

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y NUTRICIONAL DEL PASTO ELEFANTE
(*Pennisetum purpureum*) A PARTIR DE DIFERENTES BIOFERTILIZANTES
EN LA FINCA LOS ROBLES DE LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE
POPAYÁN**

CLAUDIA ANDREA SUÁREZ RAMOS



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE

POPAYÁN, CAUCA

2016

EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y NUTRICIONAL DEL PASTO ELEFANTE
(*Pennisetum purpureum*) APARTIR DE DIFERENTES BIOFERTILIZANTES EN
LA FINCA LOS ROBLES DE LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN

CLAUDIA ANDREA SUÁREZ RAMOS – COHORTE IX

Maestrante

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:

Magíster Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

DIRECTOR

JORGE WILLIAM ARBOLEDA V. DOCTOR.

Docente Titular Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Línea de investigación

BIOSISTEMAS INTEGRADOS

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS Y

ADMINISTRATIVAS

MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE

POPAYÁN, CAUCA

2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitir realizar mis sueños, a mi esposo Carlos por brindarme su incondicional apoyo y comprensión,

A mis hijos Samuel y Julieta por ser el motor de mi vida,

A la Universidad de Manizales por brindarme las herramientas para poder formarme como magister, al profesor Jorge William Arboleda por su apoyo y conocimientos brindados,

Agradezco a la Fundación Universitaria de Popayán por el apoyo que me brindó para el desarrollo del proyecto,

A Carlos Martínez y Juliana Carvajal por sus grandes aportes, a los estudiantes Robinson Quinayas y Jairo Granda por su colaboración.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3. JUSTIFICACIÓN.....	6
4. MARCO TEÓRICO	8
4.1 PASTO ELEFANTE (<i>Pennisetum purpureum</i>).....	8
4.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	9
4.3 VARIEDADES E HÍBRIDOS	10
4.4 ADAPTACIÓN	10
4.5 SUELO.....	10
4.6 USO	11
4.7 FERTILIZACIÓN	11
4.8 ESTABLECIMIENTO	11
4.9 MÉTODOS DE SIEMBRA.....	12
4.9.1 Siembra inclinada	12
4.9.2 Siembra en surcos	12
4.10 CONTROL DE MALEZAS	12
4.11 ENFERMEDADES	13
4.12 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE PASTOS Y FORRAJES.....	13
4.13 EL MANEJO DE LAS PRADERAS	14
4.14 VALOR NUTRITIVO DE LOS FORRAJES	14
4.15 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LOS FORRAJES	15
4.15.1 Ceniza.....	15
4.15.2 Proteína	16
4.15.3 Carbohidratos	16
4.15.4 Fibra o pared celular	17
4.15.5 Extracto etéreo.....	20
4.16 FERTILIZACIÓN	20
4.16.1 Fertilización química	22
4.16.2 Fertilización orgánica	23
4.16.2.1 Agroplus.....	24
4.16.2.2 Purín finca	24
5. ANTECEDENTES.....	26
6. METODOLOGÍA	30
6.1 FINCA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN	30
6.1.1 Ubicación geográfica	30

6.1.2 Condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio	30
6.2 PROCEDIMIENTOS	31
6.2.1 Caracterización fisicoquímica del suelo	31
6.2.2 Rendimiento forrajero	33
6.2.3 Comportamiento agronómico.....	33
6.2.4 Calidad forrajera	34
6.2.5 Costos de fertilización.....	35
6.2.6 Diseño Estadístico	35
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
7.1 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA FINCA LOS ROBLES DE LA FUNDACION UNIVERSITARIA DE POPAYÁN DURANTE LA EVALUACIÓN DE PASTO ELEFANTE (<i>Pennisetum purpureum</i>)	38
7.1.1 Clima.....	38
7.1.2 Suelos.....	42
7.1.2.1 Calicata.....	¡Error! Marcador no definido.
7.1.3 Análisis de varianza de pasto elefante en la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.	44
7.1.3.1 Vigor	48
7.1.3.2 Plagas	50
7.1.3.3 Materia seca	51
7.1.3.4 Presencia de enfermedades	52
7.1.3.5 Altura de la planta	53
7.1.3.6 Porcentaje de cobertura de la planta	54
7.1.3.7 Forraje verde tonelada en una hectárea	55
7.2 CONTENIDO NUTRICIONAL	56
7.3 ANÁLISIS DE COSTOS	65
8. CONCLUSIONES	67
9. RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFIA	65
ANEXOS	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del pasto elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>). 9	
Tabla 2: Análisis de suelos: determinaciones y métodos.	311
Tabla 3: Condiciones climáticas durante el estudio de campo en la finca los Robles de la fundación universitaria de Popayán.....	399
Tabla 4: Análisis de suelos de la finca de evaluación en el peniplano de Popayán.	433
Tabla 5: Análisis de varianza para comportamiento agronómico por tratamiento.....	45
Tabla 6: Análisis de varianza para comportamiento agronómico por bloque...46	
Tabla7:Análisis de varianza para comportamiento agronómico por evaluación.....	47
Tabla 8: Análisis de varianza para composición nutricional por tratamiento.....	57
Tabla 9:Análisis de varianza para la composición nutricional por bloques.....	57
Tabla 10: Análisis de costos de fertilización del forraje verde del pasto <i>Pennisetun purpureum</i>	655
Tabla 11: Análisis del costo de producción del pasto <i>Pennisetun purpureum</i> manejado bajo diferentes tipos de fertilización.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comportamiento de las variables temperatura (—) y precipitación (—) en la finca los robles de la Fundación Universitaria de Popayán.	40
Figura 2: balance hídrico de la etapa de evaluación de <i>pasto elefante</i> (<i>Penninsetum purpureum</i>). Prec: precipitación; ETP: evapotranspiración.	41
Figura 3: Horizontes de la calicata ensayada.....	43
Figura 4: Comportamiento del vigor con respecto a los tratamientos del pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	48
Figura 5: Comportamiento del vigor con respecto a los bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	49
Figura 6: Comportamiento de plagas para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas del peniplano de Popayán.	50
Figura 7: Comportamiento de Plagas con respecto a los bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	51
Figura 8: Comportamiento de materia seca en cuanto a Bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	53
Figura 9: Comportamiento de presencia de enfermedades en cuanto a las tres evaluaciones para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	52
Figura 10: Comportamiento de la Altura de la planta en cuanto a las tres evaluaciones para pasto Elefante.	54
Figura 11: Comportamiento del porcentaje de cobertura de la planta en cuanto a las tres evaluaciones para pasto Elefante bajo las condiciones	

edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	55
Figura 12: Comportamiento de la producción de forraje verde (tonelada / hectárea en cuanto a las tres evaluaciones para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.	56
Figura 13: Comportamiento nutricional de Proteína Cruda frente a los tratamientos para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	58
Figura 14: Comportamiento nutricional de Proteína Cruda frente a los Bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.	59
Figura 15: Comportamiento nutricional de Fibra Detergente Neutra (FDN) frente a los tratamientos para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.	60
Figura 16: Comportamiento nutricional de Fibra Detergente Neutra (FDN) frente a los bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	61
Figura 17: Comportamiento nutricional de Fibra Detergente Ácida (FDA) frente a los tratamientos para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	62
Figura 18: Comportamiento nutricional de Fibra Detergente Ácida (FDA) frente a los bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	63
Figura 19: Comportamiento nutricional de digestibilidad in vitro de la materia seca frente a los tratamientos para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	64
Figura 20: Comportamiento nutricional de digestibilidad in vitro de la materia seca frente a los 3 bloques para pasto Elefante bajo las condiciones	

edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.....	65
--	----

LISTA DE IMÁGENES

Imagen1: pasto elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>).....	9
Imagen 2: Finca los Robles Fundación universitaria de Popayán.....	30
Imagen 3: Distribución de los bloques.....	38

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Matriz de datos generales.....	75
Anexo B. Vigor por tratamiento de fertilización.....	76
Anexo C.composición nutricional agro plus.....	77
Anexo D comportamiento del Vigor de la planta por bloque.....	78
Anexo E Presencia de plagas según tratamiento de Fertilización.....	78
Anexo F. Presencia de plagas con respecto a los bloques.....	78
Anexo G Presencia de enfermedades por evaluación.....	79
Anexo H Porcentaje de materia seca por bloque.....	79
Anexo I. Cantidad de forraje verde por evaluación (t/ha).....	80
Anexo. Análisis nutricional de las muestras.....	80

RESUMEN

En Colombia, el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) se ha introducido como una alternativa de alimentación animal que pueda satisfacer las necesidades nutricionales y por ser una especie de crecimiento resistente a condiciones extremas de temperatura. El presente documento reporta los resultados del trabajo de investigación titulado “Evaluación agronómica y nutricional del pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) a partir de diferentes biofertilizantes en la finca Los robles de la Fundación Universitaria de Popayán”. Para ello, se evaluó las características fisicoquímicas del suelo, el rendimiento forrajero, el comportamiento agronómico, la composición nutricional de los forrajes producidos bajo tres tipos de fertilización; adicionalmente, se evaluó los costos de fertilización. Experimentalmente, se adecuó el terreno y se trazaron bloques completos al azar teniendo en cuenta la pendiente del terreno. Cada unidad experimental tuvo un área de 5 m x 5 m (25 m²). Se definió una parcela testigo (sin fertilizante) y se ensayaron tres tratamientos de fertilización: con aplicación de fertilizante químico, con agroplus y con purín finca. En el suelo, se analizaron los parámetros fisicoquímicos estándar. El comportamiento agronómico se estudió a partir de las variables de vigor, altura de la planta, incidencia de plagas y enfermedades y producción de forraje. Para evaluar el comportamiento nutricional de los materiales vegetales se tomaron dos muestras de 200 g de cada planta y se realizaron pruebas de laboratorio para determinar la cantidad de proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Todos los análisis estadísticos fueron realizados usando el Modelo Lineal General (GLM) del programa SAS (Statistical Analysis System).

Los resultados evidenciaron un efecto de la pendiente del terreno en el vigor del pasto elefante y en la incidencia de plagas. La fertilización química mostró una mayor incidencia en el vigor del pasto pero los tres tipos de fertilización incorporaron nutrientes al suelo y fortalecieron las defensas de la

planta para paulatinamente contrarrestar el efecto de enfermedades. En las dos primeras evaluaciones realizadas en épocas de altas precipitaciones, se favoreció la altura de la planta y la cantidad de forraje verde. No se encontraron diferencias significativas para el aporte de proteína del pasto elefante abonado con fertilizante químico y orgánico; además, los costos de utilización tampoco difieren significativamente.

PALABRAS CLAVES:

Comportamiento agronómico, fertilización, *Pennisetum purpureum*, valor nutricional, costos de fertilización.

ABSTRACT

In Colombia, the elephant grass (*Pennisetum purpureum*) has been introduced as an alternative to animal feed to meet the nutritional needs and be a species of growth resistant to extreme conditions of temperature. This manuscript reports the results of research work titled "Agronomic and nutritional assessment of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) from different bio-fertilizers on the farm Los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán". For this, the physicochemical characteristics of the soil, forage yield, agronomic performance, the nutritional composition of the forage produced under three types of fertilization were assessed; additionally, fertilization costs were assessed. Experimentally, the ground was suited and complete blocks were randomly drawn considering the land slope. Each experimental unit had an area of 5 m x 5 m (25 m²). A control land (without fertilizer) was defined and three fertilization treatments were tested: with application of chemical fertilizer, with agroplus and farm manure. In the soil, standard physicochemical parameters were analyzed. The agronomic performance was studied from variables of vigor, plant height, incidence of pests and diseases and forage production. To evaluate the nutritional behavior, two samples of 200 g of each plant were taken and laboratory tests were performed to determine the amount of crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and digestibility *in vitro* of dry matter (IVDMD). All statistical analyzes were performed using the General Linear Model (GLM) of SAS (Statistical Analysis System) program.

The results show an effect of the slope in the vigor of elephant grass and the incidence of pests. Chemical fertilization showed a higher incidence in the vigor of the grass but the three types of fertilizer incorporated nutrients to the soil and strengthened the defenses of the plant to gradually stabilize the effect of diseases. In the first two evaluations performed in times of high rainfall, plant height and the amount of forage were favored. No significant differences for

protein intake elephant grass fertilized with chemical and organic fertilizer were found; In addition, the costs do not differ significantly.

KEYWORDS:

Agronomic performance, fertilization, *Pennisetum purpureum*, nutritional value, fertilization costs.

1. INTRODUCCIÓN

La práctica de la ganadería bovina a nivel nacional e internacional es una actividad de suma importancia, además de tener un papel fundamental en la economía y en el desarrollo social regional. Por estas razones es pertinente desarrollar una ganadería sustentable, competitiva e igualitaria, en nuestra región. A sí mismo en la actualidad, la ganadería es un negocio que se tiene como actividad secundaria (los llamados tenedores de ganado) o por herencia familiar, donde los métodos de explotación han sido siempre tradicionales, por tales razones ha dejado de ser rentable. Solo las personas que cuentan con grandes extensiones de tierra pueden vivir con comodidad de la ganadería. (Buelvas, 2009).

Actualmente las empresas están a la vanguardia de la innovación, donde su prioridad es ser más eficientes en sus procesos productivos y de esta manera ser más competitivos en el mercado esto se logra a través de un pensamiento integrado donde se da prioridad a la sostenibilidad de los recursos en el tiempo. Las empresas ganaderas no están exentas de ello, por tal motivo se deben modernizar y utilizar nuevas técnicas de producción para maximizar los recursos tanto naturales como económicos.

En este orden de ideas en Colombia desde los años setenta se ha venido introduciendo el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), en busca de una nueva alternativa de alimentación que satisfaga las necesidades de los animales y a su vez sea más resistente a las condiciones extremas de temperaturas.

El manejo de praderas es un conjunto de prácticas agronómicas y zootécnicas cuya finalidad es incrementar la producción y calidad nutritiva del forraje durante la fase productiva y mejorar la eficiencia de utilización del forraje por parte del animal, con el fin de mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de producción bovina (Muñoz *et al.* 2005). Es importante que los productores realicen un programa de fertilización integral donde permita

optimizar los rendimientos forrajeros para la alimentación en rumiantes viéndose esto reflejado también en los costos de producción.

En el departamento del Cauca una de las principales actividades económicas es la producción de ganado bovino, y para su alimentación se han utilizado especies forrajeras mejoradas; las cuales han ido desplazando significativamente a las nativas y naturalizadas para establecer praderas o pastizales que tengan una mayor calidad nutricional según Murgueitio y Calle (2003).

Desde hace algunos años en diferentes instituciones del país se desarrollan investigaciones relacionadas con las labores agronómicas necesarias para la siembra, establecimiento y producción de los pastos, motivado entre otros factores por los aspectos económicos, el costo de los agroinsumos y la conservación y protección de los recursos (Hernández *et al.*, 2006).

El uso de los abonos orgánicos en la agricultura recobra mayor importancia en las últimas décadas en la medida que se pretende hacer un uso eficiente de los recursos pensando en el desarrollo sostenible y conservación del medio ambiente, incrementando rendimientos de los cultivos y las características físico químicas del suelo, lo que se revela en el aumento de su fertilidad; así mismo se busca reducir la aplicación de fertilizantes químicos cuyo uso frecuente e irracional conlleva a problemas graves de contaminación y aumento de costos de producción.

La capacidad del suelo para sostener y producir cultivos forrajeros es limitada y día a día deteriorada a causa de factores ambientales y prácticas agrícolas y pecuarias inadecuadas realizadas por el hombre, lo que ha llevado a convertirlo en un sistema extractivo, generando deterioro y erosión de los suelos con consecuencias ambientales como la pérdida de la diversidad biológica y la disminución de rendimientos agrícolas, pecuarios y forestales. Las inapropiadas prácticas agrícolas de labranzas, manejo del agua e incremento de fertilizantes sintéticos no solo afectan la economía de los productores, sino también altera la composición del suelo, influyendo negativamente en relación suelo-planta-animal. Muñoz *et al.* (2005) afirman

que: la importancia de la relación suelo-planta-animal en sistemas de producción bovina en pastoreo ha tenido especial reconocimiento en los últimos años, como estrategia para mejorar la productividad y la sostenibilidad de estos sistemas, y por ello se están dedicando importantes esfuerzos al estudio de sus componentes. La fertilización de praderas, el control de malezas y el manejo adecuado del pastoreo son factores de gran importancia para incrementar la producción y valor nutritivo del forraje, como elementos básicos para mejorar la productividad de los sistemas ganaderos.

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos.

Otro de los problemas que trae no realizar una explotación adecuada y racional del suelo convierte la actividad en un proceso insostenible en el tiempo tanto ambiental como económicamente, ya que se produce un desequilibrio en el suelo trayendo como consecuencia disminución de la producción de biomasa, calidad nutricional, Por ende los fertilizante y tratamientos utilizados para el mantenimiento de los suelos deben ser mayores convirtiéndose en costos adicionales en la producción disminuyendo la rentabilidad de la actividad económica.

Además, esto ha generado resultados desastrosos para el medio ambiente, porque es prácticamente imposible usar fertilizantes químicos sin ocasionar daños al medio ambiente debido que la aplicación repetida de estos fertilizantes elimina microorganismos esenciales los cuales son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo. La diversidad de microorganismos que se encuentran en una fracción de suelo cumple funciones determinantes en la transformación de los componentes orgánicos e inorgánicos que se le incorporan. Esto permite comprender su importancia en la nutrición de las plantas al efectuar procesos de transformación hasta elementos que pueden ser asimilados por sus raíces. La humificación de la materia orgánica es un proceso netamente microbiológico (Higuera, 2015).

Dando como resultado la pérdida de la capacidad del suelo de retener agua aumentando su permeabilidad por lo que el suelo comienza a endurecerse y desquebrarse ocasionando erosión y pérdida de fertilidad.

¿Contribuye el uso de biofertilizantes a mejorar la productividad de forrajes y las condiciones edáficas, generando a la vez una alternativa ambiental y rentable para los pequeños y medianos productores?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el pasto de corte elefante (*Pennisetum purpureum*) agrónomicamente y nutricionalmente con tres tipos de fertilización (abono orgánico agroplus, químico y abono orgánico purín finca) en la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el rendimiento forrajero y composición nutricional de los forrajes bajo tres tipos de abonos.
- Determinar los costos de fertilización del cultivo forrajero del pasto de corte (*Pennisetum purpureum*) con la aplicación de abonos y su beneficio en el sistema ganadero.

3. JUSTIFICACIÓN

Colombia se caracteriza por ser un país con una alta vocación agropecuaria que contribuye destacadamente a la economía y desarrollo social de su población. La ganadería es, sin duda, uno de los principales campos que debe ser considerado para la preservación de su potencial. En este sentido, los pequeños y medianos productores de ganadería deben adoptar prácticas que permitan la recuperación de los suelos y aumente la producción y valor nutricional de los forrajes en un contexto sustentable y amigable con el medio ambiente. Antes de la obtención de fertilizantes vía síntesis química, la única forma de enriquecer los suelos para producción agrícola y reponer los nutrientes que las plantas extraían del suelo, era mediante la aplicación de abonos orgánicos (Restrepo, 2007).

Bernal (2003) afirma que es importante desarrollar alternativas tecnológicas para disminuir el efecto nocivo de los agroquímicos, evaluando factores que mejoren el equilibrio biológico, la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos buscando restaurar los ecosistemas basados en el uso de recursos locales (biológicos y naturales) que permitan generar localmente su bioinsumo para obtener sistemas productivos sostenibles.

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero et al., 2000). Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos (Castellanos, 1980). En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; someter el terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica tiende a deteriorar la estructura. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha) se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la

capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Castellanos, 1982).

Los abonos actúan más lentamente que los fertilizantes pero su efecto es más duradero y pueden aplicarse más frecuentemente pues no tienen secuelas perjudiciales, por el contrario, los abonos también calientan la tierra; en tierras donde no hay presencia de material orgánico suficiente, estas son frías y las plantas crecen poco y se detiene el desarrollo; en tierras porosas por la aplicación constante de abonos orgánicos, se tornan calientes y favorecen el desarrollo de las raíces, principal vía de nutrición de plantas y pastos (Cervantes, 2012).

El departamento del Cauca se encuentra ubicado en una zona estratégica la cual goza de condiciones favorables para la explotación de pastos destinados a la ganadería por consiguiente es de gran importancia y pertinencia para los pequeños y medianos productores del departamento del Cauca, principalmente en las regiones aledañas donde se realiza estos estudios, contar con una información verídica, que les permita establecer un patrón de comparación de sus cultivos que son generalmente manejados tradicionalmente, con el objeto de estudio de este proyecto, para que a partir de estas comparaciones puedan tener un balance general del manejo de fertilización de su cultivo, conocer los beneficios que se obtiene no solo económicos sino también ambientales permitiendo mantener un equilibrio que lleve a la sostenibilidad en el tiempo de la actividad productiva y así puedan optar por la mejor opción.

Los resultados obtenidos permitirán replicar la experiencia en otros terrenos, incentivar la producción sostenible de especies forrajeras y alcanzar los beneficios asociados con la implementación de una agricultura orgánica sostenible.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*)

Las gramíneas y las leguminosas son las plantas que constituyen la mayor parte de las praderas del mundo. A partir de estudios geológicos se ha determinado que tanto gramíneas como leguminosas son de origen muy antiguo, y que aparecieron y evolucionaron inicialmente en condiciones tropicales. Además, muchas de las formas actuales evolucionaron simultáneamente con los animales que las pastoreaban (Bernal, 1991).

El pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) es sin duda alguna una de las especies gramíneas más utilizadas por los ganaderos, principalmente en ganadería de leche intensiva en forma de forraje picado de mayor producción de materia seca, alta palatabilidad y calidad nutritiva. Es una planta perenne que produce pastizal abierto en forma de macollas, de tallos erectos, recubiertos por las vainas de las hojas en forma parcial o total. Las hojas son lanceoladas y pueden alcanzar una longitud de un metro, variando su ancho entre 3 y 5 centímetros. La inflorescencia se forma en los ápices de los tallos y es sostenida por un largo pedúnculo. La panícula es dorada, de forma cilíndrica, compuesta de espiguillas aisladas o reunidas en grupos de 2 a 7; la altura varía según la estación y la fertilidad del suelo (Rodríguez-Carrasquel, 1983).

Imagen 1: pasto elefante (*Pennisetum purpureum*)



IFuente: Fedegan, 2013.

4.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Tabla 1. Clasificación taxonómica del pasto elefante (*Pennisetum purpureum*).

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

Fuente: elaboración propia a partir de Corpoica, 2013.

4.3 VARIEDADES E HÍBRIDOS

En el país existen muchas variedades e híbridos introducidos de diferentes países. Entre los primeros se pueden mencionar; Pastoreo 1: (de difícil establecimiento), Pastoreo II: Gigante, Enano, Mineiro, Rey, Criollo, Merker, Merkeron, Cubano, Panamá, Miller, Candelaria' San Carlos, Uganda, Pusa Napier, y, entre los híbridos se pueden mencionar el Taiwan A-144; Taiwan A-146; Taiwan A-148; Taiwan A-121, 297 x 22 y 208 x 1 (Rodríguez-Carrasquel, 1983).

4.4 ADAPTACIÓN

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 1,200-2,200 mm/año (CORPOICA, 2013).

4.5 SUELO

Algo que es sumamente importante de esta gramínea es su adaptación a distintos tipos de suelos, es resistente a la sequía y a la humedad del suelo, pero no tolera el encharcamiento puede llegar a pudrir la raíz y el tallo; en cuanto a la acidez y fertilidad, no es muy exigente, sin embargo, los mejores resultados se obtienen en suelos fértiles, arcillo-arenosos, no muy pesados y que conservan cierta humedad. En suelos arenosos sin materia orgánica su desarrollo es deficiente. Es una especie mejoradora de la estructura del suelo (Rodríguez-Carrasquel, 1983).

4.6 USO

Es un pasto esencialmente para corte y ensilaje. Aunque también se puede utilizar bajo pastoreo y en asociaciones con leguminosas. Debe dársele un período de establecimiento entre 90 y 120 días después de la siembra para garantizar un buen desarrollo radicular, lo cual se traducirá en que este pasto tenga una larga vida productiva. La edad de corte apropiada para obtener un forraje tierno y de buena calidad es de 7 a 9 semanas cuando la planta alcanza una altura entre 145 y 165 cms. en pastoreo con buenas condiciones de humedad y fertilidad, se puede usar cada 35 a 40 días, con una altura de 0,90 a 1,00 metro.

4.7 FERTILIZACIÓN

En general una fertilización adecuada para el pasto elefante se podría hacer aplicando 75 kilogramos de nitrógeno por hectárea (163 kilogramos de urea) y anualmente 250 kilogramos de fertilizante compuesto (10-20-20), después de 55-65 días del corte de producción.

4.8 ESTABLECIMIENTO

a) Preparación del terreno

Esta labor depende principalmente del tipo de suelo y su uso anterior. En terrenos vírgenes se les puede dar 1 ó 2 pases de arado, y en suelos que ya han sido cultivados y que lo requieran con un pase es suficiente. Luego es necesario darle de 2 a 3 pases de rastra a fin de que quede suelto.

b) Siembra

El material vegetativo de propagación (tallos) a utilizar debe estar maduro y provenir de plantaciones sanas. Una vez seleccionada y cortada la semilla, si ésta se va a trasladar a grandes distancias, es recomendable no quitarle las hojas para proteger las yemas y luego en el momento de la siembra limpiarla, esto es, deshojarlas.

4.9 MÉTODOS DE SIEMBRA

4.9.1 Siembra inclinada

Una vez preparado el terreno y cortada la semilla en trozos que tengan por lo menos tres yemas, se entierran las estacas o trozos en forma inclinada, dejando una yema afuera y separadas 50 x 50 cms.

4.9.2 Siembra en surcos

Después de rastreado el terreno, es recomendable darle un pase con una surcadora, no muy profundo (15 a 25 cms), y con una separación de 80 a 100 cms entre sí. Luego se procede a extender los tallos en forma continua en el fondo del surco, procurando que se crucen el ápice de uno con la base del siguiente, posteriormente con un machete se cortan los tallos en trozos que contengan de 3 a 4 yemas, por último se tapa la semilla con una capa de tierra no mayor de 4 a 5 cms. De estos dos métodos, el segundo es el más utilizado y el que da mejores resultados, el primero se recomienda en terrenos no mecanizables. Para la siembra de una hectárea de Elefante se necesitan de 2000 a 2500 kg/ha, y ésta a su vez produce material de propagación para 20 a 30 hectáreas, dependiendo de la fertilidad del suelo y la edad del pasto.

4.10 CONTROL DE MALEZAS

En las zonas no mecanizables durante el establecimiento es necesario hacerle 1 ó 2 limpiezas a mano y luego una anual. En las zonas mecanizables se puede hacer el control utilizando la cultivadora durante el establecimiento, después no se hace necesaria esta labor. El control químico se puede hacer usando el herbicida Simazin en forma pre emergente y hasta 15 días después de efectuada la siembra, a razón de 2 kg en 200 ó 400 litros de agua por hectárea.

El Atrazin en dosis de 1,5 kg/ha, tanto en forma pre-emergente como post-emergente, con buenas condiciones de humedad del suelo, ha dado

buenos resultados en el control de malezas en este pasto. También se pueden utilizar en forma de post-emergente el Tordón a razón de 3 litros/ha y el 2-4-0 en dosis de 4 litros/ha (Rodríguez-Carrasquel, 1983).

4.11 ENFERMEDADES

Las enfermedades fungosas se reportan como las que comúnmente atacan el follaje de las gramíneas. El pasto elefante es frecuentemente afectado por la especie *Helminthosporium sacchari* ocasionando a sus hojas manchas color púrpura con aspecto de quemadura; los daños generados afectan la capacidad fotosintética de las hojas. La mejor práctica es utilizar una variedad resistente (Delgado y Alonso, 1994).

4.12 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE PASTOS Y FORRAJES

Colombia es un país ganadero, el 74% del área agropecuaria es empleada en actividades pecuarias. Es innegable la importancia del adecuado manejo de las praderas, alimento básico de los rumiantes que en promedio en zonas de alta tecnificación representa el 80% y en algunas zonas de mediana – baja tecnificación los animales se alimentan exclusivamente de pastos y forrajes (100%) (Palacio, 2007).

Los pastos son la fuente más económica para alimentar animales herbívoros como bovinos, ovinos, caprinos, equinos entre otros (más del 90% de la alimentación de estos animales están constituidos de pastos y forrajes), y a su se constituye en el alimento predilecto de estos.

Las plantas forrajeras y las pasturas, poseen una gran capacidad para producir materia seca (MS) para el consumo de animales, por lo cual estas plantas constituyen uno de los cultivos agrícolas más importantes como lo son el maíz, la soya, el arroz etc. Por lo tanto deben recibir la misma atención y manejo que cualquiera de estos.

Sierra (2002) indica que el nivel de producción y la productividad de las explotaciones ganaderas están directamente relacionados con el grado de tecnología que se aplique a la producción de pasturas y cultivos forrajeros.

En nuestro país, la principal fuente de alimentación de los animales está basada en pastos y forrajes, por lo que se hace indispensable de contar con la información pertinente de los diferentes sistemas de manejo y utilización de estos, para que a sí, podamos ser más productivos y esto se da obteniendo una mayor producción de animal por área.

La producción y productividad ganadera mejora sustancialmente cuando se dispone de forraje suficiente y nutritivo que satisfaga los requerimientos nutricionales del animal a bajo costo.

4.13 EL MANEJO DE LAS PRADERAS

El manejo de las praderas tiene como objetivo esencial obtener una mayor producción y productividad por animal mediante la utilización racional de los pastos en su mejor estado nutricional, con un rendimiento adecuado y buscando el mayor consumo por parte de los animales en pastoreo o en establo, sin detrimento de la calidad de las praderas (Sierra, 2002).

León (1996) reporta que la mayoría de las especies que se explotan como constituyentes de pasturas y cultivos forrajeros perennes, poseen la capacidad de producir nuevos rebrotes y pueden recuperarse después de ser cosechadas mediante el pastoreo o por corte en su punto de cosecha, esto es, antes de florecer. Si se protege el rebrote de la planta hasta alcanzar el punto de cosecha, y si se maneja el reciclaje de nutrientes del suelo mediante el mantenimiento de la fertilidad del mismo con fertilización restitutiva, es posible obtener pastoreos año tras año en forma indefinida, y en el mismo potrero sin que este se degrade y sin necesidad de dejarlo semillar para no afectar su calidad.

4.14 VALOR NUTRITIVO DE LOS FORRAJES

Una forma de medir el valor nutritivo de los forrajes para rumiantes es a través de su eficiencia potencial para su crecimiento y producción de leche, carne, lana según sea el caso, cuando el animal lo consume como fuente de alimento.

Es lógico deducir por lo tanto, que un forraje será de buena calidad si cumple con las siguientes condiciones:

- Poseer todos los nutrientes esenciales en proporciones balanceadas.
- Ser de alta digestibilidad.
- Ser gustoso o agradable para el animal.

La presencia simultánea de estas tres condiciones en la ración diaria del rumiante, significaría entonces, máxima productividad; si alguna de ellas es insuficiente o incompleta se afectara su calidad y disminuirá proporcionalmente su valor nutritivo. (Quintero, 2009)

El valor nutritivo debe ser entendido entonces como un conjunto de características físicas, químicas, nutricionales y alimenticias de un alimento para cubrir las necesidades diarias de una animal. El valor nutritivo como un todo está en función del consumo y de la calidad; esta a su vez, está determinada por la composición química, digestibilidad y utilización del mismo (Chamorro, 1996).

4.15 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LOS FORRAJES

El valor nutritivo de los pastos se estima al analizar su contenido de cenizas, proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extractos de éter (EE), extractos libres de nitrógeno (ELN) y también por su contenido de fósforo (P), calcio (Ca) y a veces (K), magnesio (Mg) y algunos micro elementos como Molibdeno (Mo), Boro (B), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y carotenos.

4.15.1 Ceniza

Las cenizas constituyen alrededor del 12-18% de la materia seca MS y su valor se debe fundamentalmente al contenido de minerales como fósforo, calcio y potasio. Las cenizas de los pastos contienen una gran cantidad de sílice (Si) que representa alrededor del 50% de su peso total.

Estrada (2003) expone que el contenido de minerales es muy variable y depende en gran medida de una gran cantidad de factores tales como el suelo, especialmente el material parental, el desarrollo y mineralogía del suelo, la humedad del suelo y la reacción del suelo; el género, especie y variedad de la planta, el estado de desarrollo de la misma, los cambios estacionales (invierno y verano) la aplicación de fertilizantes y el manejo de la pradera y la distribución de los elementos minerales dentro de la planta.

4.15.2 Proteína

La expresión proteína cruda (PC) es un término convencional empleado para nombrar sustancias nitrogenadas tales como: nitrógeno mineral, amoniacal, aminoácidos, proteínas y su determinación es de acuerdo a su contenido de nitrógeno total (N) que se multiplica por el factor 6,25 que es una constante. El contenido de proteína cruda tiene por lo general rangos que van desde 3% al 20% e inclusive mayores en las plantas más jóvenes. La proteína verdadera generalmente constituye entre el 75 y 85% de la proteína bruta. El contenido disminuye a medida que se desarrolla el pasto, en los pastos tropicales el contenido de PC decrece más rápido que en los pastos de zonas templadas y bajo condiciones de humedad disminuye más rápidamente. Las proteínas de hojas y tallos se clasifican generalmente con base en su solubilidad. Las proteínas solubles de las hojas se dividen en dos fracciones. La fracción 1, está muy relacionada con el timpanismo en los animales. Su función es enzimática y cataliza alguno de los pasos esenciales en la fotosíntesis. La fracción 2 es una mezcla de diferentes proteínas.

Las proteínas insolubles de las plantas no están tan bien caracterizadas, pero la mayor parte de ellas están asociadas con los lípidos de la membrana celular.

4.15.3 Carbohidratos

Los carbohidratos de las plantas se dividen en dos grupos, estructurales que son los que forman parte de la planta, y carbohidratos no estructurales. Los carbohidratos no estructurales (CNE) se almacenan en los órganos vegetativos

y son la fuente primaria de energía para el rebrote en las especies forrajeras perennes.

Los CNE se encuentran almacenados en órganos que normalmente no son removidos por el corte o pastoreo, como las bases de los tallos, coronas y raíces y son de gran importancia para el mantenimiento y producción en aquellas épocas en las cuales la utilización de carbohidratos por la planta excede.

En muchas plantas forrajeras las fluctuaciones en CNE después del corte, siguen más o menos el contorno de una curva en forma de U. periodos de disminución son seguidos por periodos de acumulación y un nivel bajo de CNE es frecuentemente un indicativo de crecimiento activo.

Las plantas forrajeras se pueden dividir en dos grupos basados en el tipo de CNE que acumulan. Los pastos tropicales y subtropicales y las leguminosas almacenan principalmente almidón, los pastos de zona templada almacenan fructuosa. (Bernal, 1975).

4.15.4 Fibra o pared celular

Las paredes celulares vegetales están constituidas por un componente cristalino o porción fibrosa (esqueleto) y un componente amorfo o matriz no fibrosa, altamente hidratado, semejante a un gel. Esta estructura se parece a la de la fibra de vidrio y de otros materiales compuestos, en los cuales las fibras cristalinas rígidas se usan para reforzar la matriz epoxi más flexible.

Sin la pared celular las plantas serian organismos muy diferentes de los que conocemos hoy en día. De hecho, la pared celular vegetal es esencial para muchos procesos del crecimiento vegetal desarrollo, mantenimiento y reproducción.

La pared primaria está formada por aproximadamente un 25% de celulosa, un 25% de hemicelulosa, un 35% de pectinas y entre un 1 y un 8% de proteínas estructurales, en términos de peso seco. Sin embargo, se pueden encontrar grandes desviaciones de estos valores. Por ejemplo, las paredes de

los coleoptilos de gramíneas tienen entre un 60 y un 70% de hemicelulosa, de un 20 a un 25% de celulosa y solo un 10% de pectinas. (Taiz y Zaiguer, 2006)

La pared celular está formada por los siguientes componentes:

- **Celulosa:** es un polisacárido compuesto exclusivamente de moléculas de glucosa; es un homopolisacárido (compuesto por un solo tipo de monosacárido); es rígido, insoluble en agua, y contiene desde varios cientos hasta varios miles de unidades de β -glucosa. La celulosa es la biomolécula orgánica más abundante ya que forma la mayor parte de la biomasa terrestre, se encuentra en las paredes de las células de las plantas. Químicamente se considera como un polímero natural, formado por un gran número de unidades de glucosa ($C_6H_{10}O_5$), cuyo peso molecular oscila entre varios cientos de miles.
- **Hemicelulosa:** son un grupo heterogéneo de polisacáridos que se unen estrechamente a la pared. Estos polisacáridos se obtienen normalmente de las paredes sin pectinas al utilizar una base fuerte (NaOH 1-4 M). En las paredes celulares vegetales se encuentran varias clases de hemicelulosas, y a diferentes tejidos y especies difieren en la composición de sus hemicelulosas.

La cantidad de hemicelulosa no es muy afectada por la edad de la planta; se encuentra en las paredes secundarias y su disponibilidad es similar a la celulosa, ya que ambos carbohidratos sufren un proceso similar de digestión (Bernal, 2003).

- **Pectina:** La pectina es un nombre genérico que se aplica a ciertas sustancias que están presentes en las paredes celulares primarias de la mayoría de las plantas terrestres, y particularmente abundantes en las partes no leñosas. Se componen de un conjunto complejo de polímeros ramificados del tipo de los carbohidratos. La pectina no solo está presente en la pared celular primaria, sino también en la lámina media entre las células de la planta, donde ayuda a las células a

mantenerse juntas. La pectina tiene la propiedad de producir geles en presencia de agua.

- La cantidad, la estructura y la composición química de la pectina se diferencia tanto entre unas plantas y otras, también como dentro de una misma planta, así como en las diferentes partes de ella.
- **Lignina:** La palabra lignina proviene del término latino lignum, que significa madera; así, a las plantas que contienen gran cantidad de lignina se las denomina leñosas. La Lignina se encarga de engrosar el tallo.

Es un compuesto no carbohidrato que aporta el soporte estructural de las paredes celulares de las plantas es decir rigidez a la pared celular. La lignina verdadera es un polímero amorfo de derivados de fenilpropano de elevado peso molecular. Su contenido aumenta conforme la planta madura y sus ligaduras químicas, en especial con hemicelulosa y celulosa, reducen en forma notable la digestibilidad de estas últimas. Ninguna enzima de los mamíferos puede atacar a la lignina. El tratamiento con álcali de los pastos con alto contenido de lignina, como las pajas, permite el desdoblamiento del enlace hemicelulosa lignina, ello mejora la digestibilidad de la hemicelulosa pero no destruye la lignina. Su contenido varía entre 5% y 85% en la mayor parte de los forrajes tropicales. (Buelvas, 2009).

- **Silica:** Se encuentra en la mayor parte de las células y provienen de la solución del suelo. La planta lo absorbe pasivamente en el agua. La sílica se deposita en todas las partes de la planta excepto la raíz. Según van Soest (1994) es uno de los componentes no digeribles de la pared celular y disminuye la digestibilidad de los carbohidratos estructurales.

4.15.5 Extracto etéreo

Es conjunto de sustancias de un alimento que se extraen con éter etílico (ésteres de los ácidos grasos, fosfolípidos, lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres).

La extracción consiste en someter la muestra exenta de agua (deshidratada) a un proceso de extracción continua (Soxhlet) utilizando como extractante éter etílico.

El contenido de grasa es muy irregular entre las diferentes especies y según el estado de desarrollo de la planta en el momento de ser cortada, ya que de serlo antes o después de la floración, las diferencias de los contenidos serán más significativas. Depende también de si la planta ha sido debidamente fertilizada. A menor fertilización menor contenido de grasa (Juscafresa, 1986).

4.16 FERTILIZACIÓN

Las plantas para su metabolismo necesitan del Nitrógeno, el Fósforo y el Potasio, y en menor extensión de Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). Además, necesita pequeñas cantidades de los siguientes nutrientes, denominados elementos traza: Hierro (Fe), cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B), Manganeso (Mn) Cloro (Cl) y Molibdeno (Mo).

El Farm Chemical Handbook (1996) conceptúa que fertilizante es cualquier material natural o fabricado añadido al suelo que suple uno o más nutrientes de las plantas, referido generalmente a materiales fabricados. Los fertilizantes que contienen macronutrientes son utilizados en grandes cantidades, los más usados son los que contienen N, P, K o mezclas de ellos. También se utilizan los que contienen Ca, Mg, S y los oligoelementos estos últimos unidos generalmente a agentes quelantes. Ante las necesidades crecientes de nutrición en los animales, el consumo de fertilizantes aumenta fuertemente.

Al existir una remoción de nutrientes desde el suelo, por parte de la planta, se crea la necesidad de aplicación de fertilizantes que ayude a devolverle al suelo los nutrientes removidos, para así tener una buena producción en la siguiente cosecha o mantener la misma. Es necesario recordar que los fertilizantes se pierden en el suelo por lavado, fijación, inmovilización o volatilización, variables de acuerdo a las condiciones de suelo y su manejo.

La FAO (2002) describe las funciones que realiza cada uno de los elementos en las plantas comenzando por:

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

El Fósforo (P), que suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad.

El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

Los nutrientes secundarios son magnesio, azufre y calcio. Las plantas también los absorben en cantidades considerables.

El Magnesio (Mg) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta.

El Azufre (S) es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0,2 al 0,3 (0,05 a 0,5) por ciento del extracto seco. Por ello, es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio; pero su función es a menudo subestimada.

El Calcio (Ca) es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca. Sin embargo, el objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo.

Los micronutrientes o microelementos son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl) y el boro (B). Ellos son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta, siendo comparables con las vitaminas en la nutrición humana. Son absorbidos en cantidades minúsculas, su rango de provisión óptima es muy pequeño. Su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo. El suministro en exceso de boro puede tener un efecto adverso en la cosecha subsiguiente.

4.16.1 Fertilización química

Los fertilizantes químicos son los más utilizados en el mercado actualmente, y hay una variedad de ellos, aplicables a diferentes necesidades.

Están los fertilizantes convencionales, que son los más comúnmente utilizados en jardines y en la agricultura.

El uso de fertilizantes químicos ha permitido grandes avances en la productividad agrícola, sin embargo algunos de los compuestos químicos que se introducen en el ambiente pueden resultar perjudiciales sobre todo si no se siguen las recomendaciones y medidas de precaución en su uso.

4.16.2 Fertilización orgánica

Los abonos orgánicos constituyen un gran grupo de materiales diversos, que se utilizan para múltiples objetivos. Una clasificación general los agrupa en Abonos orgánicos de granja, de composición muy variable, producidos en la propia explotación agrícola y abonos orgánicos comerciales, cuya fabricación se rige por determinadas normas.

La valoración de los abonos orgánicos se basa principalmente en su contenido de materia orgánica (expresado como porcentaje) como base de referencia. Podría indicarse también el contenido de carbono (% C), pero esta referencia carece de utilidad. El contenido de materia orgánica puede determinarse por calcinación (lo que proporciona valores aproximados) o utilizando métodos más exactos.

Los abonos orgánicos de granja, denominados más exactamente <<materiales fertilizantes propios de la explotación>>, son importantes sobre todo por su contenido de materia orgánica. Todos los suelos requieren la aportación de materia orgánica como portadora de energía degradable y nutrientes para los microorganismos del suelo, así como por otras muchas razones. Todos los suelos también obtienen también algún tipo de materia orgánica de los residuos de las cosechas que permanecen en el terreno. Esta aportación se ha venido complementando desde antiguo con los desechos orgánicos de la propia explotación o de los alrededores. La utilización de los desechos como abono no solo permite solucionar el problema de la eliminación de los mismos, sino que además ofrece la ventaja de poder reciclarlos en la naturaleza (Finck, 1988).

4.16.2.1 Agroplus

AGROPLUS es un abono compuesto ternario con oligoelementos sinérgicos, aminoácidos y microalgas regeneradoras, que tras su eclosión y descomposición, aportan un factor residual que mejora el suelo. AGROPLUS es totalmente inocuo, no inflamable, genéticamente inalterable, y por su composición y procedimiento de obtención, corrige las agresiones al medio ambiente, ocasionadas por agentes fito-perjudiciales. En definitiva: es un fertilizante 100% biológico y ecológico, horizonte presente de todo buen cultivados.

¿Por qué usar agroplus?

Agroplus es un producto biológico sin productos químicos, puede reemplazar cualquier otro fertilizante químico además de ser económico frente a los fertilizantes químicos; el volumen es aproximadamente 12 veces menor que el de los fertilizantes químicos. Por ejemplo: 12 litros de Agroplus tienen el mismo efecto que 300 litros de fertilizante común, lo que significa que es más económico para transporte y almacenamiento. Los productos cultivados con Agroplus tienen mejor calidad y son sin productos químicos. Al mismo tiempo pueden obtenerse mejores precios de venta debido a que los productos están calificados como biológicos.

El abono funciona en todos los tipos de vida vegetal, incluidas las hortalizas (tales como tomates, lechuga, papas, zanahorias, frijoles, maíz, pimientos, calabaza, pepinos), plantas, flores, bulbos, tubérculos, pasto, producción de invernadero, las bayas, la piedra frutas, manzanas, bananas, melones, aguacates, peras, naranjas (y otros cítricos), caña de azúcar, tabaco, algodón, cereales, silvicultura, las uvas, olivos, jardines internos y las flores de interior (Ávarez-Solís *et al.*, 2010).

4.16.2.2 Purín finca

Los purines son líquidos obtenidos como el resultado de la mezcla voluntaria de extractos de ciertas plantas consideradas medicinales o

alelopáticas. Las plantas utilizadas en su preparación cuentan en su composición con sustancias que nutren la planta y previenen la aparición de plagas y enfermedades.

Hoy en día los purines son utilizados con más frecuencia debido a la naciente preocupación de los productores de disminuir el uso de agroquímicos y preservar el ambiente, además de esto también se pretende reducir los costos de producción.

5. ANTECEDENTES

Se estima que el consumo mundial de fertilizantes llegó a 180.1 millones de toneladas en el año 2012 (FAO, 2013). En Colombia desde 1990 al 2011 el número de plaguicidas aumentó de 697 a 1.350 eso ha generado un uso indiscriminado de agroquímicos para proteger la producción de cultivos.

Bernal (2003), afirma que es importante desarrollar alternativas tecnológicas para disminuir el efecto nocivo de los agroquímicos, evaluando factores que mejoren el equilibrio biológico, la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos buscando restaurar los agro ecosistemas a través del desarrollo de alternativas tecnológicas basados en el uso de los recursos locales (biológicos y naturales) que permitan generar localmente su bioinsumo para obtener sistemas productivos sostenibles.

En Colombia, a través de procesos de innovación participativa implementados por la Corporación PBA y sus entidades aliadas (CORPOICA y las Universidades Nacional, de Córdoba y Sucre), en la Costa Caribe Colombiana, se ha identificado con los pequeños productores las consecuencias negativas, tanto ambientales como económicas, del uso indiscriminado de insumos químicos.

La materia orgánica aplicada no solo mejora la calidad y el rendimiento de los cultivos también mejora la capacidad de retención de agua y energía solar del suelo (PROINPA, 2006). Los pequeños y medianos productores agrícolas en Colombia, han avanzado de manera importante en la aplicación de forma directa de bioabonos a sus sistemas productivos contribuyendo así al desarrollo de unidades de producción más limpia e incrementando la calidad y rendimiento de los cultivos (PBA, 2007).

Las pasturas y forrajes, constituyen uno de los factores más importantes que influyen en la productividad de las empresas ganaderas, ya que es una de las fuentes de alimentación más empleada. En ese orden de ideas, diversos

estudios han focalizado sus esfuerzos en conocer los beneficios que se obtienen a partir de diversos abonos y/o fertilizantes en los diferentes pastos.

Existen estudios como el de Buelvas (2009), que evalúa tres tipos de fertilizantes sobre la producción de biomasa y calidad nutricional del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) en el municipio de Montenegro Quindío, en el cual concluyo que la adición de fertilizantes de origen orgánico utilizada en los tratamientos 1 (abono orgánico) y 3 (abono orgánico más urea) mejora el contenido nutricional del pasto Maralfalfa, comparado con el contenido de este pasto cuando se maneja sin fertilizante. Estableciendo que bajo las condiciones de ese estudio es aconsejable cortar el pasto Maralfalfa a los 50 días donde se obtiene un equilibrio entre la cantidad de forraje producido y calidad del mismo, para una mejor relación planta-animal.

Por su parte, Echeverri *et al.* (2010) realizaron una evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo dos metodologías de fertilización, en una finca que está ubicada al norte de Antioquia, Para esto se utilizó un diseño experimental en bloques, aleatorizado con 3 tratamientos utilizando como bloques los 17 potreros en los cuales se llevó a cabo el estudio; en cada potrero se hicieron, como mínimo, 3 repeticiones. Los tratamientos de esta investigación fueron los siguientes: 1) 50Kg de N/ha; 2) 25 Kg de N/ha mas 200Kg de fertilizante orgánico, y 3) 25 Kg de N/ha mas 300Kg de fertilizante orgánico. Según el análisis no existió diferencias significativas ($p < 0,005$) entre los tratamientos para ninguna de las características evaluadas: producción de forraje verde por hectárea y relación hoja-tallo; esto significa que en términos de producción y calidad agronómica de forraje el fertilizante orgánico sustituyo al químico y se constituyó en una alternativa viable para la fertilización en este tipo de explotaciones.

En el municipio de La Calera departamento de Cundinamarca se realizó la evaluación de tres bioabonos sobre el desarrollo vegetativo y productivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Para ello, se empleó un diseño en Bloques Completos al Azar, las variables evaluadas fueron altura de la planta, número de hojas/tallo y Materia Seca. Los Tratamientos fueron T1: Compost

100 Kg, T2: Compost (50 Kg) + bocashi (50 Kg), T3: Compost (50 Kg) + humus (50 Kg), T4: Testigo Absoluto. A 60 días después del primer corte se registró un rápido desarrollo vegetativo. El número de hojas/tallo y altura de la planta en los tratamientos no fue diferente estadísticamente. Se encontró diferencia significativa en la producción de materia seca entre los tratamientos. El mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento 2 Compost+ Bocashi con 997,31 Kg/ha M/S seguido por el Tratamiento 3 con 955,56 Kg/ha respectivamente. Igualmente se determinó la capacidad de carga animal. Los tratamientos 2 y 3 expresaron los mayores valores con registros de 1,3 UA/ha/año y 1,1 UA/ha/año. El nivel de pH del suelo en todos los casos resultó ser fuertemente ácido con alto porcentaje de materia orgánica (M.O). La actividad biológica mostró ser adecuada, evidenciándose en una efectiva relación Carbono/Nitrógeno. En general la aplicación de bioabonos resultó ser una fuente alternativa de nutrición de pastos y fertilización de suelos de praderas (Alayón, 2014).

Borges *et al.* (2014) realizó una investigación acerca del efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agro productivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización orgánica (FO: 2000 kg compostaje ha⁻¹) e inorgánica (FI: 200 kg N + 85 kg P ha⁻¹) sobre variables agro productivas y composición química del pasto estrella, se condujo un ensayo durante el periodo seco en parcelas experimentales ubicadas en un bosque seco tropical, sobre un suelo franco de mediana fertilidad y bajo diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se evaluaron las variables altura de plantas (AP), producción de biomasa verde (BV) y seca (BS), materia seca acumulada (MSA), rendimientos de materia seca en hojas (RMSH) y rendimientos de materia seca en tallos (RMST), así como relación hoja-tallo (RHT), tasa de crecimiento diario (TCD), proteína cruda (PC), cenizas totales (CT), macro y micro elementos presentes, a los 21, 35, 49 y 63 días post-fertilización (dpf). Los datos resultantes fueron sometidos a un análisis de varianza y separación de medias mediante la prueba LSD Fisher. La FI mostró un efecto significativamente mayor en promedio para AP (49,8 cm), BV y BS (10952,5 y 3017,5 Kg.ha⁻¹.corte, respectivamente), excepto para RHT donde no se

encontraron diferencias entre los tratamientos. La MSA fue mayor en los pastos bajo FO (30,7%), mientras que los RMSH y RMST (2513 y 1068 Kg.ha⁻¹, respectivamente) fueron superiores en la FI a los 63 dpf, al igual que la TCD (33,8 g MS•m²/día). La composición química del pasto no se vio afectada por las fuentes de fertilización empleadas, a excepción del hierro y zinc que disminuyeron significativamente su contenido en las plantas que fueron fertilizadas.

6. METODOLOGÍA

6.1 FINCA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN

6.1.1 Ubicación geográfica

Este trabajo de investigación se realizó en la sede campestre de Timbío, que está ubicada en la vereda los robles, en el kilómetro 8 vía sur, esta finca tiene un área de 44 hectáreas, de las cuales 40 hectáreas son de producción agrícola y pecuaria; 4 ha están distribuidas entre sede administrativa, aulas de clase y recreación.

Imagen 2: Finca Los Robles Fundación Universitaria de Popayán



Fuente: FUP, 2015.

6.1.2 Condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio

La temperatura se encuentra comprendida entre los 18° y 24° grados centígrados, esto debido a que existen pisos térmicos: cálido, templado y frío.

Timbío está ubicado entre la zona intertropical y cuenta con un clima tropical caracterizado por dos épocas de lluvia y dos relativamente secas durante todo el año. El comportamiento Pluviométrico del Municipio se caracteriza por ser Vinodal: en Octubre - Noviembre, Diciembre - Enero, Abril - Mayo, y dos relativamente secas Febrero - Marzo, Junio - Julio y Agosto - Septiembre (Anaya, 2009).

Extensión territorial: 180 kilómetros cuadrados.

Altura sobre el nivel del mar: se encuentra ubicada en un rango de altura de 1000 a 2000 metros.

6.2 PROCEDIMIENTOS

Se realizaron actividades agronómicas como adecuación de terrenos, trazado de bloques y parcelas experimentales de acuerdo a las condiciones del terreno, antes de aplicar la primera dosis de fertilizante se hicieron cortes de estandarización y se aró la debida delimitación de la zona. Durante el tiempo de ensayos se tomaron las mediciones de los parámetros ambientales (temperatura, humedad relativa y precipitación) en la zona de trabajo desde la Estación meteorológica del aeropuerto Guillermo León Valencia de Popayán.

6.2.1 Caracterización fisicoquímica del suelo

Para la evaluación agronómica se tomó una muestra inicial del suelo a una profundidad de 30 cm y se identificaron sus características fisicoquímicas.

La caracterización química del suelo se realizó en el laboratorio de la secretaria de Desarrollo Agropecuario y Fomento Económico por implementación de la metodología que se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 2: Análisis de suelos: determinaciones y métodos.

Determinación	Métodos
pH	pH Agua:suelo (1:1)
Materia Orgánica (g/kg)	Walkley-Black
Fósforo (mg/kg)	Bray II
Potasio intercambiable (cmol/kg)	Espectroscopia de absorción atómica

Calcio intercambiable (cmol/kg)	
Magnesio intercambiable (cmol/kg)	
Sodio Intercambiable (cmol/kg)	
Elementos menores	
Aluminio cambiabile (cmol/kg)	Bremer y Mulyaney
Saturación de Aluminio (%)	Por cálculo a partir de acidez intercambiable y capacidad de intercambio catiónico
Azufre extractable (mg/kg)	Turbidimétrico
Arena (%)	Bouyucos
Limo (%)	Bouyucos
Arcilla (%)	Bouyucos
Textura (Tex)	Bouyucos

Calicata

La calicata se realizó en un paisaje de pasto de corte, con medidas de 1 m x 1 m x 1m, con una pendiente abrupta de agua profunda ondulada, con sombras de eucalipto grande y una cañada protegida con árboles nativos de la región yarumos (*Cecropia peltata*), jazmín (*Jasminum officinale*), arrayanes (*Myrtus communis*) y aguacate (*Persea americana*) como protección de cañada.

Con el fin de analizar las características físicas del suelo se realizó una calicata en donde se midió la profundidad y estado de las raíces. La profundidad del horizonte se midió teniendo en cuenta cambios de color, descendiendo desde la superficie a lo largo del perfil y el análisis de las raíces de las plantas observando características como son abultamiento de las raíces, o raíces que crecen hacia los costados.

Color

La determinación del color del suelo tanto en seco como en húmedo, se realizó por la comparación de éste con los diferentes patrones de color establecidos en las Tablas Munsell. Las Tablas Munsell son un sistema de notación de color basado en una serie de parámetros que nos permiten obtener una gama de colores que varían en función de tres parámetros: matiz, brillo y croma. El matiz representa al color espectral puro correspondiente a una determinada longitud de onda, es decir, expresa la longitud de onda dominante

en la radiación reflejada; Cromo es la pureza relativa del color del matiz de que se trate e Intensidad o brillo dada por la proporción de la luz reflejada y representa la amplitud de la radiación midiendo al fin y al cabo el grado de claridad u oscuridad.

Para ello, se estimó en campo y mediante la utilización de dichas Tablas, el color en húmedo, y a continuación se secó la muestra al aire y se determinó el color en seco.

6.2.2 Rendimiento forrajero

Se realizó a través de aforo de producción de biomasa por m² en cada una de las unidades experimentales. Se pesó para obtener el forraje verde producido y se tomó una submuestra de aproximadamente 200 g en bolsa de papel, se llevaron al horno a 60°C por 24h (hasta alcanzar peso constante) y después de ser sometida la muestra al secado se tomó el peso nuevamente. Así, se expresó la producción de forraje verde en materia seca/m².

6.2.3 Comportamiento agronómico

Pasto elefante *Pennisetum purpureum*

De acuerdo a la metodología de la Red Internacional de Evaluación de Pastos tropicales (Toledo, 1982), se abordó la evaluación de las siguientes variables:

Vigor. Expresado por el estado de la planta, color, crecimiento y sanidad en una escala de 1 a 5, siendo 1 el peor y 5 el mejor. El patrón de comparación será todo el ensayo.

Altura. Medida como la distancia desde el piso hasta la parte más alta de las plantas en estado natural, medida en centímetros.

Plagas. La evaluación del daño, incidencia y severidad causada por insectos comedores de follaje, se hizo en una escala de 1 a 4, así:

1. Presencia de algunos insectos: si la parcela no presenta áreas foliares consumidas.
2. Daño leve: si se observa en la parcela de 1 a 10% del follaje consumido.
3. Daño moderado: si el consumo del follaje en la parcela es del 11 al 20 %.
4. Ataque grave: si más del 20 % del follaje de la parcela ha sido consumido por el insecto.

Enfermedades. Se procedió a recorrer las parcelas y se consideraron plantas afectadas o con síntomas de enfermedades. Se evalúan en una escala de 1 a 4, considerando uno como el menor valor y cuatro el máximo valor así:

1. Presencia de la enfermedad: 5% de plantas afectadas.
2. Daño leve: 5-20 % de plantas afectadas.
3. Daño moderado: 20-40 % de plantas afectadas.
4. Daño severo o grave: más de 40 % de plantas afectadas.

6.2.4 Calidad forrajera

Para la evaluación de la calidad forrajera se realizaron tres cortes con un espacio de 60 días teniendo en cuenta el periodo de recuperación del pasto. Adicionalmente se realizó la evaluación agronómica teniendo en cuenta las variables propuestas de vigor, altura, plagas y enfermedades. Las muestras tomadas de Pasto elefante *Pennisetum purpureum* y rendimiento forrajero se enviaron a los laboratorios de Nutrición animal de la Universidad Nacional de Colombia (sede Palmira) y de Forrajes-CIAT para determinar: cantidad de proteína, Fibra detergente neutra (FDN), Fibra detergente ácida (FDA) y Digestibilidad In vitro de la Materia Seca (DIVMS).

Proteína cruda se determinó a través del método de Kjeldahl (Kjeldahl, 1883).

FDN: se determinó siguiendo los protocolos del método de van Soest (1994).

FDA: se determinó siguiendo protocolos del método de Van Soest (1994)

DIVMS: según metodología propuesta por Ankom Technology Corporation (van Soest, 1970).

6.2.5 Costos de fertilización

Se evaluó mediante costos parciales el cual permitió establecer la relación costo-beneficio de la aplicación de los diferentes tipos de fertilizantes en el pasto elefante *Pennisetum purpureum*.

6.2.6 Diseño Estadístico

Se utilizó un diseño bloques completamente al azar donde el factor bloque estuvo determinado por la pendiente del terreno. Se estableció un testigo y se evaluaron 3 tratamientos de fertilización del suelo para determinar el efecto en la nutrición del pasto, los cuales se describen a continuación; con el objetivo de disminuir el error estadístico se realizaron dos (2) repeticiones.

Testigo (T1): Parcela de Pasto elefante *Pennisetum purpureum* sin aplicación de fertilizante.

Tratamiento 2 (T2): Parcela de Pasto elefante *Pennisetum purpureum* con aplicación fertilizante químico 15 días después de cada corte (dosis de acuerdo análisis de suelo).

Bloque 1: 763g de DAP, 71.5 g KCl y 74.3 g Sulfato de Magnesio

Bloque 2: 14.72 g de Urea, 689.23 g DAP, 117g de KCl

Bloque 3: 759.4 g de DAP, 162.25 g KCl, 179.2 Sulfato de Magnesio

Tratamiento 3 (T3): Parcela de Pasto elefante *Pennisetum purpureum* fertilizado con Agroplus 15 días después de cada corte (80cm³/parcela) equivalente a 33,2 l / ha

Tratamiento 4 (T4): Parcela de Pasto elefante *Pennisetum purpureum* fertilizado con Purín Finca 15 días después de cada corte (80cm³/ parcela) equivalente a 33,2 l / ha

Cada unidad experimental tuvo un área de 5 x 5 m (25 m²). El área destinada de cada una de las especies (Pasto elefante *Pennisetum purpureum*) fue de 900 m², se contó con un lote de medidas 20 m largo x 20 m de ancho.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA). Cuando el efecto del ANOVA fue significativo ($p < 0,05$), los valores medios de cada variable fueron comparados usando el test de Duncan. Todos los análisis estadísticos fueron realizados usando el Modelo Lineal General (GLM) del programa SAS (Statistical Analysis System) (Beebe, 2009). A continuación se presenta el modelo estadístico utilizado.

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}: Variable respuesta de tratamientos con j repeticiones

U: Efecto de la media general

T_i: Efecto de los tratamientos

B_j: Efecto del bloque

E_{ij}: Efecto del error experimental

Las variables analizadas fueron:

Comportamiento agronómico del Pasto elefante *Pennisetum purpureum* fertilizado con diferentes productos.

Composición nutricional forraje: proteína cruda (PC) fibra detergente neutra (FDN), digestibilidad in vitro de la materia seca DIVMS.

Costos de fertilización en Pasto elefante *Pennisetum purpureum*.

Producción de biomasa en forraje verde y materia seca.

Composición química suelo.

Composición física del suelo.

Para la organización y toma de datos en campo se utilizaron formatos preestablecidos teniendo en cuenta el diseño experimental mencionado anteriormente (Anexo A)

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presentación de los resultados se aborda desde el comportamiento de las variables edafoclimáticas de las zonas de estudio (ver foto 1), el desarrollo del pasto de corte, análisis de las variables agronómicas, y valoración del aporte nutricional para ganado; con la información agronómica y de calidad nutricional, se determinaron las posibilidades de utilización de los biofertilizantes en el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) bajo las condiciones ambientales de la finca de la Fundación Universitaria de Popayán.

Imagen 3. Distribución de los bloques.



7.1 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA FINCA LOS ROBLES DE LA FUNDACION UNIVERSITARIA DE POPAYÁN DURANTE LA EVALUACIÓN DE PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum*)

7.1.1 Clima

El trabajo de campo se llevó a cabo en 6 meses comprendidos entre el 14 de enero de 2015 y 14 julio de 2015. Durante el periodo de evaluación se

tuvo en cuenta el comportamiento de las variables ambientales (temperatura, humedad relativa y precipitación) en la zona de trabajo (Tabla 3).

Tabla 3: Condiciones climáticas durante el estudio de campo en la finca los Robles de la fundación universitaria de Popayán.

PROMEDIO			
MES	termografo °C	higrografo °c	lluvia p m mm
ene-15	19,1	70,6	9,4
feb-15	19,1	72,7	14,4
mar-15	18,6	72,3	8,8
abr-15	19,4	72,6	12,4
may-15	19,6	72,9	5,5
jun-15	19,6	68,8	5,1
jul-15	19,4	63,0	2

Fuente: Estación meteorológica aeropuerto Guillermo León Valencia de Popayán

El comportamiento del clima durante la época de la evaluación agronómica del material vegetal estuvo marcado por meses de bajas precipitaciones, destacándose un periodo seco crítico, comprendido desde el mes de mayo de hasta julio del 2015, que se caracterizó por manifestar temperaturas promedio 19,4°C a 19,6°C y una precipitación inferiores a 5,5 mm/mes.

En todo el periodo de evaluación, las plantas estuvieron sometidas a un estrés hídrico, siendo los últimos tres meses (mayo, junio, julio) los que más influencia ejercieron sobre el desarrollo de las plantas, ya que estas necesitan abastecerse de agua (Figura 1).

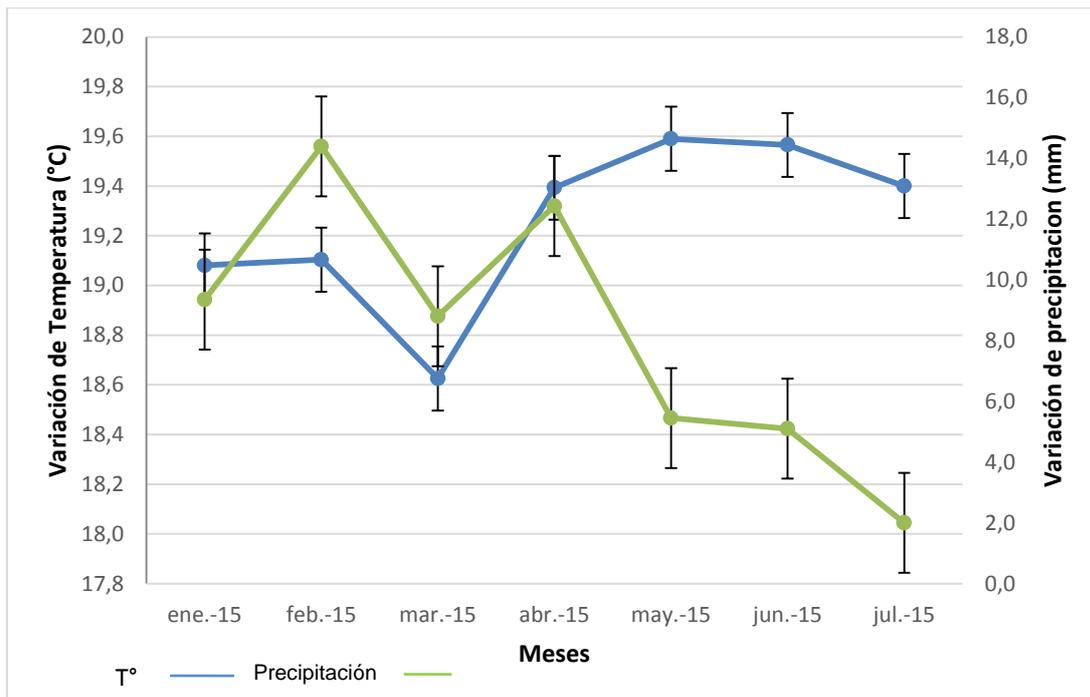


Figura 1: Comportamiento de las variables temperatura y precipitación en la finca los robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

Teniendo en cuenta las manifestaciones climáticas de la región donde se realizó el estudio, estas sobresalen, debido a que se manifestaron condiciones adversas durante los meses de enero y julio de 2015, como se observa en la Figura 2, fue una época donde el balance hídrico de la región tuvo valores negativos, la evapotranspiración fue mayor a la precipitación, condiciones que hace que el contenido de agua o retención de agua en el suelo sea mínima. Aunque Murillo *et. al.*, (2014) mostraron que el pasto elefante es una gramínea muy eficiente en el uso de agua, las condiciones climatológicas experimentales afectaron de una forma significativa el desarrollo de *Pennisetum purpureum*.

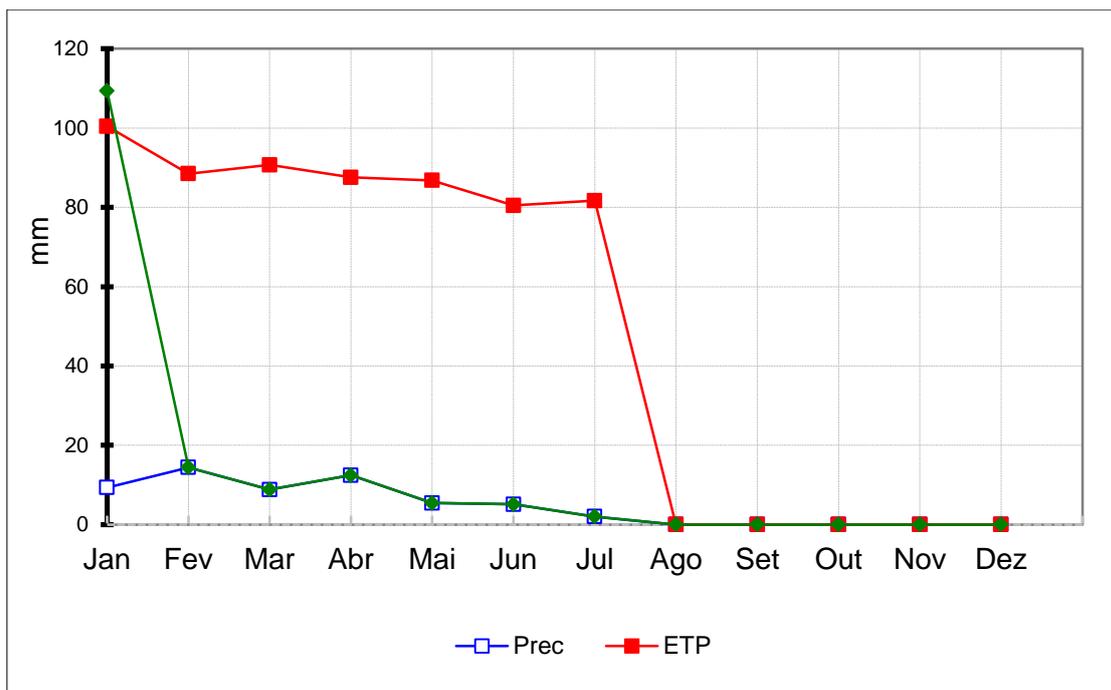


Figura 2: balance hídrico de la etapa de evaluación de *pasto elefante* (*Pennisetum purpureum*). Prec: precipitación; ETP: evapotranspiración.

Los reportes climáticos manifestados durante la etapa de evaluación de permanencia de las plantas en campo fueron atípicos, ya que los reportes climatológicos predominantes en el peniplano de Popayán, según el aeropuerto de Popayán en el 2015 están alrededor de un promedio de 8,2 mm con respecto a las precipitaciones y de una temperatura promedio de 19,3 °C. Los datos registrados se deben posiblemente a los cambios climáticos que se presentan constantemente en los últimos años, puesto que el portal de Climate-Data.Org indica que “en esta zona el clima normal es templado y cálido. Hay precipitaciones durante todo el año en Popayán. Hasta el mes más seco aún tiene mucha lluvia. La temperatura media anual en Popayán se encuentra a 17,8 °C. Hay precipitaciones alrededor de 2040 mm”. Los registros climatológicos atípicos que se presentaron en la zona durante los ensayos afectaron de una forma negativa la evaluación de *Pennisetum purpureum* debido a que esta especie necesita precipitaciones de 83,3 mm al mes y temperaturas promedio de 24 °C, de acuerdo a lo reportado por Arguelles y Alarcón (2006), y Corpoica (2006).

7.1.2 Suelos

En el primer horizonte de la calicata a 43 cm se puede observar el horizonte A (ver la Figura 3), en el cual hay presencia de raíces abundantes de forma tabular que facilita la absorción de nutrientes, presencia de macro organismos, un color negro brillante (10YR-2/1 según escala de Munsell) en húmedos, presencia de arena ligeramente plástica con textura franco-areno-arcillosa, mancha los dedos, forma pelotas que posteriormente no permiten formar anillos ni hilos debido a que se rompen con facilidad.

En el segundo horizonte que parte desde los 43 hasta los 63 cm con un color amarillo marrón 10YR-4/2 según tabla de Munsell por efecto de oxidación, con presencia de raíces y raicillas, no hay presencia de macro fauna ni estados (larva-huevo); textura y estructura similar al anterior horizonte.

El tercer horizonte parte de los 63 hasta los 100 cm con un color amarillo oscuro, 10YR-6/6 según tabla de Munsell con escasa presencia de raicillas, indicando una escasez de oxígeno en la zona radicular, con textura arcillosa y estructura granular.

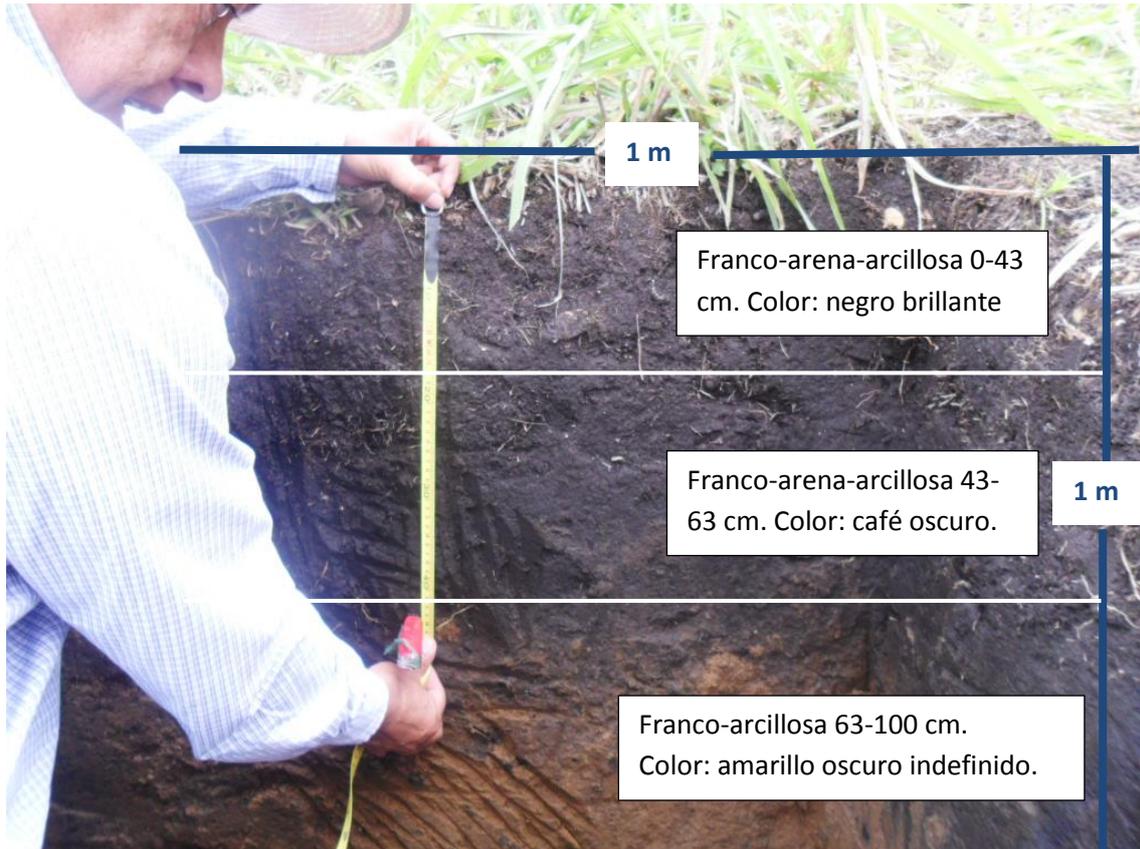


Figura 3: Horizontes de la calicata ensayada.

Los resultados de los análisis elementales de suelos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Análisis de suelos de la finca de evaluación en el peniplano de Popayán.

Parámetro	Medición
pH (Un)	5,40
MO (g/kg)	9,50
P-Brayll (mg/kg)	3,5
K (cmol/kg)	0,52
Ca (cmol/kg)	3,80
Mg (cmol/kg)	1,73
Al (cmol/kg)	0,40
Na (cmol/kg)	0,40
CIC (cmol/kg)	6,45
B (mg/kg)	0,34
Fe (mg/kg)	8,3
Mn (mg/kg)	12,7
Cu (mg/kg)	1,3
Zn (mg/kg)	1,2

El resultado que arrojó el análisis de suelo fue de un pH fuertemente ácido, con alto contenido de materia orgánica, contenido moderado de Calcio, Magnesio y Cobre, abundante Potasio y Manganeso, con un contenido de Boro suficiente, tiene contenido de Hierro y Zinc deficiente, y la presencia de Fosforo y sodio es muy limitada. Aspecto que coincide con lo que reporta CRC, 2008, en donde se afirma que estos suelos son de origen de ceniza volcánica y presentan pH tendientes a la acides que van de 4,0 a 5,5 en los horizontes superficiales. Teniendo en cuenta los requerimientos edáficos del pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), los suelos de la región son aptos para el establecimiento de esta especie, el cual no necesita suelos con alto índice de fertilidad pero requiere suelos con buen drenaje y con pH que van de 4,5 a 7,0 (Peters *et al.*, 2011; Osorio *et al.*, 2003).

7.1.3 Análisis de varianza de pasto elefante en la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

Las variables agronómicas vigor y plagas presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) en cuanto a los tratamientos(tabla 5), Referente a la disposición de los tres bloques que se tuvieron en cuenta, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas ($p=0,05$) para las variables vigor, plagas y materia seca (ms), indicando que el factor que se tuvo en cuenta para los bloques (pendiente del terreno) fue acertado para las tres variables (tabla 6); pues la topografía (pendiente del terreno) es uno de los factores edáficos que influye en el crecimiento de las plantas (FAO, 2000), ya que los terrenos de pendientes poco pronunciadas tienden a retener más humedad y mayor cantidad de nutrientes, debido a que en pendientes altas estos aspectos tienden a disminuir por efecto de la erosión hídrica por escorrentía, viéndose reflejado en desarrollo y crecimiento de las plantas que habitan en él (Serrada, 2008).

Tabla 5: Análisis de varianza para comportamiento agronómico por tratamiento

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
VIGOR DE LA PLANTA	Inter-grupos	12,743	3	4,248	6,37 2	,002
	Intra-grupos	21,333	32	,667		
	Total	34,076	35			
PRESENCIA DE PLAGAS	Inter-grupos	1,243	3	,414	2,98 3	,046
	Intra-grupos	4,444	32	,139		
	Total	5,688	35			
PRESENCIA DE ENFERMEDADES	Inter-grupos	1,021	3	,340	,394	,758
	Intra-grupos	27,667	32	,865		
	Total	28,688	35			
ALTURA DE LA PLANTA	Inter-grupos	1314,405	3	438,135	,285	,836
	Intra-grupos	49203,986	32	1537,625		
	Total	50518,391	35			
PORCENTAJE DE COBERTURA DE LA PLANTA	Inter-grupos	3599,963	3	1199,988	1,63 6	,201
	Intra-grupos	23474,764	32	733,586		
	Total	27074,727	35			
CONTENIDO DE MATERIA SECA	Inter-grupos	36,694	3	12,231	1,18 6	,331
	Intra-grupos	330,084	32	10,315		
	Total	366,778	35			
FORRAJE VERDE TONELADA EN UNA HECTAREA	Inter-grupos	,833	3	,278	,483	,696
	Intra-grupos	18,389	32	,575		
	Total	19,222	35			
MATERIA SECA TONELADA EN UNA HECTAREA	Inter-grupos	,048	3	,016	,820	,492
	Intra-grupos	,621	32	,019		
	Total	,669	35			

Tabla 6: Análisis de varianza para comportamiento agronómico por bloque

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
VIGOR DE LA PLANTA	Inter-grupos	5,722	2	2,861	3,330	,048
	Intra-grupos	28,354	33	,859		
	Total	34,076	35			
PRESENCIA DE PLAGAS	Inter-grupos	1,125	2	,563	4,068	,026
	Intra-grupos	4,563	33	,138		
	Total	5,688	35			
PRESENCIA DE ENFERMEDADES	Inter-grupos	3,042	2	1,521	1,957	,157
	Intra-grupos	25,646	33	,777		
	Total	28,688	35			
ALTURA DE LA PLANTA	Inter-grupos	524,986	2	262,493	,173	,842
	Intra-grupos	49993,405	33	1514,952		
	Total	50518,391	35			
PORCENTAJE DE COBERTURA DE LA PLANTA	Inter-grupos	1973,592	2	986,796	1,297	,287
	Intra-grupos	25101,135	33	760,640		
	Total	27074,727	35			
CONTENIDO DE MATERIA SECA	Inter-grupos	126,329	2	63,165	8,669	,001
	Intra-grupos	240,449	33	7,286		
	Total	366,778	35			
FORRAJE VERDE TONELADA EN UNA HECTAREA	Inter-grupos	2,347	2	1,174	2,295	,117
	Intra-grupos	16,875	33	,511		
	Total	19,222	35			
MATERIA SECA TONELADA EN UNA HECTAREA	Inter-grupos	,093	2	,047	2,671	,084
	Intra-grupos	,576	33	,017		
	Total	,669	35			

En cuanto a las tres evaluaciones agronómicas realizadas (primera: enero-marzo; segunda: marzo-mayo; tercera: mayo-julio) se observó diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) para las variables presencia de enfermedades, altura de la planta, porcentaje de cobertura de la planta y forraje verde / tonelada. Al tener en cuenta la época de las evaluaciones productivas, estas estuvieron influenciadas por las condiciones climáticas, donde el primer, segundo, tercer y cuarto mes de evaluación se caracterizó por estar dentro del tiempo donde se presentaba en un balance hídrico negativo no tan pronunciado, con una precipitación promedio de 11,5 mm/mensuales (época seca) y los tres últimos meses se destacó por revelar un balance hídrico extremadamente negativo, pues las precipitaciones estuvieron alrededor de 4,2 mm/mensuales (época extremadamente seca); de igual manera, Graupera (1986) afirma que los fertilizantes solo dan buen resultado cuando se asegura una buena infiltración de la lluvia. (tabla 7)

Tabla 7: Análisis de varianza para comportamiento agronómico por evaluación

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
VIGOR DE LA PLANTA	Inter-grupos	2,181	2	1,090	1,128	,336
	Intra-grupos	31,896	33	,967		
	Total	34,076	35			
PRECENCIA DE PLAGAS	Inter-grupos	,042	2	,021	,122	,886
	Intra-grupos	5,646	33	,171		
	Total	5,688	35			
PRECENCIA DE ENFERMEDADES	Inter-grupos	13,875	2	6,937	15,456	,000
	Intra-grupos	14,813	33	,449		
	Total	28,687	35			
ALTURA DE LA PLANTA	Inter-grupos	25717,360	2	12858,680	17,110	,000
	Intra-grupos	24801,031	33	751,546		
	Total	50518,391	35			
PORCENTAJE DE COBERTURA DE LA PLANTA	Inter-grupos	15509,722	2	7754,861	22,128	,000
	Intra-grupos	11565,005	33	350,455		
	Total	27074,727	35			
CONTENIDO DE MATERIA SECA	Inter-grupos	26,150	2	13,075	1,267	,295
	Intra-grupos	340,628	33	10,322		

	Total	366,778	35			
FORRAJE VERDE	Inter-grupos	4,764	2	2,382	5,437	,009
TONELADA EN UNA	Intra-grupos	14,458	33	,438		
HECTAREA	Total	19,222	35			
MATERIA SECA	Inter-grupos	,109	2	,055	3,216	,053
TONELADA EN UNA	Intra-grupos	,560	33	,017		
HECTAREA	Total	,669	35			

7.1.3.1 Vigor

El tratamiento dos (Químico) se destacó por presentar diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), con calificación alta de 3,6111 en cuanto a vigor; y los tratamientos orgánicos y testigo se destacaron por tener calificaciones bajas, con un rango que van desde 2,00 a 2,72, ver Figura 4. (Anexo B)

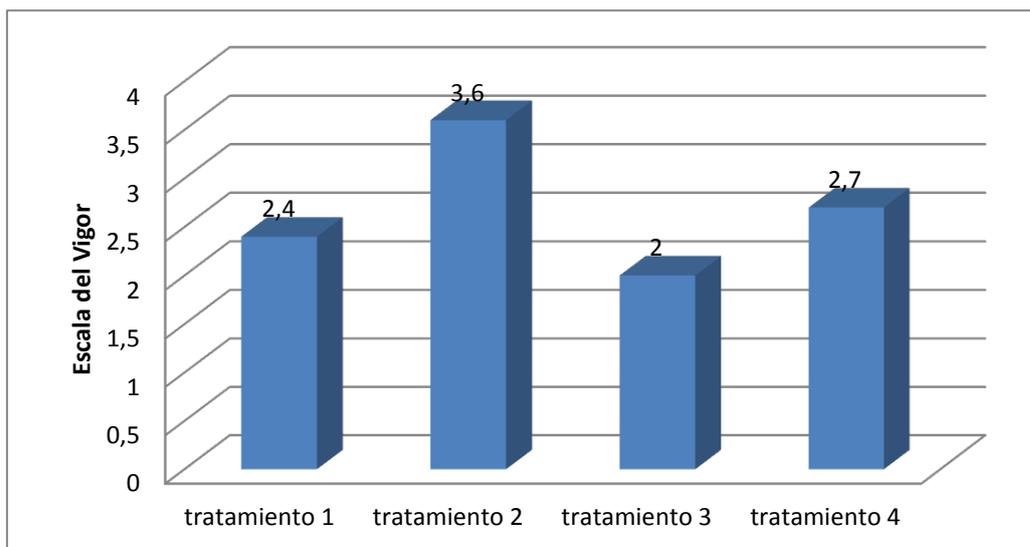


Figura 4: Comportamiento del vigor con respecto a los tratamientos del pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

El tratamiento dos (Químico) mostró un mejor desempeño en cuanto al vigor, esto se debe a que el abono químico utilizado es asimilado rápidamente por la planta a comparación con los abonos orgánicos (Ver anexo C), así lo

indica Julia M. (2010). Por bloques, el vigor también presentó diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$); el bloque con el mejor vigor fue el bloque uno, con una calificación de 3,0417; el bloque número tres sobresalió con una calificación de 2,8750, y el bloque número dos arrojó la calificación más baja con un 2,1250, como se muestra en la Figura 5.

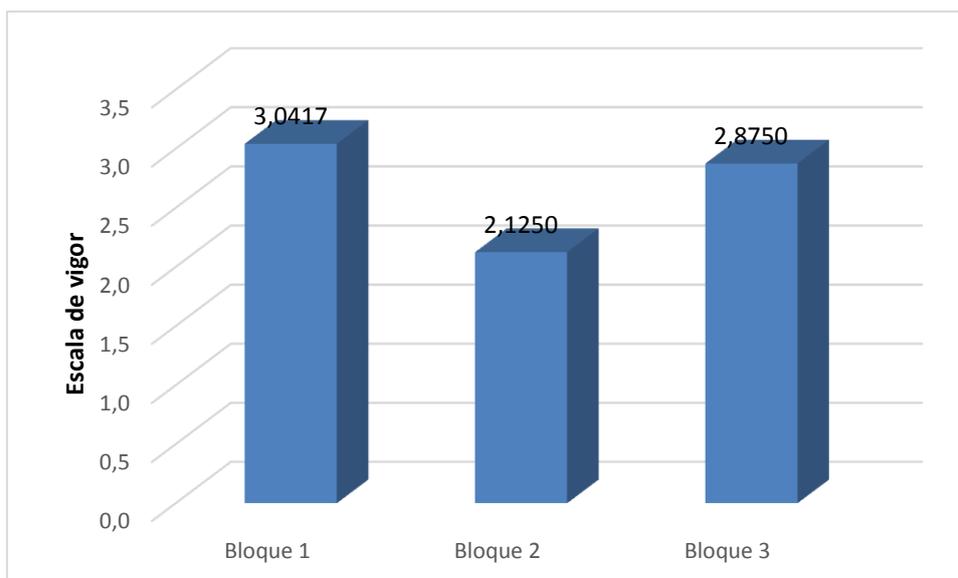


Figura 5: Comportamiento del vigor con respecto a los bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

El resultado muestra que la pendiente del terreno tuvo un efecto notable en la variable vigor, ya que los bloques 1 y 3 con pendientes de 35,5 % y 30 % respectivamente, son los bloques que menor inclinación tienen, a comparación con el bloque 2 (ver anexo D), el cual tiene una pendiente más alta que las anteriores con 43,25 %. Este resultado se le atribuye a que a mayor inclinación del terreno mayor es la fuerza de la escorrentía que se lleva los nutrientes. Así, los nitratos presentes en el suelo que por su solubilidad no son retenidos por este, en terrenos de grandes pendientes, son arrastrados por la escorrentía (Ester *et al*, 2004).

7.1.3.2 Plagas

El tratamiento uno (testigo) se destacó por presentar diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) respecto a los demás tratamientos. Presentó una calificación de 1,4 (teniendo en cuenta la metodología de evaluación de forrajes de Toledo descrita en el marco metodológico) (Anexo E) mientras que los tratamientos restantes arrojaron calificaciones inferiores en un rango que va desde 1,0 hasta 1,1, ver Figura 6.

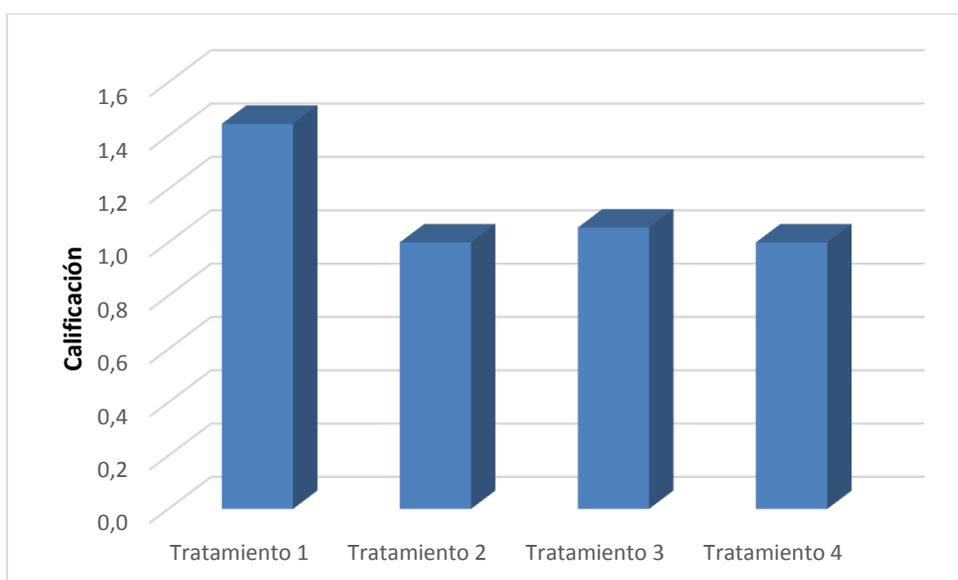


Figura 6: Comportamiento de plagas para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas del peniplano de Popayán.

Los tratamientos que mostraron menores incidencias de plaga fueron los 2, 3 y 4 dado que por sus propiedades o su composición generaron un efecto de repelente para algunos insectos.

De igual manera, por bloques también se obtuvo diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$). El bloque que presentó mayor incidencia de plaga fue el bloque uno, con una calificación de 1,4; un promedio de 1 se registró para los bloques dos y tres, como se muestra en la Figura 7

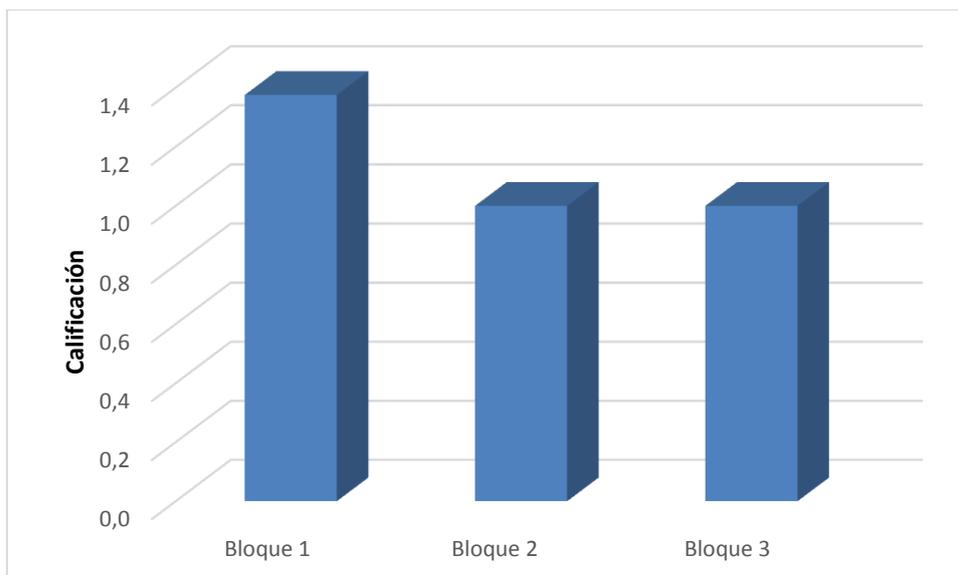


Figura 7: Comportamiento de Plagas con respecto a los bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

En la figura 7, se puede observar que el bloque con más incidencia de plagas fue el bloque 1, esto se puede atribuir a que este se encuentra más cercano al bosque, que los demás y a los insectos se les facilita más acceder a zonas cercanas al bosque, donde garantizan su supervivencia.

7.1.3.3. Presencia de enfermedades

La evaluación de esta variable arrojó diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) entre los diferentes tratamientos. El tratamiento uno, sobresalió por obtener una calificación de 3,2 ((teniendo en cuenta la metodología de evaluación de forrajes de Toledo descrita en el marco metodológico); el tratamiento dos obtuvo una de 1,9 y la numero tres presentó la calificación más baja de 1,8; Se notó la presencia de quemazón del follaje ocasionada por la confluencia de manchas fungosas producida por la (*Piricularia grisea*). ver Figura 8.

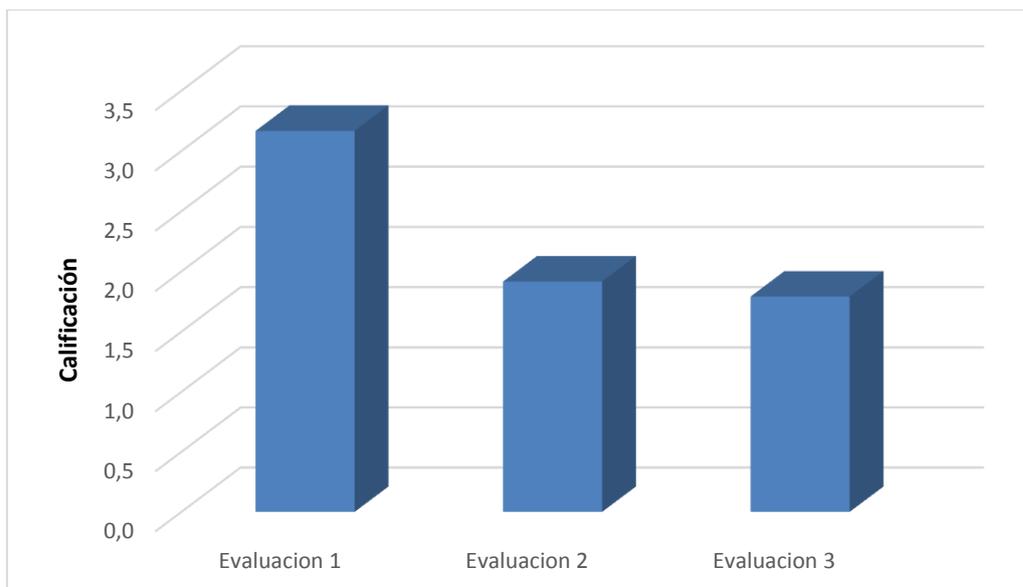


Figura 8: Comportamiento de presencia de enfermedades en cuanto a las tres evaluaciones para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

Frente a las tres evaluaciones realizadas, la que mayor presencia de enfermedades mostró fue la evaluación 1 (Anexo G), esto se le atribuye a que en el tiempo que se realizó esta evaluación, fue el único periodo con precipitaciones que en conjunto a la humedad, crearon un ambiente favorable para el nacimiento de enfermedades como son los hongos (Monzón 2009).

7.1.3.4 Materia seca

Para la variable materia seca en cuanto a bloques se obtuvo diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) (ver Anexo H), el bloque dos se distinguió por tener un peso de 18,1 %, y los bloques restantes registraron valores en un rango de 13,7 hasta 14,8 %, ver Figura 9.

Los tratamientos de fertilización empleados para la evaluación no tuvieron influencia en la variable de materia seca revelando igual comportamiento para los cuatro tratamientos empleados

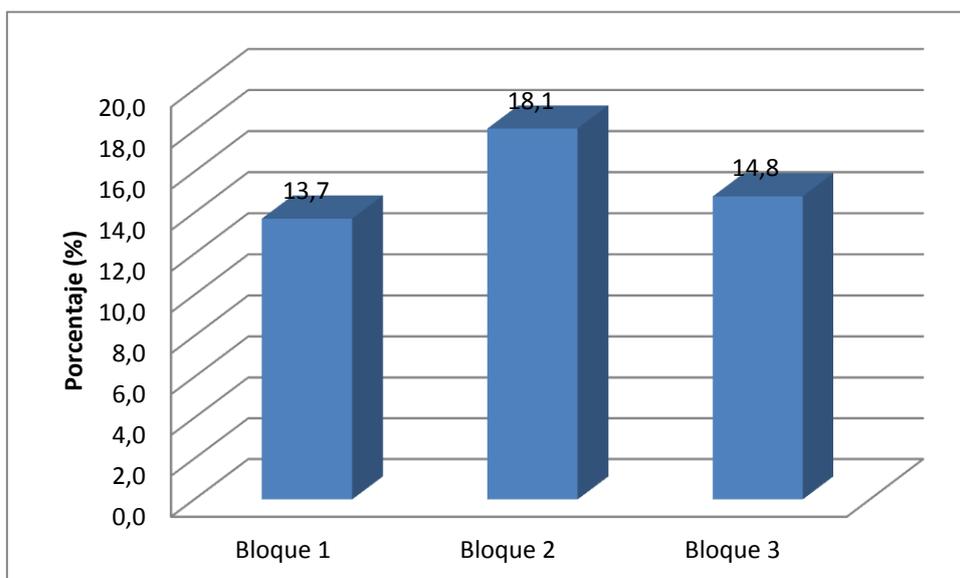


Figura 9: Comportamiento de materia seca en cuanto a Bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

El bloque con mayor materia seca fue el número 2, esto pudo deberse a que este bloque presenta una pendiente de un valor más elevado con un 43,25 %, esto causa que el agua que baja como escorrentía no se retenga el tiempo que la planta necesita para absorberla y sufra un desbalance hídrico que conlleva a generar una mayor materia seca.

7.1.3.5 Altura de la planta

Para la variable Altura de la planta en cuanto a las evaluaciones, se obtuvo diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), para la evaluación número dos, la cual conto con una calificación de 96,8cm, y para la evaluación número tres y uno se detectaron calificaciones de 54,75cm y 32,3cm, respectivamente, como se muestra en la Figura 10.

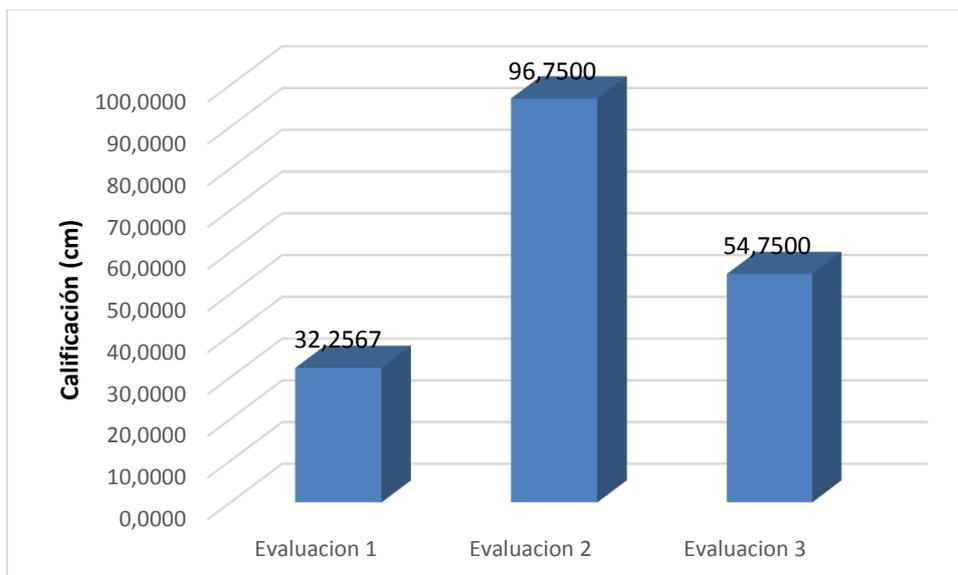


Figura 10: Comportamiento de la Altura de la planta en cuanto a las tres evaluaciones para pasto Elefante.

Estos resultados se explican por las condiciones climatológicas, puesto que el periodo de la segunda evaluación, fue el periodo en que las precipitaciones fueron altas respecto al tiempo total de las evaluaciones, porque hubo mayor incidencia de agua en los suelos y los nutrientes estuvieron en un estado más asimilables para las plantas. Algo similar reporta una investigación con el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) sometido a tensión hídrica se demostró que disminuye la altura de planta, el diámetro basal, el volumen de raíces y la biomasa (Pérez *et al.*, 2008.)

7.1.3.6 Porcentaje de cobertura de la planta

En la variable porcentaje de cobertura de la planta para las tres evaluaciones, se obtuvo diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), para la evaluación número dos y uno con una calificación de 45,8% y 42,9% respectivamente, y la calificación más baja la obtuvo la evaluación número tres con 0,4167 como se observa en la Figura 11.

En cuanto a los tratamientos la variable cobertura de la planta no estuvo influenciada por los diferentes fertilizantes empleados.

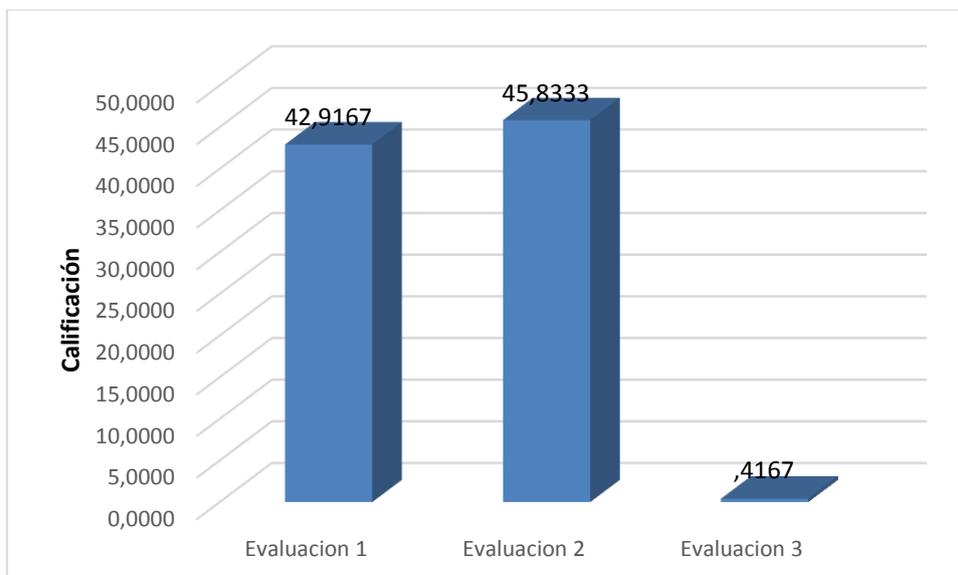


Figura 11: Comportamiento del porcentaje de cobertura de la planta en cuanto a las tres evaluaciones para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

Los mayores porcentajes de cobertura de la planta los obtuvo la primera y segunda evaluación, esto se puede deber a las condiciones climatológicas presentadas en los periodos de las dos primeras evaluaciones, en donde hubo más intensidad de lluvias en las zonas, la cual es un factor muy importante al momento de la propagación de la planta.

7.1.3.7 Forraje verde toneladas en una hectárea

La variable forraje verde toneladas en una hectárea en cuanto a las evaluaciones mostró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) (Anexo I). La evaluación número uno se posesiona con una calificación de 5,7t/ha, le sigue la evaluación número dos con 5,3750t/ha y por último la evaluación número tres con 4,8t/ha como se observa en la Figura 12.

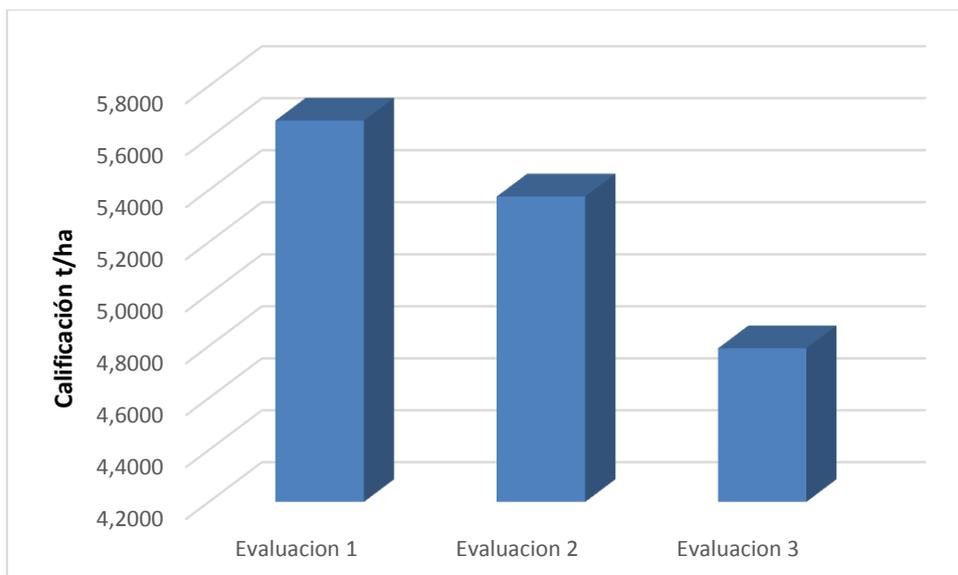


Figura 12: Comportamiento de la producción de forraje verde (tonelada / hectárea en cuanto a las tres evaluaciones para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

Referente al forraje verde toneladas en una hectárea, como factor importante al momento de hablar de las tres evaluaciones realizadas, *penninsetum purpureum*, manifestó un descenso significativo, puesto que a medida que se realizaban las evaluaciones, su valor disminuía considerablemente.

Este resultado se debe a las condiciones atípicas del clima que permanecieron durante las evaluaciones, dado que cuando la humedad es suficiente los rendimientos de forraje verde son elevados y si llega a faltar humedad la reducción en la producción puede ser del 70-90% (Mila, 2001).

7.2 CONTENIDO NUTRICIONAL

El resultado del contenido nutricional del pasto elefante (*Penninsetum purpureum*), por tratamientos no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$) (ver tabla 8). En cuanto al factor bloques, la variable FDA (Fibra Detergente Ácida) tuvo diferencias estadísticamente significativas; a continuación se describe los resultados de cada variable (ver tabla 9).

Tabla 8. Análisis de varianza para composición nutricional por tratamiento

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Materia seca	Inter-grupos	,959	3	,320	1,651	,254
	Intra-grupos	1,549	8	,194		
	Total	2,507	11			
Proteína Cruda	Inter-grupos	,810	3	,270	,801	,527
	Intra-grupos	2,696	8	,337		
	Total	3,506	11			
Fibra detergente Neutra	Inter-grupos	4,047	3	1,349	,487	,701
	Intra-grupos	22,166	8	2,771		
	Total	26,214	11			
Fibra detergente Acida	Inter-grupos	3,014	3	1,005	,513	,684
	Intra-grupos	15,659	8	1,957		
	Total	18,673	11			
Digestibilidad invitro de la materia seca	Inter-grupos	5,656	3	1,885	,307	,820
	Intra-grupos	49,144	8	6,143		
	Total	54,800	11			

Tabla 9. Análisis de varianza para la composición nutricional por bloques

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Materia seca	Inter-grupos	,138	2	,069	,263	,775
	Intra-grupos	2,369	9	,263		
	Total	2,507	11			
Proteína Cruda	Inter-grupos	,349	2	,174	,497	,624
	Intra-grupos	3,157	9	,351		
	Total	3,506	11			
Fibra detergente Neutra	Inter-grupos	9,937	2	4,969	2,747	,117
	Intra-grupos	16,276	9	1,808		
	Total	26,214	11			
Fibra detergente Acida	Inter-grupos	12,552	2	6,276	9,229	,007
	Intra-grupos	6,121	9	,680		
	Total	18,673	11			
Digestibilidad invitro de la materia seca	Inter-grupos	8,507	2	4,254	,827	,468
	Intra-grupos	46,292	9	5,144		
	Total	54,800	11			

La proteína cruda frente a los 4 tratamientos, no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), pero el tratamiento que mejor se desempeñó frente a esta variable fue el tratamiento con fertilizantes químicos, seguido por el tratamiento testigo, el agroplus y por último el purín finca, ver Figura 13.

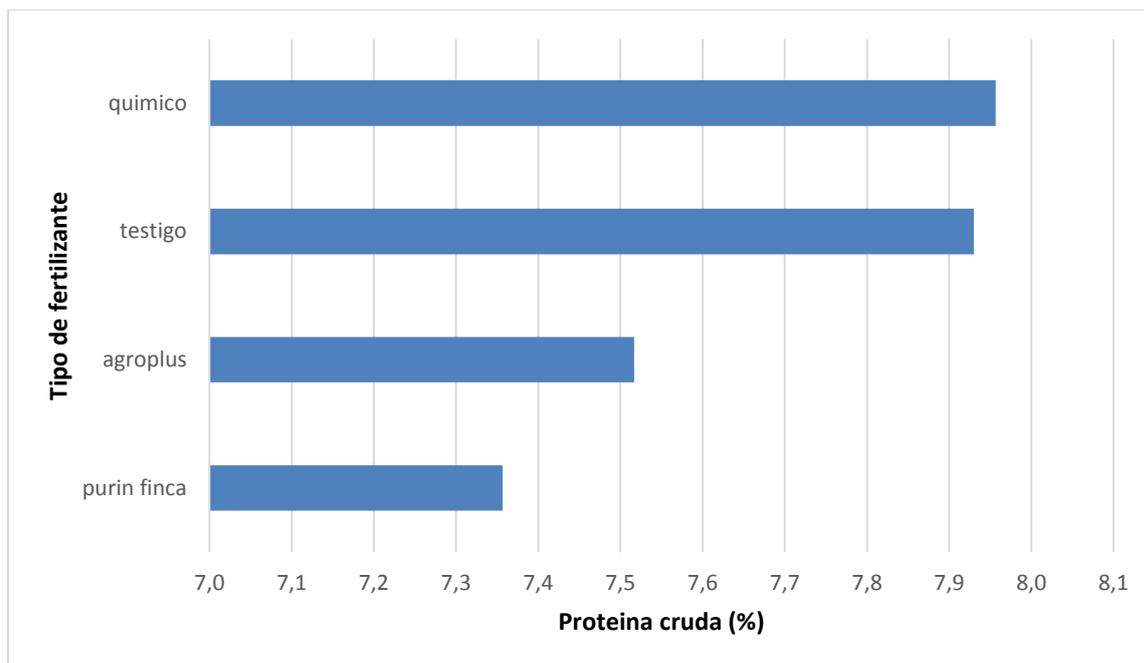


Figura 13: Comportamiento nutricional de Proteína Cruda frente a los tratamientos para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

Para la variable proteína cruda frente a los bloques estudiados, no se obtuvo diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), pero el mejor comportamiento lo obtuvo el bloque 1 (pendiente 35%) con una calificación de 7,93, seguido por el bloque 2 (pendiente 43,25%) con 7,59 y por último el bloque 3 (pendiente 30%) con 7,55 como se muestra en la Figura 14.

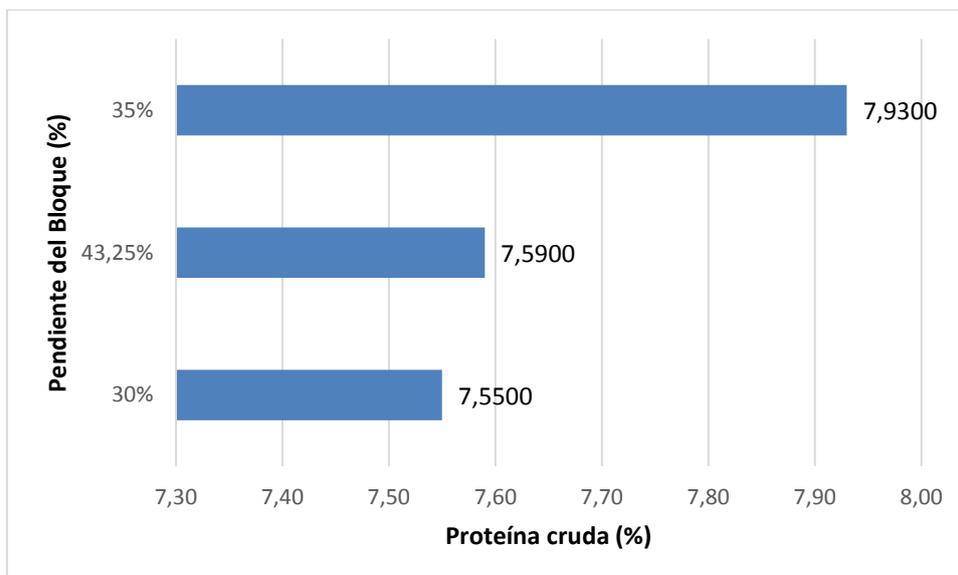


Figura 14: Comportamiento nutricional de Proteína Cruda frente a los Bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

En la Figura 15, muestra los resultados obtenidos de FDN frente a los 4 tratamientos que se utilizaron, en la cual no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), pero el fertilizante que más sobresalió fue el tratamiento 2 (Químico) con un 70,0167%, seguido por el tratamiento 1 (testigo) con un 69,0433%, le sigue el tratamiento 3 (Agroplus) con un 68,8167% y por último el tratamiento 4 (Purín Finca) con 68,4467%.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cuanto proteína cruda y fibra detergente neutra, el tratamiento testigo revela mejor comportamiento que los orgánicos debido a que probablemente los fertilizantes orgánicos ejercen un proceso de desmineralización de la materia orgánica inhibiendo la actividad biológica de los microorganismos lo que hace que las raíces de las plantas retrasen el proceso de absorción de los nutrientes disponibles en el suelo (Gómez 2000).

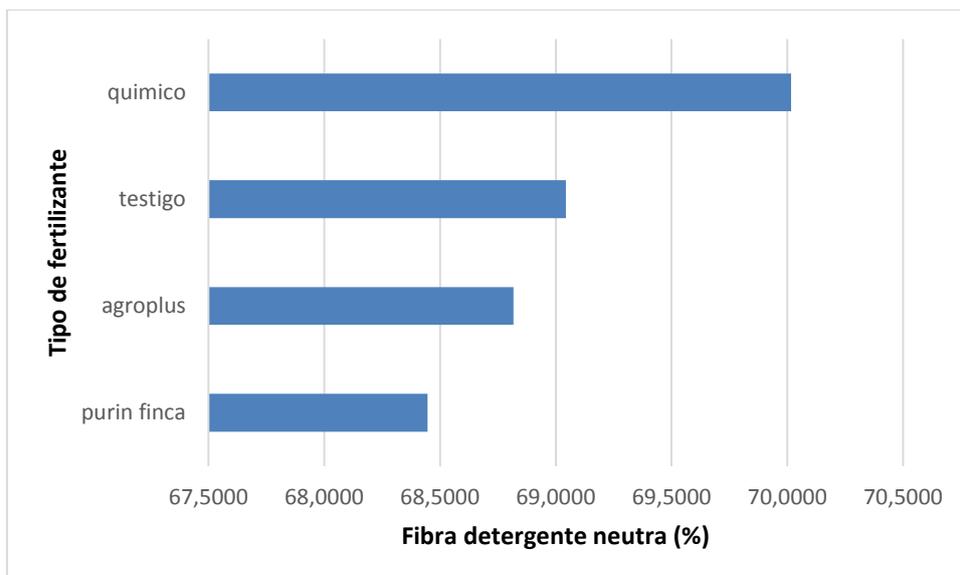


Figura 15: Comportamiento nutricional de Fibra Detergente Neutra (FDN) frente a los tratamientos para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

En la variable nutricional de fibra detergente neutra (FDN) frente a los 3 bloques evaluados, no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), pero el que mostro mejor rendimiento fue el bloque 2 el cual tiene la pendiente más pronunciada (43,25%) con un 69,7700, seguido por el bloque 3 con 69,6775 y la calificación más baja la obtuvo el bloque con menos pendiente, que corresponde al bloque 1 con 67,7950, ver Figura 16.

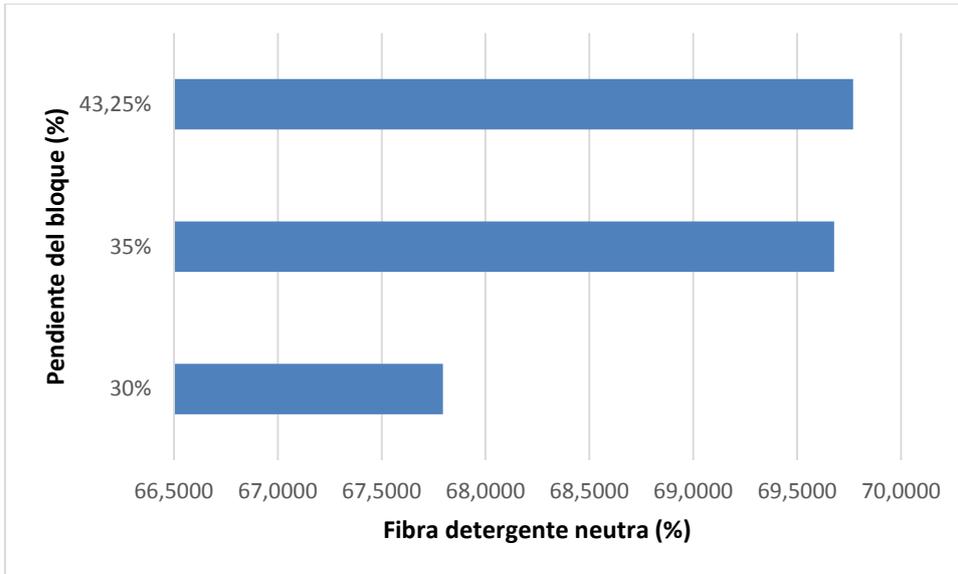


Figura 16: Comportamiento nutricional de Fibra Detergente Neutra (FDN) frente a los bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

No se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), para la variable fibra detergente acida (FDA) frente a los 4 tratamientos evaluados, pero el que mayor concentración tuvo fue el tratamiento 1 (testigo) con un 45,9% seguido por el tratamiento 4 (Purín finca) y tratamiento 2 (Químico) con 45,8- 45,6 respectivamente, y el de menor concentración lo dio el tratamiento 3 (Agroplus) con 44,6; como se muestra en la Figura 17.

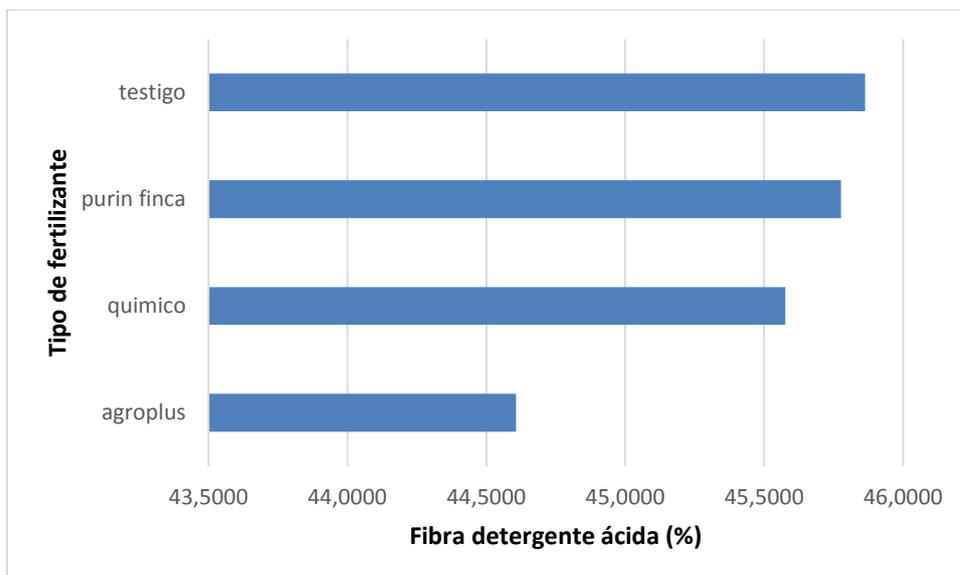


Figura 17: Comportamiento nutricional de Fibra Detergente Ácida (FDA) frente a los tratamientos para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

En cuanto a bloques, la variable fibra detergente acida (FDA) presento diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), el bloque con la mejor fibra detergente acida lo obtuvo el bloque dos (pendiente de 43,25%), con una calificación de 46,7%, el bloque número uno (pendiente 35%) sobresalió con una calificación de 45,4% y el bloque número tres (pendiente 30%) arrojó la calificación más baja con un 44,2%, como se muestra en la Figura 18.

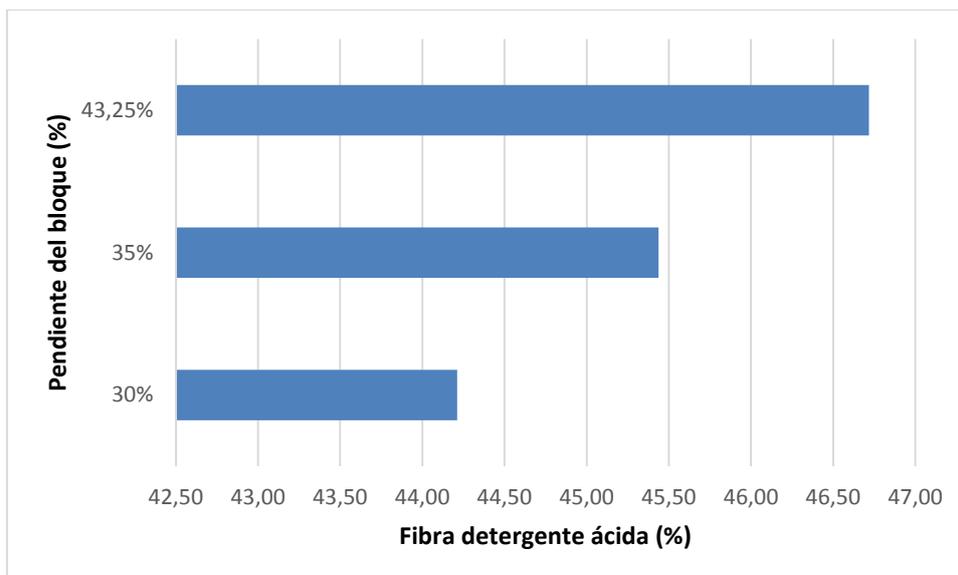


Figura 18: Comportamiento nutricional de Fibra Detergente Ácida (FDA) frente a los bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

Los mayores porcentajes de FDA (Fibra Detergente Ácida), se traducen en un bajo contenido de carbohidratos, bajo contenido de hemicelulosa y en fuente de energía de difícil aprovechamiento para la planta. Al respecto, Bernal (2003) afirma que los porcentajes de FDA y FDN, pueden variar significativamente de acuerdo con la época de corte, estación del año, fertilización y las condiciones físicas y químicas que le proveen los suelos al pasto.

No se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), en la variable nutricional de digestibilidad *in vitro* de la materia seca frente a los 4 tratamientos evaluados, pero el que mostro mejor rendimiento fue el tratamiento 3 (agroplus) con un 66,1433%, seguido por los tratamientos 1 y 4 con 65,8200% - 65,1433% respectivamente, y el que menos rendimiento presento fue el tratamiento 2 (químico) con un 64,3533%; como lo indica la Figura 19.

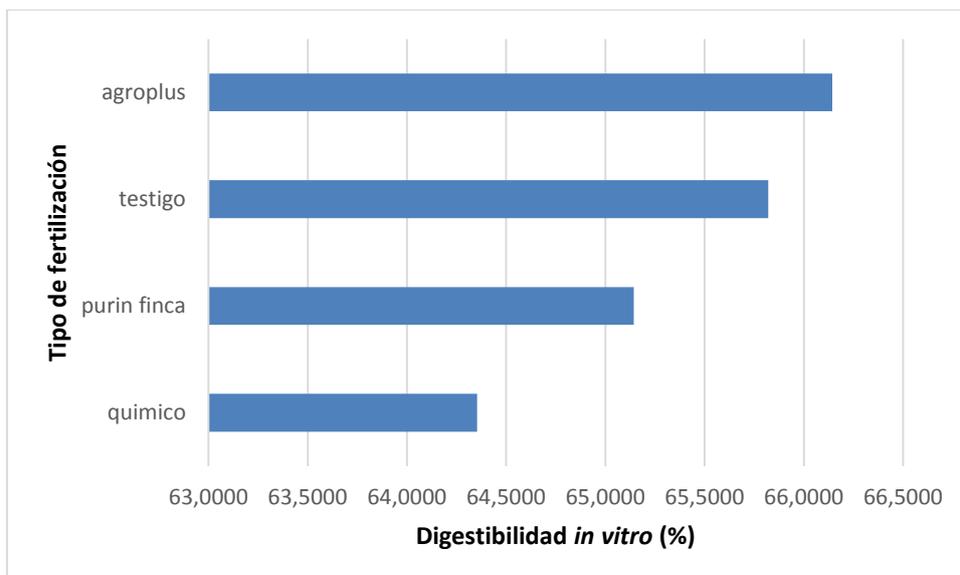


Figura 19: Comportamiento nutricional de digestibilidad *in vitro* de la materia seca frente a los tratamientos para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

En la variable nutricional de digestibilidad *in vitro* de la materia seca frente a los 3 bloques evaluados, No se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,05$), pero el que mostro mejor rendimiento fue el bloque 1 (pendiente 30%) con un 66,6%, seguido por el bloque 2 (pendiente 43%) con 64,8% y el bloque que menos rendimiento presento fue el bloque 3 (pendiente 35%) con un 64,7%; como se muestra en la Figura 20.

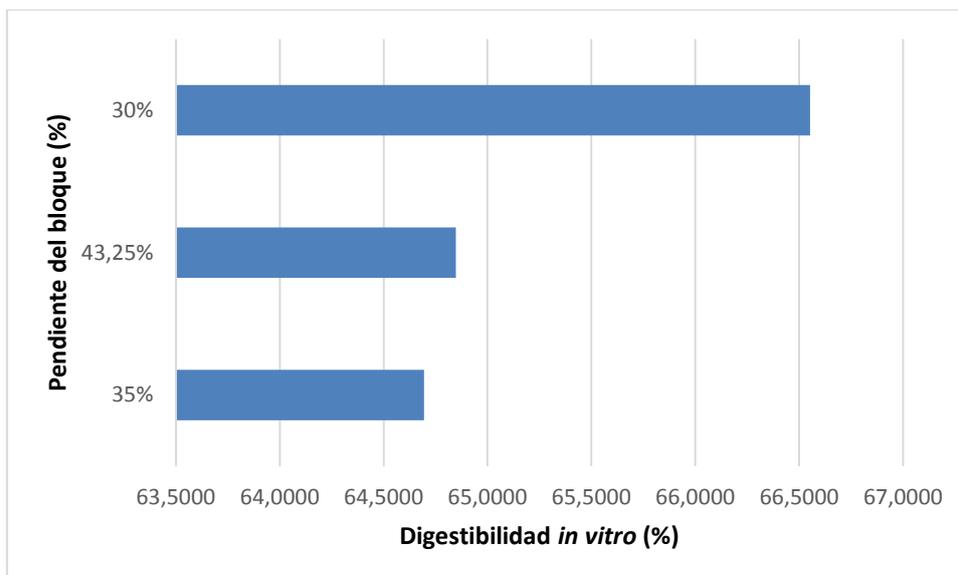


Figura 20: Comportamiento nutricional de digestibilidad in vitro de la materia seca frente a los 3 bloques para pasto Elefante bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca los Robles de la Fundación Universitaria de Popayán.

7.3 ANÁLISIS DE COSTOS

El mayor costo de fertilización de 1 kg de forraje verde de pasto *Pennisetum Purpureum*, se obtuvo cuando este fue fertilizado con abono orgánico agroplus con **\$903**, seguido por el tratamiento orgánico con Purín Finca con un valor de **\$688** por kg de forraje verde, el tratamiento 2 con fertilización química presentó un valor de **\$300**, finalmente el tratamiento más económico es el que no se fertilizó con un valor de **\$0**. Solo teniendo en cuenta el costo de fertilizantes, ver Tabla 10.

Tabla 10: Análisis de costos de fertilización del forraje verde del pasto *Pennisetum purpureum*.

Tratamiento	Promedio de FV kg	Costo fertilización / ha	Valor/FV/Kg
1	1740	0	0
2	2841	852944	300
3	1089	983221	903
4	1425	980021	688

Los costos anteriores se deben a las labores adicionales que se realizan en los tratamientos 2, 3 y 4 con el fin de mejorar la productividad y la calidad de la pastura.

Adicionalmente, se puede concluir que el mayor valor de forraje verde por hectárea de pasto *Pennisetum Purpureum* se logra cuando esta es fertilizada con fertilizante químico, mientras que el menor valor de FV producida por hectárea es para el tratamiento 3 (agroplus), mientras que para el tratamiento 4 fertilización orgánica purín finca fue la que menos producción de forraje verde por hectárea produjo y el tratamiento 1 sin fertilizante esta entre los rangos medios de producción de los demás tratamientos, ver Tabla 6.

Tabla 11: Análisis del costo de producción del pasto *Pennisetum purpureum* manejado bajo diferentes tipos de fertilización.

Costos		Valor / Hectárea
Tratamiento 1	Mano de obra (corte)	50000
		\$ -

Tratamiento 2	Insumos químicos	685,312
	Balde 12 L	132
	Mano de obra	167,500
		\$ 852,944.00

Tratamiento 3	Insumos orgánico (Agroplus)	147,200
	Mano de obra	833,333
	Bomba (depreciación)	2,688
		\$ 983,221.00

Tratamiento 4	Insumos orgánicos (purín finca)	144,000
	Mano de obra	833,333
	Bomba (depreciación)	2,688
		\$ 980,021.00

8. CONCLUSIONES

Experimentalmente se demostró que la fertilización química tuvo mayor incidencia en el vigor del pasto elefante (*Peninsetun purpureum*) que los fertilizantes orgánicos (purín finca y agro plus).

La incidencia de plagas en los terrenos tratados fue influenciada por la pendiente del terreno ensayado, siendo el bloque 1 con una pendiente de 35 % la que mayor plagas hospedó; así mismo, la pendiente del terreno afectó el vigor, encontrándose que una menor pendiente ocasiona una planta más vigorosa.

El nivel de plantas afectadas por enfermedades descendió en el transcurso de las evaluaciones reflejando un aumento de las defensas de la planta por incorporación de nutrientes debido a las condiciones climáticas favorables que se presentaron en el momento de la evaluación (mayor precipitación).

Los cambios climáticos atípicos presentados en la zona de estudio afectaron la altura de la planta en las tres evaluaciones abordadas. La evaluación 2 reportó mayores precipitaciones y mayor altura de la planta al momento de la evaluación agronómica. Un comportamiento similar se evidenció en la determinación del porcentaje de cobertura y el forraje verde (tonelada/hectárea), mayores rendimientos en las primeras dos evaluaciones realizadas en temporadas de precipitación alta.

Desde un punto de vista nutricional, el tratamiento realizado con fertilización química generó mejores porcentajes de proteína cruda (7,96%). No se detectaron diferencias significativas con respecto a la fertilización orgánica (Agroplus y purín finca), por lo que se podría concluir que añadir abono orgánico al pasto constantemente y en cantidades adecuadas permitirían obtener valores similares de proteína cruda que los esperados con agroquímicos.

La mejor producción de forraje verde (tonelada/hectárea) de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) se logra cuando la precipitación es abundante, por lo tanto es indispensable en tiempo de verano y/o sequía, contar con un sistema de riego el cual garantice la hidratación de la planta.

Mantener una producción de pasto elefante manejado bajo un programa sin fertilización es mucho más económico que con la implementación de cualquiera de los tratamientos estudiados en este trabajo, pero este hecho conllevaría a un descenso nutricional del pasto por la falta de retorno de los nutrientes al suelo. Esto hace que la fertilización sea una necesidad para garantizar el rendimiento nutricional de la pastura, que a mediano plazo se revierte al agricultor en fuentes de mayor cobertura para alimentación animal.

9. RECOMENDACIONES

El pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) al tratarse de una gramínea de corte de alto potencial para la producción de biomasa, este debe de sustraer grandes cantidades de minerales y nutrientes del suelo, exigiendo programas pertinentes de fertilización, para garantizar la estabilidad y durabilidad en el tiempo, sin poner en riesgo la calidad nutricional de este.

Se recomienda que el pasto de corte elefante, tenga un sistema de riego durante el verano, para que no influya en el contenido nutricional, ni en la cantidad de producción de biomasa, ya que este no soporta condiciones severas de sequía.

Se debe continuar con esta investigación repetidas veces para evaluar cómo influye las condiciones clima en las variables investigadas, ya que este experimento se realizó en época de verano.

Es bueno destacar que el efecto de los abonos orgánicos se logra ver a largo plazo y si se usa continuamente, se dice que si se utiliza abono orgánico constantemente, las condiciones del suelo mejorarían viéndose reflejado en un pasto de buena calidad y cantidad.

Es aconsejable realizar un análisis de suelos de suelo, dependiendo de la topografía de cada terreno, para así conocer los nutrientes que el suelo tiene disponibles para las plantas, de igual manera deben informarse de los requerimientos nutricionales que exige el pasto, para que a partir de esta información se pueda elaborar un programa de fertilización eficaz y eficiente que contribuya a la mejora del pasto.

Se recomienda continuar con la investigación evaluando la ganancia de peso en animales alimentado con este tipo de pasto bajo los mismos programas de fertilización.

BIBLIOGRAFÍA

Ávarez-Solís, J.D., Gómez-Velasco, D.A., León-Martínez, N.S., y Gutiérrez-Miceli, F. A. (2010). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*, 44, p. 575-586.

Alayón, A. (2014). Evaluación de tres bioabonos sobre el desarrollo vegetativo y productivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en el municipio de La Calera Departamento de Cundinamarca. Tesis (Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente). Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas. Manizales.

Anaya, F. (2009). Municipio de Timbío. Monografía-Compilación. URL: http://www.timbio-cauca.gov.co/apc-aa-files/62636335356437333763363736636366/MUNICIPIO_DE_TIMBIO_CAUCA_monografia_compilada.pdf. Fecha de acceso: 17 de Diciembre de 2015.

Arguelles, G., y E., Alarcón. 2006. Principales Pastos de Corte en Colombia: Manejo y Capacidad de Sostenimiento. ICA. Bogotá.

Beebe, N. (2009). Center for Scientific Computing, University of Utah, Department of Mathematics. (En línea). URL: <http://www.sas.com/technologies/analytics/statistics/stat/>. Fecha de acceso: 17 de Diciembre de 2015.

Bernal. E.J. (1975) Reunión del programa pastos y forrajes y curso de metodología y de investigación. Reunión N° 65. Cali, Colombia.

Bernal., E.J. (1991). Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo. Banco ganadero. Segunda Edición. Bogotá. Colombia.

Bernal, E.J. (2003). Pastos y Forrajes tropicales, Producción y Manejo. Colombia: Cuarta edición. Ángel Agro, Ideagro. p. 421.

Borges, J., M., Barrios, y O., Escalona. (2014). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *Zootecnia Tropical*. Vol. 30 (1). p. 017-026.

Buevas, A. (2009). Evaluación de tres tipos de fertilizantes sobre la producción de biomasa y calidad nutricional del pasto maralfalfa (*pennisetum* sp) cosechado a cuatro estadios de crecimiento diferentes. Tesis. Universidad La Salle. Bogotá.

Castellanos, J.Z. (1980). El estiércol como fuente de nitrógeno. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Seminarios Técnicos Vol. 5 (13).

Castellanos, J.Z. (1982). La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Seminarios Técnicos. Vol. 7(8). p. 32.

Cervantes, M. (2012). Los abonos orgánicos. (En línea). URL: http://infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm. Fecha de acceso: 11 Agosto de 2012.

Chamorro, M. (1996). Memorias de curso pasturas tropicales: consumo y valor nutritivo de los forrajes.: Corpoica regional. Medellín. p. 4.

Climate.data.org. (2015). Clima: Popayán. URL: <http://es.climate-data.org/location/3703/>. Fecha de acceso: 27 de Agosto de 2015.

Corpoica. (2006). Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles como Alternativa de Produccion Ganadera Sostenible en el Valle Cálido del Alto Magdalena. Centro Agropecuario La Angostura. Campo Alegre, Huila. p. 1-24.

Corporación PBA para ASOHOFrucol. (2007). Informe final del proyecto Convenio TR-577. Bogotá Colombia. p. 80.

Corpoica. (2013). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Sistema de Toma de Decisión para la selección de especies Forrajeras. Pasto elefante enano. *Pennisetum purpureum* cv. Mott. URL: http://www.corpoica.org.co/NetCorpoicaMVC/STDF/Content/fichas/pdf/Ficha_70.pdf. Fecha de acceso: 26 de Septiembre de 2014.

Delgado, A., y O., Alonso. (1994). Las enfermedades fungosas en los pastos tropicales. Pastos y Forrajes. Vol. 17. p. 89.

Echeverri, J., L., Restrepo, J., Parra. (2010). Evaluación comparativa de los parámetros productivos y agronómicos del pasto *kikuyo Pennisetum clandestinum* bajo dos metodologías de fertilización. Revista Lasallista de Investigación. Vol. 7 (2). p. 94-100.

Ester, E., A., Mongiello, A., Acosta. (2004) Contaminación y Salud del Suelo. Argentina. p. 47.

Estrada, J. (2003). Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Editorial de la Universidad de Caldas. Manizales. p. 167-188.

FAO. (2000). Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo. (On line). Manual on integrated soil

management and conservation practices 2000. URL: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_agronomicas/c20021221046edafo_factoresambientalesysuelos.pdf. Fecha de acceso: 19 agosto 2015.

FAO. (2002). Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Cuarta edición. URL: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>. Fecha de acceso: 15 de Diciembre de 2015.

FAO. (2013). Current world fertilizer trends and outlook to 2016. URL: <ftp://ftp.fao.org/ag/agp/docs/cwfto16.pdf>. Available: Decembre 15, 2015.

Farm Chemical Hand Book. (1996). Dictionary of fertilizers. New York.

Fedegan. (2013). Federación Colombiana de Ganaderos. URL: <http://www.fedegan.org.co/>. Fecha de acceso: 17 de Diciembre de 2015.

Finck, A. (1988). Fertilizantes y fertilización. España Editorial: Reverte S.A. p. 156-157.

Fundación PROINPA. (2006). Informe anual de Programa. Toralapa. Cochabamaba. Bolivia. p.120.

Fundación Universitaria de Popayán. (2014). URL: <http://www.fup.edu.co/web/index.php/sobre-fup/informacion/ubicación>. Fecha de acceso: 19 de Septiembre de 2014.

FUP. (2015). Fundación Universitaria de Popayán. Educaedu Colombia. URL: <http://www.educaedu-colombia.com/centros/fundacion-universitaria-de-popayan-uni1757>. Fecha de acceso: 19 de Febrero de 2015.

Gómez, J Abonos orgánicos. Santiago de Cali, mayo 2000. p. 16

Graupera, F. (1986). Agricultura y Ganadería en los Trópicos. Barcelona. Editorial Aedos. p. 111.

Hernández, M., I., Corbea, F., Reyes, C., Padilla, S., Sánchez, y T., Sánchez. (2006). Principios agronómicos para la producción de pastos. Parte I. Agrotecnia para el fomento de sistemas con gramíneas. Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. Guatemala. p. 63.

Higuera, M.D. (2015). Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. URL: <http://www.oriusbiotecnologia.com/los-microorganismos-del-suelo-en-la-nutricion-vegetal>. Fecha de acceso: 10 de Octubre de 2015.

Julia M. (2010). Fertilizacion de suelos en la produccion organica. URL: http://academic.uprm.edu/mbarragan/OHallorans_Fertilizacion.pdf. Fecha de acceso: 15 de Noviembre 2015.

Juscafresa, B. (1986). Forrajes fertilizantes y valor nutritivo. Barcelona. Editorial Aedos.

Kjeldahl J. (1883). Neue Methode zur Bestimmung der Stickstoffs in organischen Körpern. Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie. Vol. 22. p. 366-382.

León, T.F. (1996). Memorias de curso pasturas tropicales: manejo y utilización de praderas. Corpoica regional. Vol. 4. p. 120-127.

McKean S. (1993). Manual de análisis de suelos y tejido vegetal. Una guía teórica y práctica de metodologías. Documento de trabajo No. 129. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT.

Mila, P. (2001). Suelos, pastos y forrajes. Unisur. Bogotá D.C. p. 143.

Monzón L. (2009). La nutrición mineral como herramienta en el Control de plagas y enfermedades en las plantas. Cuba Tabaco. Vol 10 (1). p. 72-77.

Muñoz, P., H., Echeverría, y H., Barro. (2005). "Estrategia de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería en las regiones caribe y valles interandinos". Manual técnico para la producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones caribe y valles interandinos. CORPOICA. Colombia. p. 43 - 66.

Murgueitio, E., y Z., Calle. (2003). "Diversidad Biológica en Sistemas de Ganadería Bovina en Colombia". Evento: Curso Internacional: Ganadería, Desarrollo sostenible y Medio ambiente Ponencia: Libro: Memorias curso internacional ganadería, medio ambiente y desarrollo sostenible retos futuros, módulo V. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes Ministerio de la Agricultura. Cuba. p. 41 - 50.

Murillo, J., J., Barros, B., Roncallo y G., Arrieta. (2014). Requerimientos hídricos de cuatro gramíneas de corte para uso eficiente del agua en el Caribe seco colombiano. (En línea). Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Vol.15 (1). URL: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062014000100008&lng=en&nrm=iso. ISSN 0122-8706pp. 83-99. Fecha de acceso: 26 de Agosto de 2015.

Osorio L., Roldan C. (2003). Manejo al campo: cultivos de pastos y forrajes. Colombia. p. 15.

Palacio M. (2007). Fertilización del pasto kikuyo con nutrimon nutriocho: Informativo productivo. Vol. 8. p. 2.

Pérez, G.A., A., Pineda, D., Latournerie, M., Pam, P., Godoy. (2008). Niveles de evapotranspiración potencial en la producción de chile habanero. Terra Latinoamericana. Vol. 26 (1). p. 53-59.

Peters, M., L., Franco, A., Schmidt, B., Hincapié. (2011). Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. p. 113.

Quintero, S. (2009). Valor nutritivo de los forrajes. Curso de pastos y forrajes. Documentos. Editorial de Universidad de Antioquía. Medellín. p. 129.

Restrepo, R. (2007). Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca. Manual Práctico. ABC de la Agricultura Orgánica y Panes de Piedra. Primera edición. Cali.

Rodríguez-Carrasquel, S. (1983). Fonaiap Divulga. URL: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd12/texto/pasto%20elefante.htm. Fecha de acceso: 26 de Septiembre de 2014.

Romero, M.R., A., Trinidad, R., García, y R., Ferrara. (2000). Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia. Vol. 34 (3). p. 261-269.

Serrada, R. Apuntes de Selvicultura. (2008). Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. (En línea). URL: [//www.secforestales.org/web/images/serrada/41facecol.pdf](http://www.secforestales.org/web/images/serrada/41facecol.pdf). Fecha de acceso: 27 de Agosto de 2015.

Sierra, P. (2002). Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.

Taiz, L. y E., Zeiguer, (2006). Fisiología vegetal. Volumen 1: Las células vegetales. Transporte de agua y de solutos. Bioquímica y metabolismo. p. 587.

Toledo, J. (1982). Manual para la evaluación Agronómica. CIAT. Red Internacional de Pastos Tropicales. Cali, Colombia.

van Soest, P.J. (1970). The chemical basis for the nutritional evaluation of forages. In: Proceedings of the National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization, Lincoln, Nebraska.

van Soest, P.J. (1994). Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University. Press, NY.

ANEXOS

Anexo A. Matriz de datos generales.

EVALUACION	BLOQUE	RATAMIENTO	VIGOR 1- 5	PLAGAS 1- 5	ERMEADES	ALTURA cm	% COBERTURA	MS %	FV/TON/HA	MS/TON/HA
1	1	1	3,5	2	4	1,22	50	13,28	7,00	0,93
1	1	2	4	1	2,5	1,25	65	18,24	5,00	0,91
1	1	3	3	1,5	4	1,03	45	19,88	5,00	0,99
1	1	4	2,5	1	4	1,00	40	14,85	7,00	1,04
1	2	1	1,5	1	3,5	62	20	18,55	4,00	0,74
1	2	2	3,5	1	3	1,15	45	14,55	6,50	0,95
1	2	3	2	1	2,5	77	25	17,86	4,50	0,80
1	2	4	2	1	3,5	74	25	18,32	5,00	0,92
1	3	1	2	1	3,5	94	25	16,00	6,00	0,96
1	3	2	4,5	1	1,5	1,38	90	10,00	6,00	0,60
1	3	3	2	1	4	72	20	15,85	5,50	0,87
1	3	4	3,5	1	2	1,05	65	14,61	6,50	0,95
2	1	1	4,5	3	3	160	60	11,01	5,50	0,61
2	1	2	4,5	1	2	90	75	12,70	6,00	0,76
2	1	3	3	1	2	103	40	12,54	5,50	0,69
2	1	4	2,5	1	2,5	91	40	13,72	5,00	0,69
2	2	1	2	1	1,5	70	20	17,76	5,00	0,89
2	2	2	2,5	1	2	94	40	14,54	5,50	0,80
2	2	3	2	1	2	72	25	16,72	5,50	0,92
2	2	4	2	1	1,5	88	30	15,84	5,00	0,79
2	3	1	2	1	1,5	94	35	13,49	5,50	0,74
2	3	2	4,5	1	2	124	95	12,44	5,00	0,62
2	3	3	1,5	1	2	74	20	16,80	5,00	0,84
2	3	4	3,5	1	1	101	70	14,50	6,00	0,87
3	1	1	2	2	2	67	0,4	11,80	5,0	0,6
3	1	2	3	1	1	51	0,65	10,66	4,5	0,5
3	1	3	2	1	2	58	0,45	12,36	5,5	0,7
3	1	4	2	1	3	57	0,35	13,55	4,5	0,6
3	2	1	2	1	1,5	35	0,3	25,40	4,0	1,0
3	2	2	2	1	2	60	0,3	16,00	5,0	0,8
3	2	3	1	1	2	46	0,2	22,00	4,0	0,9
3	2	4	3	1	2	51	0,25	19,80	5,0	1,0
3	3	1	2	1	1	57	0,35	17,20	5,0	0,9
3	3	2	4	1	2	72	0,8	16,40	5,0	0,8
3	3	3	1,5	1	1	42	0,25	16,00	5,0	0,8
3	3	4	3,5	1	2	61	0,7	14,00	5,0	0,7

ANEXO B Vigor por tratamiento de fertilización

VIGOR DE LA PLANTA

Duncan

TRATAMIENTO TIPO DE FERTILIZACION	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3	9	2,000	
1	9	2,389	
4	9	2,722	
2	9		3,611
Sig.		,085	1,000

ANEXO C. Composición nutricional agro plus

COMPOSICION QUÍMICA

Conductividad eléctrica, a 25 °C, en mS/cm	60.0-62.5
pH	5,50-6,50
Densidad	1,10-1,15
Materia Orgánica (%)	10-12

MACRONUTRIENTES PRINCIPALES

Nitrógeno total (NTK en %)	0,9 - 1,1
Fósforo total (P ₂ O ₅ en %)	0,3 - 0,5
Potasio (K ₂ O en %)	2,5 - 3,1

MACRONUTRIENTES SECUNDARIOS

Calcio (CaO en %)	0,4 - 0,5
Magnesio (MgO en %)	0,4 - 0,5
Sodio (Na ₂ O en %)	0,1- 0,2
Azufre (S en %)	0,1- 0,6

MICRONUTRIENTES

Boro (ppm B)	20,0-60,0
Cobre (ppm Cu)	10-100
Hierro (ppm Fe)	2- 8,0
Manganeso (ppm Mn)	4 - 18
Molibdeno (ppm Mo)	0,6-0,10
Cinc (ppm Zn)	11-20
Cloruros (Cl en %)	0,8-1,1

Dado que **EVE ECOGROW AGRO PLUS** tiene un origen natural, los parámetros físico-químicos se expresan dentro de un margen de valores mínimo y máximo.

Anexo D. Comportamiento del vigor de la planta por bloque.

VIGOR DE LA PLANTA

Duncan

FACTOR BLOQUEO PENDIENTE	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2	12	2,125	
3	12	2,875	2,875
1	12		3,042
Sig.		,056	,663

Anexo E Presencia de plagas según tratamiento de Fertilización

Duncan

TRATAMIENTO TIPO DE FERTILIZACION	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2	9	1,000	
4	9	1,000	
3	9	1,056	
1	9		1,444
Sig.		,769	1,000

ANEXO F. Presencia de plagas con respecto a los bloques.

Duncan

FACTOR BLOQUEO PENDIENTE	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2	12	1,000	
3	12	1,000	
1	12		1,375
Sig.		1,000	1,000

ANEXO G. Presencia de enfermedades por evaluación

Duncan^a

NUMERO DE EVALUACION	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3	12	1,7917	
2	12	1,9167	
1	12		3,1667
Sig.		,651	1,000

ANEXO H. Porcentaje de materia seca por bloque.

CONTENIDO DE MATERIA SECA

Duncan

FACTOR BLOQUEO PENDIENTE	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1	12	13,7158	
3	12	14,7742	
2	12		18,1117
Sig.		,344	1,000

ANEXO I. Cantidad de forraje verde por evaluación (t/ha)

FORRAJE VERDE TONELADA /HECTAREA

Duncan

NUMERO DE EVALUACION	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
3	12	4,7917	
2	12		5,3750
1	12		5,6667
Sig.		1,000	,288

ANEXO J. Análisis nutricional de las muestras (por corte)

TRATAMIENTO	BLOQUE	%M.S	%PC	%FDN	%FDA	%DIVMS
1	1	92,52	8,54	70,11	45,97	66,55
2	1	94,04	7,65	70,32	44,97	62,13
3	1	93,08	8,07	68	44,32	63,77
4	1	93,27	7,46	70,28	46,49	66,33
1	2	93,28	6,99	70,14	46,88	66,62
2	2	92,77	8,03	71,41	46,58	65,85
3	2	93,11	7,77	70,56	46,7	64,02
4	2	93,79	7,57	66,97	46,71	62,9
1	3	93,32	8,26	66,88	44,74	64,29
2	3	93,63	8,19	68,32	45,18	65,08
3	3	92,9	6,71	67,89	42,8	70,64
4	3	93,99	7,04	68,09	44,13	66,2