de cal es uno de los tratamientos químicos básicos usados para inactivar el Al intercambiable en suelos ácidos (Castro y Gómez, 2010; Sánchez y salinas, 2008), debido a que puede mejorar la eficiencia de la fertilización N y P, y resulta más económico que la aplicación de altas dosis de éstos fertilizantes; sin embargo, en la práctica son muy pocos los estudios donde se han identificado las dosis precisas de N y P que mejore la productividad de pasturas de *Pennisetum purpureum*.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aproximadamente 60 a 70% de los suelos en el piedemonte llanero colombiano son naturalmente infértiles, con deficiencias generales de macro y micro nutrientes y alta retención fosforo (Sánchez y Salinas, 2008), de ahí que es importante seleccionar fuentes fosfatadas altamente solubles.

Además, una gran proporción de estos suelos tienen valores de pH menores de 5.5 y pueden desarrollar toxicidades de aluminio y/o manganeso (Sánchez y Salinas, 2008). Las principales causas de degradación química de las praderas se atribuyen a la pérdida de fertilidad de los suelos, debido principalmente a la acidez de los suelos, a los bajos contenidos de materia orgánica del suelo y a las deficiencias de nutrientes (Rincón, 2006; Lora, 2010).

Por tanto, la pregunta de investigación es ¿cómo la aplicación de diferentes dosis de N y P, pueden influir sobre *Pennisetum purpureum* en ganancia de biomasa, nutrientes en la planta y algunas condiciones químicas del suelo?

La respuesta a la pregunta ayudaría a establecer alternativas de manejo de la fertilización con N y P más adecuadas para la producción del pasto *Pennisetum purpureum* en suelos en la zona de estudio.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 *Pasto Elefante (Pennisetum purpureum)*

(Araya Mora & Boschini Figueroa, 2005), describen al pasto elefante como una especie perenne, de crecimiento erecto, de 2 a 4 m de altura, con una caña maciza de 1,5 a 2 cm de diámetro, hojas lanceoladas, planas, tiernas y algo ásperas de 50 a 100 cm de largo y de 5 cm de ancho similares a las del ecotipo morado.

Es una especie que se adapta bien a las condiciones tropicales y subtropicales, desde el nivel del mar hasta los 1,800 metros, obteniéndose su mejor desarrollo por debajo de los 1,500 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas entre 17° a 27 °C, siendo la óptima 25°C, con una humedad relativa entre el 60 y el 80 por ciento; con una precipitación de 200 -2,200 mm/año (CORPOICA, 2013).

La especie *P. purpureum* es una planta C4, que presenta alta tasa fotosintética y consecuentemente alta producción de materia seca. Las bajas temperaturas son la mayor limitante para su producción de forraje. El mayor volumen radicular se encuentra en los primeros 15 cm de profundidad, dependiendo de suelo. Prefiere suelos profundos, bien drenados y en general no resiste la sequía prolongada (Bemhaja, 2000).

4.2 *Origen*

Este híbrido tiene origen en la antigua de la republica de Zimbabue en África del Sur. Fue introducido a Suramérica a través de Panamá y a Colombia se trajo en 1.974 (Bemhaja, 2000).

4.3 *Morfología y taxonomía*

Presenta la siguiente clasificación Taxonómica (Tabla 1):

Tabla 1. Morfología y taxonomía pasto de corte elefante (*Pennisetum purpureum*)

Reino	<i>Plantae</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Genero	<i>Pennisetum</i>
Especie	<i>P. Purpureum Schumach</i>

Fuente: CORPOICA, 2013

4.4 Características Agronómicas

Las observaciones y experiencias con el *P. purpureum* (Bemhaja, 2000), indican que esta gramínea sobresale por la importancia agronómica de la especie que está dada por su gran potencial forrajero en cantidad y calidad cuando manejado para utilización directa, pastoreo o como reserva, silo y eventualmente heno. Dada su particular morfología y fisiología puede ser utilizado por vacunos de carne y leche. Como forrajera perenne adaptada a ecosistemas limitantes. Permite un uso racional del recurso suelo evitando su degradación y erosión.

4.5 Principales fuentes de acidez y encalado

El Al^{+3} en la solución del suelo es el principal responsable de la disminución de fósforo y bases en los suelos, que ocasionan bajos rendimientos de las plantas, debido a que no solo faltan elementos esenciales, sino que se inhibe el desarrollo de las raíces (Zapata, 2004). Los materiales utilizados como correctivos de acidez del suelo son principalmente carbonatos, hidróxidos y óxidos de Ca y/o Mg (Castro & Gómez, 2010).

4.6 Consideraciones de la fertilización con N y P en las pasturas

La fertilización afecta a la composición química del pasto, por una parte, haciendo más disponible el elemento con el que se fertiliza y, por otra, ocasionando un efecto de dilución si se produce un aumento considerable de la producción.

A nivel mundial, la acelerada acidificación de muchos suelos bajo el esquema del mejoramiento de las pasturas es basada en el uso de altas dosis de nitrógeno, lo cual es ampliamente atribuido a un mal manejo del N, haciendo ineficiente su utilización por parte de las plantas, lixiviándose en forma de nitrato, el N no utilizado (Coventry & Slattery, 1991). Esta parte del nitrógeno participa en una amplia proporción de la acidificación de los suelos, estimándose que entre 14 a 80 kg de nitrógeno en forma de nitrato puede ser lixiviado por hectárea por año.

Desde el punto de vista agronómico y de producción vegetal, el fósforo cumple un rol en importantes funciones, tales como: i) estimular el crecimiento y expansión foliar; ii) promover el crecimiento de las raíces y iii) mejorar la calidad nutricional de la pastura

etc. Por lo cual, el fósforo es un macronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las praderas (Espinosa y Molina, 1999).

El porcentaje de materia seca (MS) de las pasturas es uno de los factores que determina la capacidad de consumo de los animales (Posada et al., 2007) y es un indicador importante para calcular la disponibilidad de forraje en una explotación ganadera. La oferta de MS a su vez permite establecer el consumo de nutrientes, el balance nutricional, y el cálculo de raciones, haciendo posible ajustar la suplementación de los animales en las épocas y cantidades adecuadas (Posada et al., 2007).

La escasa respuesta de la pradera natural a las aplicaciones de potasio en varios ensayos corrobora la información de diferentes autores respecto a la débil respuesta de este elemento en el primer corte (Castro y Gómez, 2010), pero que puede ir en aumento a través de los diferentes cortes, debido a que el K en pasturas está asociado para producción de semilla por su función de transportador de azúcares, no es recomendable en praderas, para producción de biomasa aplicar K, de esta forma se evita y/o prolonga el periodo vegetativo, de ahí, que este elemento no será evaluado.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación

El presente proyecto se realizó en la Granja localizado geográficamente en la 4°04'28.5"N longitud 73°34'53.9"W oeste, perteneciente, a la Universidad de los Llanos ubicadas de la vereda de Barcelona. Municipio de Villavicencio departamento del Meta.

5.2 Tratamientos

Se evaluó la pastura conocida como pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), en un potrero a establecer.

Se compararon dos fuentes de abonos simples con N (UREA), y de P (DAP), y dos fuentes de abonos compuestos con triple 15, y triple 18 (0, 50, 100 y 150 kg/ha), para un total de 16 unidades experimentales.

Tabla 2. Tratamientos y dosis.

Fuentes	Dosis (Kg/Ha)	Tratamientos
UREA	0	T1
	50	T2
	100	T3
	150	T4
DAP	0	T5
	50	T6
	100	T7
	150	T8
Triple 15	0	T9
	50	T10
	100	T11
	150	T12
Triple 18	0	T13
	50	T14
	100	T15
	150	T16

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Diseño Experimental

Se aplicó un diseño en bloques completos al azar, en arreglo factorial (4 fuentes x 4 dosis x 3 repeticiones), para un total de 48 unidades experimentales (Tabla 3).

Los tratamientos se evaluaron en tres épocas de corte cada 30 días, tiempo durante el cual la pastura se recupera nuevamente. Para un total de 144 unidades experimentales en los tres cortes, cada unidad experimental fue de 20 m² (5 x 4 m), para un total de 960 m² de área total, el área útil de cada parcela será de 12 m² (4 x 3 m), para evitar así el efecto de bordes.

Se aplicó cal antes de la aplicación de los fertilizantes, de acuerdo con análisis de suelo inicial, en todos los tratamientos por igual.

Los resultados se analizaron mediante el paquete estadístico SPSS Versión 21, se utilizó el análisis de varianza ANOVA (univariante), se realizó la prueba de análisis de homogeneidad de Varianza para la determinación de las pruebas post hoc, la prueba que se utilizó fue la de Tukey a un nivel de significancia del 95%.

Tabla 3. Diseño experimental, Bloques Completos Al Azar.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
T1	T6	T9
T3	T10	T2
T5	T2	T4
T8	T7	T11
T12	T11	T8
T4	T9	T3
T9	T4	T12
T11	T12	T7
T7	T8	T1
T2	T5	T6
T10	T3	T10
T6	T1	T5
T13	T16	T13
T16	T15	T14
T15	T14	T16
T14	T13	T15

Fuente: Elaboración propia

5.4 Principales Variables A Evaluar

5.4.1 Forraje verde y materia seca

Para las evaluaciones de forraje disponible y materia seca, se realizaron muestreos en cada unidad experimental con marcos de 25 cm x 25 cm, por duplicado y los resultados se extrapolarán a t/ha; las evaluaciones se realizaron en tres épocas: a los 30, 45 y 60 días. Las submuestras de 200 g de materia verde se secaron a 65°C durante 72 horas en estufa de ventilación forzada, período tras el cual se estimó el porcentaje de materia seca parcial por diferencia de peso antes y después de la colocación en la estufa (Posada *et al.*, 2007).

5.4.2 Propiedades químicas del suelo

Se analizaron algunas propiedades químicas del suelo, pH, %MO, P disponible, Al intercambiable, bases (Ca, Mg, K).

6 RESULTADOS Y DISCUSION

La tabla 4 indica el análisis estadístico, permitiendo observar que todos los tratamientos arrojaron resultados positivos crecientes en el aumento de la proteína frente al testigo (sin aplicación de fuentes de fertilización externas a las condiciones propias del suelo) de la investigación.

Tabla 4. Análisis estadístico de Proteína (% , Mg/Kg) según los tratamientos aplicados HSD Tukey a, b.

Tratamientos	N	Subconjunto		
		1	2	3
TESTIGO	9	6,1278		
DAP	9		6,9767	
UREA	9		7,0578	
TRIPLE 15	9			7,1744
TRIPLE 18	9			7,2333
Sig.		1,000	,120	,306

Las diferencias significativas se demuestran en las medias de los fertilizantes de triple 15 y triple 18, a lo que cabe lugar por su complejidad de composición y la interacción nutricional entre los elementos mayores (NPK) en funcionalidad de la

planta de pasto elefante; cabe precisar que la composición proteica del pasto se expresa como proteína cruda (PC) siendo un término empleado para nombrar sustancias nitrogenadas como: nitrógeno mineral, amoniacal, aminoácidos, proteínas y su determinación es de acuerdo a su contenido de nitrógeno total (N) que se multiplica por la constante 6,25; la proteína verdadera generalmente constituye entre el 75 y 85% de la proteína bruta, disminuyendo en cada etapa fenológica del pasto (Suárez, 2016).

Tabla 5. Análisis estadístico de Proteína (% , Mg/Kg) según los días de corte HSD Tukey^{a, b}

Días de Corte	N	Subconjunto		
		1	2	3
30	15	6,7480		
90	15		6,9287	
60	15			7,0653
Sig.		1,000	1,000	1,000

En la tabla 5, conforme al análisis estadístico se puede observar que cada uno de los tratamientos arrojaron resultados positivos crecientes en el aumento de proteína de la composición química del pasto de acuerdo con el número de días transcurridos posterior al corte en intervalos de tiempo a 30 días. Es preciso recalcar el tiempo que transcurre después del corte a los 60 días, presentando el porcentaje más alto de proteína respecto a los anteriores días de toma de datos, al igual como lo sugiere Suárez (2016), en el aumento de fibra y reducción de proteína de acuerdo con el tiempo de desarrollo de la planta hasta porcentajes de 40% menores que los primeros 2 meses después del crecimiento de la planta.

Los cortes se efectúan con el tiempo necesario para el rebrote del pasto, independientemente de la época en que se realiza, así como lo afirma Vivas et.al., (2019), por el cual diferentes tratamientos (50, 60,70,80 y 90 días de rebrote) dados en época seca (sin déficit hídrico) y época de lluvias, y por el cual no se presentaron diferencias estadísticas significativas para la producción de materia seca (ton/ha/año) y

proteína, especificando que a los 70 días, la producción fue mayor, alcanzando 25,4 ton/Ms/ha/año en pasto elefante morado.

La caracterización nutricional de *P. purpureum* a diferentes edades de rebrote, son realizados por análisis bromatológicos en especificidad de la proteína, apreciando que, a los 70 días posterior de la siembra, la producción total de proteína cruda por unidad de área es ligeramente mayor, y que alcanza valores de 0,12 y 0,16 ton de PC más por hectárea que a los 80 y 60 días, con un valor porcentual del 8% (Vivas, Criollo, & Cedeño, 2019).

Tabla 6. Análisis estadístico de Proteína (% , Mg/Kg) según las dosis aplicadas HSD Tukey ^{a, b, c}

Dosis	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
00	9	6,1278			
50	12		6,8025		
100	12			6,9483	
150	12				7,5808
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

En la tabla 6, de acuerdo con el análisis estadístico se puede observar que cada uno de los tratamientos con las diferentes dosis evaluadas, arrojaron resultados positivos crecientes en el aumento de proteína en la composición química del pasto. Cabe resaltar que dentro de las dosis de 150 gr /m², se muestra un porcentaje más alto de proteína con una tendencia exponencial, que corresponde directamente proporcional que a mayor cantidad de nitrógeno aplicado, incrementa los valores porcentuales de proteína, hasta alcanzar el punto de madurez fisiológica en el incremento de fibra alrededor de los 60 días. La tendencia en el aumento de la proteína muestra diferencias significativas de aplicación de fuentes nitrogenadas en producción de biomasa verde (kg. ha⁻¹) a una cantidad de 450 (kg. ha⁻¹) y un tiempo de corte de 90 días, como lo sugieren (Cerdas & Vallejos, 2010) en la correlación de proteína según fertilización y a su vez el tiempo transcurrido desde la siembra y sus respectivos cortes.

Tabla 7. Análisis estadístico de Proteína (% ,Mg/Kg) según el forraje verde HSD Tukey^a

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
TESTIGO	9	3010,0000
DAP	9	3845,0000
TRIPLE 15	9	3868,2222
TRIPLE 18	9	4008,2222
UREA	9	4364,1111
Sig.		,467

En la tabla 7, la producción de forraje verde se observa que no existen diferencias estadísticas significativas, sin embargo, numéricamente y en cuestiones de productividad los tratamientos con mejores resultados de producción de biomasa fueron el triple 18 y la Urea. Existe una respuesta directa en el incremento del porcentaje de proteína cruda con respecto a la cantidad de nitrógeno aplicado (Urea con un valor porcentual de 46% y el triple 18 con 18%, similar al DAP con 18% de N, pero que cambia es por el encapsulamiento en su fórmula química), expresando la proteína cosechada por superficie, ya que las variables rendimiento y porcentaje de proteína responden en forma inversa, compensando su efecto; la fertilización con nitrógeno incrementa tanto el rendimiento como el contenido de proteína, obteniéndose casi 3 kg de proteína por cada kilogramo de nitrógeno añadido en forma de urea (Márquez, Sánchez, Urbano, & Dávila, 2007).

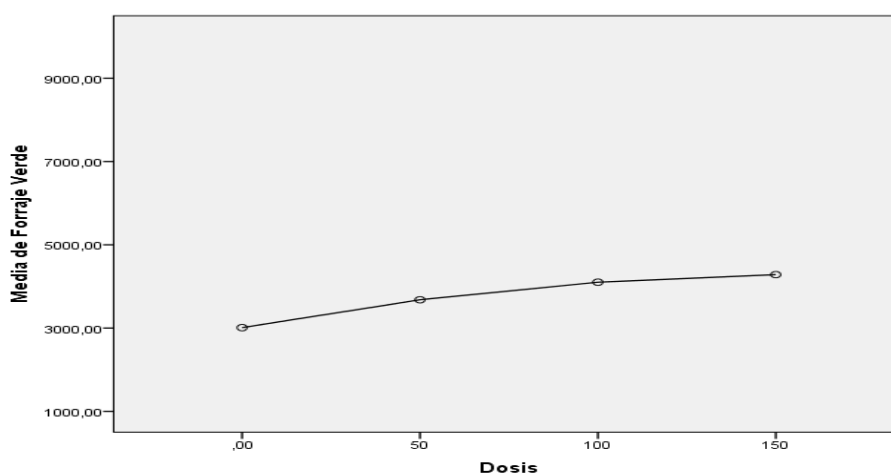


Figura 1. Análisis estadístico de Proteína según el forraje verde vs Dosis

El N se caracteriza por ser el nutriente de mayor limitación para el rendimiento de los pastos tropicales, ya que, en el trópico, el suelo presenta una fertilidad natural relativamente baja. Y se reconoce la alta demanda de N en *P. purpureum* debido a su alta producción (Goyes et al, 2018).

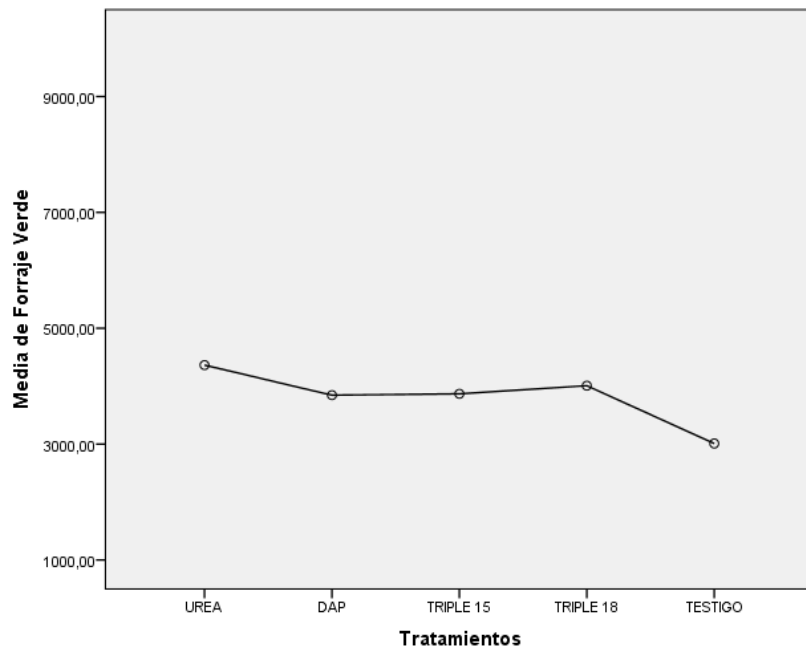


Figura 2. Análisis estadístico de Proteína según el forraje verde vs Tratamientos

Tabla 8. Análisis estadístico de Proteína (% , Mg/Kg) según los días de corte HSD Tukey^a

Días de Corte	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
30	15	1558,4667	
60	15		4787,2000
90	15		5111,6667
Sig.		1,000	,242

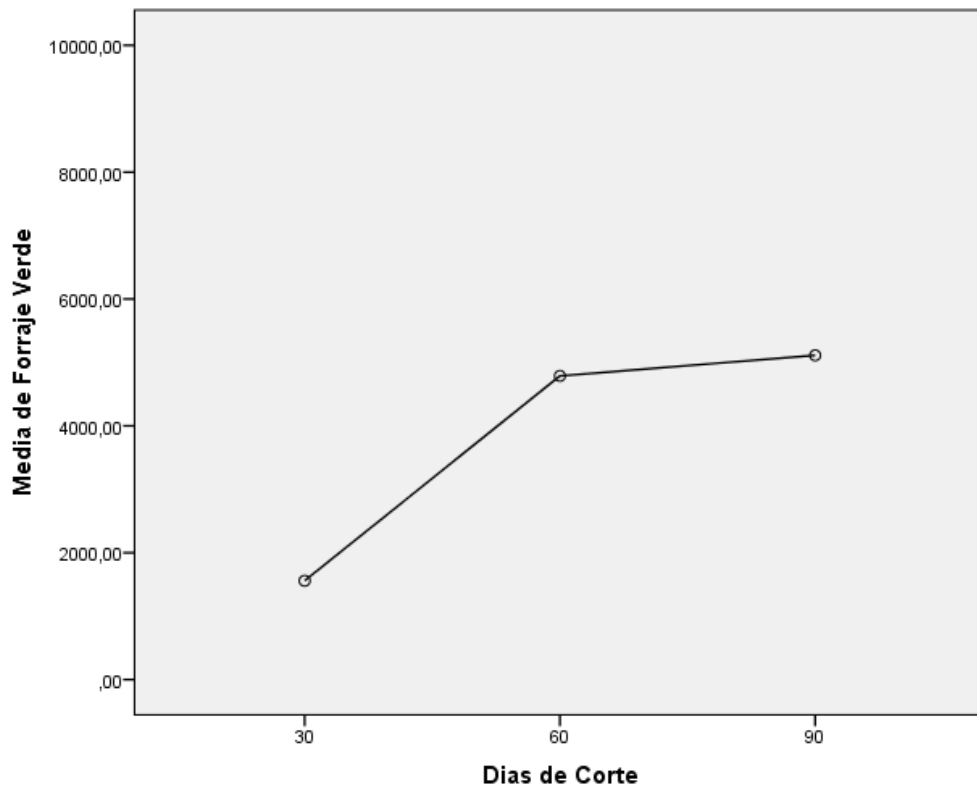


Figura 3. Análisis estadístico de Proteína según el forraje verde vs Días de corte.

En la tabla 8 y la figura 3, se visualizan que el mayor porcentaje de forraje verde lo presentan los cortes realizados en los días 60 y 90, sin embargo, no existe diferencia significativa entre estos días de corte de forraje verde. Estos valores de producción de forraje verde en la frecuencia de corte a los 60 y 90 días, se regulan por la madurez fisiológica de la planta y el crecimiento y engrosamiento de los tallos, se aprecia que existe una tendencia a incrementar la altura conforme avance la edad del pasto; junto con el aumento de la cantidad del macollamiento en la etapa de establecimiento conforme crecen vegetativamente y van acumulando reservas para el rebrote después del corte (Ruiz, 2016).

La frecuencia de corte en la relación hoja: tallo difiere de la edad de la planta posterior a los 30 días y de 60 días respectivamente. Este comportamiento para la relación hoja: tallo es sustentado por Ruiz (2016), quien afirma que, a partir de la cuarta semana de edad del pasto, comienzan a diferenciarse los tallos verdaderos, las relaciones entre las fracciones aéreas de la planta empiezan a modificarse, al

disminuir la producción relativa de hojas y aumentar la producción relativa de tallos en referencia a la biomasa total de forraje.

Tabla 9. Análisis estadístico de Proteína (% ,Mg/Kg) según las diferentes dosis aplicadas. HSD Tukey^{a, b}

Dosis (gr)	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
00	9	3010,0000
50	12	3680,0833
100	12	4101,3333
150	12	4282,7500
Sig.		,306

En la tabla 9, se observa que no hay diferencias estadísticas entre las dosis aplicadas, no obstante, las dosis más altas (100 y 150 gr/m²) numéricamente presentan la producción de forraje verde más elevada.

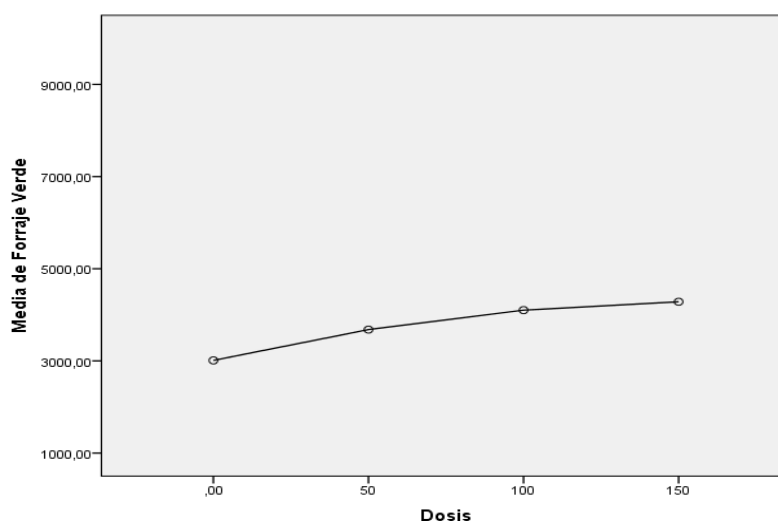


Figura 4. Análisis estadístico de Proteína según el forraje verde vs Dosis de aplicación.

Como se muestra en la tabla 9 y la figura 4, el forraje verde crece exponencialmente debido a las fuentes nitrogenadas de cada uno de los fertilizantes; el efecto reportado por los nutrientes, al aplicar cada kilogramo de N, la planta lo aprovecha junto con el N nativo del suelo y genera el rendimiento de forraje verde, pero a su vez necesita la interacción con el azufre presente del suelo por efecto de descomposición, generando el mayor rendimiento de forraje verde en la planta (Goyes, y otros, 2018).

Tabla 10. Análisis estadístico de absorción de Calcio según los diferentes tratamientos aplicadas. HSD Tukey^{a, b}

Tratamientos	N	Subconjunto 1
TESTIGO	9	,2000
TRIPLE 15	9	,2300
TRIPLE 18	9	,2333
UREA	9	,2433
DAP	9	,2522
Sig.		,064

En la tabla 10, se puede evidenciar que no existe diferencias significativas entre los tratamientos, es de aclarar que los fertilizantes simples que al parecer promueven la absorción de nutrientes como el calcio.

Como corresponde los fertilizantes químicos utilizados mantienen un pH ácido y dentro de su composición no incluyen el Ca como elemento nutricional, el aporte que muestra de simulación del Ca por la planta es el efecto y resultado de la aplicación de la cal en el terreno.

La demanda, absorción y translocación del calcio es referenciado por Monge (1994), infiriendo que el contenido de calcio en las plantas varía entre el 0,1 y el 5% de su peso seco, dependiendo de la especie, del órgano y de las condiciones de crecimiento. Por otro lado, los niveles de Ca⁺⁺ libre en el citoplasma y en los cloroplastos deben ser muy bajos, para evitar la precipitación del fósforo inorgánico y la inactivación o activación incontrolada de ciertas enzimas como la fosfolipasa y la NAD-quinasa (Monge, 1994).

Tabla 11. Análisis estadístico de absorción de Calcio según los días de corte HSD Tukey^{a, b}

Días de Corte	N	Subconjunto 1
90	15	,2300
60	15	,2327
30	15	,2327
Sig.		,971

En la tabla 11, no existen diferencias significativas por lo cual podemos diferir que la tasa de absorción de Calcio se da hasta los primeros 30 días de siembra.

Este resultado se efectúa por la reacción química realizada alrededor de los 30 días de hacer los cationes intercambiables suelo-calcio y suelo-planta, en el efecto de neutralización de la acidez intercambiable del Aluminio y su efecto negativo en desarrollo de las plantas en su parte aérea por efecto del atrofiamiento de las raíces en valores cercanos o superiores a 1 de Al, no presentes en el análisis de suelos en donde se ejecutó la investigación, con un valor menor a 1 y que no implica problemas agronómicos en el manejo de las variables a estudiar dado por el desarrollo de la planta.

Tabla 12. Análisis estadístico de absorción de Calcio según las dosis de aplicación. HSD Tukey^{a, b, c}

Dosis (Kg.ha-1)	N	Subconjunto	
		1	2
,00	9	,2000	
150	12	,2267	,2267
100	12	,2450	,2450
50	12		,2475
Sig.		,056	,463

En la tabla 12, se observan algunas diferencias significativas entre las diferentes dosis aplicadas, no obstante, debemos resaltar que con la dosis de 50 gr/m² en todos los tratamientos se llega al porcentaje máximo de absorción de calcio en la planta. La dosis de 50 gr/m² representa la significancia de la absorción de planta menos el poder de neutralización de 0,6 meq de Aluminio presentes en el suelo y manteniendo su acidez intercambiable neutra.

La proporción de calcio (en % de materia seca) en las distintas partes de una planta es la siguiente:

Raíces y tallos..... 1,20
Hojas..... 0,90

El contenido de iones totales de calcio en la solución del suelo varía según el tipo de este, pero, en la mayoría de los casos, el 60-80% del total de estos iones se encuentra como Ca⁺⁺ y, aunque las raíces aprovechan menos del 3% del calcio disponible, esta cantidad es suficiente para satisfacer las demandas (Monge, 1994).

En el caso del calcio su comportamiento es muy variante, esto se debe a que el contenido del calcio es mayormente adsorbido por la planta cuando está en periodo de crecimiento y desarrollo, este comportamiento es normal, según (Casanova et al., 2006). El calcio es un nutriente importante en el contenido celular de las plantas, su contenido en las gramíneas de 0.30 a 0.90 % (Molina, 2006). El calcio desempeña un papel importante, como elemento cementante en la pared celular. Por esta razón llama la atención encontrar los mayores valores en las hojas, donde se encuentra el menor contenido de pared celular. (Valenciaga, 2006).

Tabla 13. Análisis estadístico de absorción de Potasio según los tratamientos evaluados. HSD Tukey^{a, b}

Tratamientos	N	Subconjunto		
		1	2	3
TESTIGO	9	2,0889		
UREA	9		2,2500	
DAP	9		2,3700	
TRIPLE 18	9			2,8978
TRIPLE 15	9			2,9733
Sig.		1,000	,102	,380

En la tabla 13, existe diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, cabe resaltar que los fertilizantes compuestos promueven la absorción de potasio para la movilidad de nutrientes en la planta, sin embargo, numéricamente el triple 15 tiene la concentración más equilibrada.

El potasio también desempeña un importante papel en el metabolismo vegetal, en especial en la síntesis y translocación de los carbohidratos solubles. Probablemente, sea esta la causa por la que sus valores son mayores en las hojas. Además, su superioridad en el periodo poco lluvioso podría estar condicionada por la necesidad de almacenar reservas de carbohidratos simples, para propiciar el crecimiento y desarrollo en una época que no es apropiada para ello. Esto se corresponde con lo informado por (Estrada, 2003); en determinadas condiciones, las variedades de *P. purpureum* pueden hacer un consumo superior de potasio. Es decir, presentar altas concentraciones de este elemento, sin necesidad aparente (Herrera, 2006).

Tabla 14. Análisis estadístico de absorción de Potasio según los días de corte. HSD Tukey^{a, b}

Días de Corte	N	Subconjunto	
		1	
90	15		2,4853
30	15		2,5107
60	15		2,5520
Sig.			,143

En la tabla 14, no existe diferencias significativas estadísticamente hablando, pero numéricamente se puede apreciar que hasta los 60 días existe absorción de Potasio. El potasio se absorbe durante las etapas tempranas del crecimiento en las gramíneas, mucho más que el nitrógeno o el fósforo. Al momento en que un cultivo acumula el 50 % total de la biomasa, se habrá absorbido el 68, 56 y 95 % del N, P Y K respectivamente (Welch & Flannery, 1985). Los requerimientos necesarios para alcanzar un óptimo crecimiento cambian con las etapas de desarrollo. Las frutas y hojas verdes contienen generalmente niveles más altos potasio (K) en sus primeros estadios (Fageria et al.,1991).

Tabla 15. Análisis estadístico de absorción de Potasio según las dosis aplicadas. HSD Tukey^{a, b, c}

Dosis	N	Subconjunto	
		1	2
00	9	2,0889	
100	12		2,6008
50	12		2,6042
150	12		2,6633
Sig.		1,000	,357

En la tabla 15, existen algunas diferencias significativas con respecto al testigo, sin embargo, podemos inferir que numéricamente la dosis promedio más representativa es con la aplicación de 50 gr/m² en los diferentes tratamientos.

El potasio (K) es un macro nutriente esencial requerido en grandes cantidades para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos. Algunas de las principales funciones de las activaciones de enzimas, la síntesis de proteínas, el movimiento estomático y el balance de cargas iónicas (Maathuis, 1994) Cantidades adecuadas del potasio son

importantes contribuyentes en la adaptación de los cultivos al stress causado por factores bióticos y abióticos, tales como sequias, salinidad, heladas, ataques de insectos o enfermedades (Kafkafi, 1990, 1997). El potasio se encuentra normalmente en un rango entre 1 a 4 % de la materia seca, alcanzando más del 8 % en algunos casos (Leigh & Wyn-Jones, 1984).

Tabla 16. Análisis estadístico de absorción de Fosforo según los tratamientos evaluado. HSD Tukey^{a, b}

Tratamientos	N	Subconjunto		
		1	2	3
TESTIGO	9	,1144		
UREA	9	,1344		
DAP	9		,1678	
TRIPLE 18	9		,1844	
TRIPLE 15	9			,2111
Sig.		,106	,192	1,000

En la tabla 16, podemos que existen diferencias significativas en los diferentes tratamientos, cabe resaltar que el mejor tratamiento para la absorción de fosforo es el triple 15.

El fosforo (P) es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, siendo considerado uno de los macronutrientes más importantes. Las deficiencias de fosforo (P) en las plantas se relacionan con su rol en la transferencia y su almacenaje de energía. Los cultivos que presentan deficiencias de fosforo muestran un crecimiento inicial menor (Rodríguez et al., 2000).

El fosforo desempeña múltiples funciones en el metabolismo vegetal. Se considera un componente fundamental, ya que forma parte de una amplia gama de moléculas, activa diferentes enzimas y controla los procesos metabólicos (Herrera, 2006) por estas razones, su contenido es mayor en las hojas. No obstante, su absorción por parte de la planta depende de la cantidad y de la forma en que se encuentra disponible en el suelo.

Es lógico que durante el periodo lluvioso se registraran los mayores tenores, lo que está relacionado con la gran demanda que tiene el fosforo para garantizar un mejor proceso de crecimiento, desarrollo y rendimiento de biomasa durante este periodo.

Tabla 17. Análisis estadístico de absorción de Fosforo según los días de corte. HSD Tukey^{a, b}

Días de Corte	N	Subconjunto	
		1	2
60	15	,1527	
90	15	,1587	
30	15		,1760
Sig.		,498	1,000

En la tabla 17, existen diferencias significativas entre los tratamientos y la absorción de fosforo, sin embargo, se puede evidenciar que a los 30 días de edad se obtiene la mayor absorción de fosforo en la planta. El fosforo (P) es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, siendo considerado uno de los macronutrientes más importantes. Las deficiencias de fosforo (P) en las plantas se relacionan con su rol en la transferencia y su almacenaje de energía. Los cultivos que presentan deficiencias de fosforo muestran un crecimiento inicial menor (Rodríguez et al.,2000).

El fosforo ayuda a que las raíces y la plántula se desarrollen más rápidamente, es por esta razón que en las primeras etapas fenológicas requiere mayor absorción de fosforo, algunos de los procesos químicos en la planta que requieren (P) son: fotosíntesis, respiración, almacenaje y transporte de energía y crecimiento de célula. (Roberts, 1997).

Tabla 18. Análisis estadístico de absorción de Fosforo según las dosis evaluadas. HSD Tukey^{a, b, c}

Dosis	N	Subconjunto		
		1	2	3
,00	9	,1144		
100	12		,1583	
150	12		,1642	
50	12			,2008
Sig.		1,000	,756	1,000

En la tabla 18, se observa estadísticamente que, si existe diferencias significativas, sin embargo, es muy importante el resultado que nos indica la tabla, que la mayor absorción de fosforo lo evidenciamos con la aplicación de 50 gr/m².

El fósforo es un mineral importante en la alimentación de los animales, sin embargo, la concentración de fósforo en el pasto debe estar alrededor de 0.2% (Tejos, 2001). Por otra parte (Jones, 1972), ha calificado en las gramíneas como deficientes los contenidos de fósforo menores a 0.24%.

En términos generales, puede decirse que es un elemento regulador de la vegetación y, por tanto, un factor de calidad y que favorece precisamente los periodos de vegetación que son críticos para el rendimiento de la planta: fecundación, maduración y movimiento de las reservas. Además, incrementa la eficiencia del uso de agua.

Por otra parte (Kass, 1996), argumenta que el fósforo se encuentra en fuertes concentraciones en los tejidos meristemáticos, influyendo en el crecimiento activo de la planta. La mayor demanda de fósforo ocurre en la etapa de desarrollo de raíces y de crecimiento vegetal. Eso no significa que no se necesita en otras etapas como floración y producción de frutos, pero la demanda en las últimas etapas normalmente es menor.

Es por eso por lo que el fósforo interviene activamente en la mayor parte de las reacciones bioquímicas complejas de las plantas que son la base de la vida: respiración, síntesis, descomposición de glúcidos y síntesis de proteínas.

Tabla 19. Análisis de suelos evaluadas.

Fecha	ANÁLISIS DE SUELOS EVALUADAS																
	pH	N %	M O %	P ppm	Al meq/100g	K (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Na (meq/100g)	B.T. (meq/100g)	B	C u	M n	Fe	Z n	S	ClCe (meq/100g)
3-feb-20	5,4	0,14	2,9	22,1	0,6	0,18	3	0,75	0,01	3,34	0,14	1,35	1,6	206,25	2,65	2,07	4,54
20-nov-20	5,3	0,15	3	25	0,6	0,11	2,5	0,75	0,02	3,38	0,13	2,1	2,5	230	2,95	2,6	3,98

En la tabla 19, podemos evidenciar que no existe diferencias significativas estadísticamente en las propiedades químicas del suelo, sin embargo, numéricamente, si existe un leve aumento en la composición química de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio.

7 CONCLUSIONES

Plan de Fertilización

Teniendo en cuenta los análisis y los tipos de tratamientos utilizados en este proyecto, se determinó que el pasto *Pennisetum purpureum* se desarrolla y expresa su potencial bajo el siguiente plan de fertilización; para los primeros 30 días de desarrollo el pasto mostró un buen desarrollo en su crecimiento con la aplicación de un fertilizante simple conocido como DAP (fosforo), por otro lado se observó que esta especie forrajera potencializó su producción y calidad entre los 50 y 60 días de su ciclo de vida con la aplicación de un fertilizante compuesto como triple 15, en el experimento los mejores resultados se expresaron con la mínima dosis utilizada de 50gr por m² de las fuentes de fertilizantes utilizadas, esto indica que es una especie que no es muy exigente a la fertilización, pero con un suelo medianamente fértil con una aplicación de refuerzo expresara su potencial productivo como forraje para la producción animal.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Araya Mora, M., & Boschini Figueroa, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta.
- Belalcázar D, Duran CV. (1997). Manual de capacitación en tecnología de producción de pastos. Especies forrajeras tropicales de Interés para pasturas en suelos ácidos. CIAT. (Centro Internacional de Agricultura Tropical). P 41.
- Bemhaja, M. (2000). *Pasto elefante (Pennisetum purpureum Schum.): INIA Lambaré* (No. 633.2 BEMp). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.
- Castro F., H.E. y Gómez S., M.I. (2010). Fertilidad de suelos y fertilizantes. En: Burbano O., H. y Silva M., F. (Eds). Ciencias del suelo principios básicos. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Bogotá. Colombia. pp. 213 – 303.
- CORPOICA. (2013). Sistema de Toma de Decisión Para las Especies Forrajeras.
- Coventry, D., & Slattery, W. J. (1991). Acidification of soil associated with lupins grown in a crop rotation in north-eastern Victoria. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42(3), 391-397.
- Espinosa, J., Molina, E. (1999). Acidez y encalado de los suelos. INPOFOS, Quito, Ecuador. 42 p.
- Fageria, N.K; Baligar, V.C. and Charles Jones. (1991). *Growth and mineral nutrition of field crops*. marcel oekker inc., New York, USA.
- Herrera, R. S Y Ramos, N. (2006). *Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad, En: Pennisetum purpureum para la ganadería tropical*. Instituto de Ciencia Animal. La Habana.
- Herrera, R. S. (2006). *Fisiología, calidad y muestras. en: Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogas*. G, EDICA, la habana p .89.
- jones, U. S. (1972). *Fertility and soils fertility*. 2da edition. Reston publishing company inc.
- Kass, D. (1996). *Fertilidad del suelo*. EUNED. san jose, CR. 272p.

- Leiiigh, R. A. and Wyn- Jones,R. G. (1984). *Ahypothesis relating critical potassium contretation for growth to the distribution and functio of this in the plant* . New Phytol 97,1-13.
- Lora S., R. (2010). Propiedades químicas del suelo. En: Burbano O., H. y Silva M., F. (Eds). Ciencias del suelo principios básicos. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Bogotá. Colombia. Pág. 73 –137.
- Maathuis, F. J. (1994). *Mechanism of high affinity potassium uptake in roots of Arbidosis thaliana*.
- Molina, j. E. (2006). *Evaluación del comportamiento del Taiwán morado (Pennisetum purpureum) con dos niveles de fertilización nitrogenada y tres edades de corte*. san Cristóbal: tesis ing. En producción Animal. Universidad Nacional y Experimental.
- Mora, M. A., & Figueroa, C. B. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de Pennisetum purpureum en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 16(1), 37-43.
- Perez Bonna, R. A., & Lascano, C. E. (1992). Pasto Humidicola (*Brachiaria humidicola* (Rendle Schweickt). Obtenido de Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Boletín técnico 20.
- Posada, S.L, Angulo, J y Restrepo, L.F. (2007). Validación de métodos de secado para la determinación de materia seca en especies forrajeras. *Livestock Research for Rural Development*. 19 (42).
- Rincón A. 2006. Factores de degradación y tecnología de recuperación de praderas en los llanos orientales de Colombia. Boletín Técnico No. 49. Villavicencio: Corpoica, Gobernación del Meta.
- Roberts. (1997). *Papel del fosforo y del potasio en el establecimiento de los cultivos*. Instituto de la potasa y fosforo. Tejos, R. (2001). *Alternativas de manejo de pasturas para bovinos post destete*. XII jornadas técnicas de ganadería, p 19 -35.
- Rodriguez, D;Andrade F, and Goudriaan. (2000). *Does Assimilate supply limit leaf Expansion in wheat Grown in the fiel under low Phosphorus Availability*. crops research 67:227-238.
- Sánchez, P.A. y Salinas, J.G. (2008). Suelos Ácidos. Estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Segunda impresión. Bogotá. Colombia. 93 p.
- Suárez, C. (2016). *EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y NUTRICIONAL DEL PASTO ELEFANTE*.

- Valenciaga. (2006). *efecto del tiempo de reposo en la degradabilidad rumial in situ del complejo lignocelulosa y la producción de gas in vitro de la clon cuba C7-115 (Pennisetum purpureum)*. Rev. Cubana Cienc. Agric, 40: 71.
- Vivas, N., Criollo, M., & Cedeño, M. (2019). Frecuencia de corte de pasto elefante. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*.
- Welch, L.F. and Flannery, R.L. (1985). *potassium nutrition of corn*. Potassium in agriculture. ASA, Madison, WI.
- Zapata, R. (2004). Química de la acidez del suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Cali, Colombia. 208 p.

9 ANEXOS



Anexo 1. Establecimiento y montaje de las unidades experimentales.



Anexo 2. Germinación de las unidades experimentales.



Anexo 3. Pesaje de los diferentes tratamientos.



Anexo 4. Aplicación de los diferentes tratamientos.



Anexo 5. Aplicación de los diferentes tratamientos.



Anexo 6. Pesaje de muestras



Anexo 7. Toma de muestra de los aforos a las unidades experimentales



Anexo 8. Toma de muestras para realizar análisis foliares.



Anexo 9. Toma de muestras para realizar análisis Bromatológicos.