

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE 12 GRAMÍNEAS FORRAJERAS BAJO SOMBRÍO  
EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN - CAUCA**



**YENIFER LLANOS CÓRDOBA  
JUAN DAVID SALAZAR RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2018**

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE 12 GRAMÍNEAS FORRAJERAS BAJO SOMBRÍO  
EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN - CAUCA**

**YENIFER LLANOS CÓRDOBA  
JUAN DAVID SALAZAR RAMÍREZ**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación como requisito parcial para  
optar al título de Ingeniero Agropecuario**

**Director  
Ph. D. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2018**

## **Nota de aceptación**

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

---

Ph. D. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA  
Director

---

M. Sc. VICTOR ANDRES BURBANO  
Presidente del Jurado

---

M. Sc. CARMEN LUCIA CERON  
Jurado

Popayán, 24 de abril de 2018

## DEDICATORIA

*A Dios, por su infinita bondad y amor.*

*A mi madre, SIRLEY CORDOBA CLAROS por su infinito amor y apoyo, por su esfuerzo diario por ella y para ella cada uno de mis logros.*

*A mi padre PEDRO LLANOS VARGAS Por ese amor tan grande que me das, apoyo y dedicación, siempre serás para mí, el más importante y el mejor de los hombres.*

*A mi hermana LINA FERNANDA LLANOS CORDOBA por siempre representar un apoyo incondicional y ser mi compañera de vida.*

*A mis abuelitas MARIA ELCIRA VARGAS y OLGA MARIA CLAROS por sus oraciones, darme la fortaleza y amor perdurable para poder lograr esta meta, que Dios las bendiga.*

*A YEISON MUÑOZ ANACONA agradecimientos sinceros por su apoyo en los momentos difíciles y amor incondicional en este proceso de vida.*

*A JUAN DAVID SALAZAR por brindarme su amistad, compañía y apoyo en el transcurso de la carrera profesional.*

*A toda mi familia y amigos quienes de alguna manera aportaron a mi formación profesional.*

**Yenifer Llanos Córdoba**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por brindarme salud, sabiduría y fortaleza para afrontar cada obstáculo y no desfallecer en el intento.*

*A mis padres Rosalba Ramírez y Pablo Emilio Salazar a quienes amo con todo mi corazón y agradezco su amor y su apoyo incondicional ya que han estado a pesar de la distancia cuando más los he necesitado.*

*A mis hermanos Héctor Mario Salazar, Carlos Andrés Salazar y Leonardo Mauricio Salazar por depositar su confianza en mí y credibilidad en mis metas y sueños.*

*A Ana María Arenas por brindarme su amor y siempre creer en mí cuando más lo necesite, por sus consejos y sus enseñanzas que cada día me hacen mejor persona y no desfallecer en situaciones difíciles.*

*A Yenifer Llanos por ser mi amiga incondicional durante todo este tiempo y brindarme toda su ayuda y apoyo para salir adelante.*

*A Nancy Patricia López por ser como una familia para mí y brindarme tantas enseñanzas y consejos que fueron de gran ayuda durante mi estadía en esta ciudad.*

**Juan David Salazar Ramírez**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por su infinito amor.

A nuestras familias por su apoyo incondicional.

La Universidad del Cauca- facultad de Ciencias Agrarias, por ser la institución que nos acogió en nuestro proceso formativo.

A nuestro director Ph. D. Nelson José Vivas Quila zoot por sus sabios consejos, por plasmar sus conocimientos en nosotros y en este proyecto ¡infinitas gracias!

Al semillero de investigación Nutrición Agropecuaria (NUTRIFACA) por su colaboración y apoyo en este trabajo de grado, en especial a Mike Holmes Bastidas Chitan quien lidera este grupo y ha sido de gran ayuda para poder culminar esta investigación.

Al Grupo de Investigación de Nutrición Agropecuaria de la Universidad del Cauca, por brindar el acompañamiento técnico y la financiación para la ejecución de este proyecto.

A nuestros profesores, quienes impartieron sus conocimientos guiando positivamente nuestro proceso de aprendizaje durante la carrera universitaria.

A todas aquellas personas que de una u otra forma intervinieron en la realización del presente trabajo.

## GLOSARIO

**BIOMASA:** peso seco total de la vegetación forrajera y no forrajera, en general aérea, por unidad de superficie, en un momento específico. Se debería especificar si la biomasa es viva o muerta y la proporción de cada una si incluye ambas.

**CAPACIDAD DE CARGA:** es el número de animales por unidad de superficie de pradera y por un tiempo determinado. Debe indicarse siempre la categoría y peso vivo del animal que permita identificarlo, la superficie y el tiempo. Es la demanda animal aplicada a una superficie por un periodo específico de tiempo.

**FORRAJE:** alimento que estimula la rumia debido al largo tamaño de las partículas y su alto contenido de fibra. Todo material herbáceo, arbustivo o arbóreo que puede ser consumido por los animales, incluyendo materiales conservados como heno y ensilaje.

**GRAMÍNEA:** familia de plantas angiospermas monocotiledonarias de tallo cilíndrico, nudoso generalmente hueco, hojas sentadas, largas y estrechas e insertada al nivel de los nudos, flores dispuestas en espiguillas reunidas en espigas, racimos o panículas y semillas ricas en albumen.

**MATERIA SECA:** es lo que queda de un alimento después de someterse a temperatura para que pierda agua, hasta que deja de perder peso. El peso perdido por el alimento corresponde al agua o humedad que tenía. Sirve para comparar dos alimentos en relación al contenido de nutrientes, evaluar el precio o costos, determinar los aportes en las raciones, etc.

**SILVOPASTORIL:** es una opción de producción pecuaria en la cual las plantas leñosas perennes (árboles) y/o arbustos hacen parte del sistema.

**SOMBRA:** parte de un espacio a la que no llega la luz, especialmente la del sol.

## RESUMEN

La intensificación ganadera con adaptación al cambio climático requiere aplicar principios agroecológicos como el uso de sistemas silvopastoriles, debido a esto se evaluó el desempeño agronómico de 12 gramíneas forrajeras bajo diferentes ambientes de sombrío (52, 63, 77, y 100% de penetración de luz), el cual estuvo determinado por el dosel de *Leucaena diversifolia*. La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, sede Las Guacas, ubicada en el municipio de Popayán, departamento del Cauca, a una altura de 1900 msnm, con temperatura promedio de 18°C, precipitación promedio anual de 2000 mm y una humedad relativa entre 80 y 90%.

Se trabajó bajo un diseño experimental en bloques completos al azar (siendo la intensidad de luz el factor de bloqueo), con doce tratamientos y cuatro repeticiones en un área total de 836 m<sup>2</sup>, por tanto, se delimitaron 48 parcelas con dimensión de 3 m de largo por 2,5 m de ancho, con una distancia entre tratamientos de 1 m y de 2 m entre bloques.

Las variables evaluadas fueron: floración, cobertura, vigor, altura, plagas, enfermedades, producción de forraje verde, producción de materia seca y calidad nutricional. Se realizaron evaluaciones agronómicas cada 45 días (Toledo 1982). Los resultados se analizaron mediante estadísticos descriptivos y se realizó análisis de varianza ( $p=0.05$ ) siendo el tratamiento (4) *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y el tratamiento (12) *Megathyrsus máxima* cv. Mombasa los que mejor se comportaron bajo un sombrío del 23% con producciones de 51.84 Tn/ha/año y 47.57 Tn/ha/año respectivamente, resaltando su buena capacidad de producción bajo sombrío, por lo cual se recomienda esta especie para establecer en sistemas silvopastoriles (SSP).

**Palabras claves:** biomasa, capacidad de carga, forraje, gramínea, materia seca, silvopastoril, sombra.

## ABSTRACT

The intensification of livestock with adaptation to climate change requires applying agroecological principles such as the use of silvopastoral systems, due to this the agronomic performance of 12 forage grasses was evaluated under different shady environments (52, 63, 77, and 100% of light penetration) which were determined by the dossal of *Leucaena diversifolia*. The investigation was done in the Faculty of Agricultural Sciences of the Universidad del Cauca, Las Guacas headquarters, located in the municipality of Popayán, department of Cauca at height of 1900 amsl, with an average temperature of 18 °C, average annual rainfall of 2000 mm and a relative humidity between 80 and 90%.

It was worked under an experimental design in complete haphazard blocks (being the intensity of light the blocking factor) with twelve treatments and four repetitions in a total area of 836 m<sup>2</sup>, therefore, 48 plots were delimited with a dimension of 3 m long and 2.5 m wide, with a distance between treatments of 1 m and 2 m between blocks.

The variables evaluated were: flowering, cover, vigor, height, pests, diseases, green forage production, dry matter production and nutritional quality. Agronomic evaluations were carried out every 45 days (Toledo 1982). The results were analyzed by descriptive statistics and analysis of variance was performed ( $p = 0.05$ ), with the treatment being (4) *Brachiaria brizantha* cv. Toledo and the treatment (12) *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa those that behaved better under a shady 23% with productions of 51.84 Tn / ha / year and 47.57 Tn / ha / year respectively, highlighting its good production capacity under somber, for which this species is recommended to establish in systems silvopastoralists (SSP).

**Key words:** biomass, carrying capacity, forage, grass, dry matter, silvopastoral, shade.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. MARCO REFERENCIAL	17
1.1 LOCALIZACIÓN	17
1.2 MARCO TEÓRICO	17
1.2.1 Ganadería en Colombia	17
1.2.2 Ganadería en el Cauca	18
1.2.3 Sistema Silvopastoril (SSP)	18
1.2.4 Gramíneas	19
1.2.5 Fotosíntesis en plantas C <sub>4</sub>	19
1.2.6 Género <i>Brachiaria</i>	20
1.2.6.1 <i>Brachiaria brizantha</i> cv. 26124	20
1.2.6.2 <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	20
1.2.6.3 <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piata	20
1.2.6.4 <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo	20
1.2.6.5 <i>Brachiaria híbrido</i> cv. Caymán	21
1.2.6.6 <i>Brachiaria híbrido</i> cv. Cobra	21
1.2.6.7 <i>Brachiaria híbrido</i> cv. Mulato II	21
1.2.6.8 <i>Brachiaria decumbens</i>	21
1.2.6.9 <i>Brachiaria mutica</i>	21
1.2.7 Género <i>Chloris</i>	21
1.2.7.1 <i>Chloris gayana</i> Kunth	22
1.2.8 Género <i>Cynodon</i>	22

	pág.
1.2.8.1 <i>Cynodon nlemfuensis</i>	22
1.2.9 Género <i>Megathyrsus</i>	22
1.2.9.1 <i>Megathyrsus maximum</i> cv. Mombasa	22
1.3 MARCO HISTÓRICO	23
2. METODOLOGÍA	24
2.1 ANÁLISIS DE SUELO	24
2.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS	24
2.3 MATERIAL EXPERIMENTAL	25
2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	25
2.4.1 Descripción de los bloques	26
2.4.2 Variables evaluadas	27
2.4.2.1 Cobertura	27
2.4.2.2 Vigor	27
2.4.2.3 Floración	27
2.4.2.4 Altura	27
2.4.2.5 Plagas	27
2.4.2.6 Enfermedades	28
2.4.2.7 Producción de forraje verde	28
2.4.2.8 Producción de materia seca	28
2.4.2.9 Intensidad de la luz	29
2.4.2.10 Humedad del Suelo	29
2.4.2.11 Humedad relativa en la pradera	29
2.4.2.12 Calidad nutricional	29

	pág.
2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1 VARIABLES AGRONÓMICAS	31
3.1.1 Vigor	31
3.1.2 Cobertura	32
3.1.3 Malezas	32
3.1.4 Enfermedades	33
3.1.5 Plagas	33
3.1.6 Floración	33
3.1.7 Materia seca	34
3.1.8 Producción de materia seca	35
3.2 COMPORTAMIENTO DE LOS FORRAJES A DIFERENTES INTENSIDADES DE SOMBRA	36
3.3 CALIDAD NUTRICIONAL	41
3.4 CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES	42
4. CONCLUSIONES	45
5. RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	51

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Resultado análisis de suelo	24
Cuadro 2. Material experimental	25
Cuadro 3. Tratamientos	26
Cuadro 4. Distribución de los bloques y sus diferentes intensidades de luz y sombra	26
Cuadro 5. Resumen del comportamiento a diferentes intensidades de sombra para cada una de las especies forrajeras evaluadas	36
Cuadro 6. Comportamiento entre bloques para la variable vigor	36
Cuadro 7. Comportamiento entre bloques para la variable cobertura ( $p < 0.01$ )	37
Cuadro 8. Comportamiento entre bloques para la variable cobertura ( $p < 0.05$ )	38
Cuadro 9. Comportamiento entre bloques para la variable plagas	38
Cuadro 10. Análisis bromatológico de las especies evaluadas	41
Cuadro 11. Correlaciones de Pearson	43

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación del lugar de estudio	17
Figura 2. Comportamiento de las variables climáticas	25
Figura 3. Distribución de los bloques	26
Figura 4. Toma de muestras en la unidad experimental	28
Figura 5. Instrumentos utilizados para medir las variables ambientales. A) Luxómetro (Lux meter LX 101BS); B) Termohigrómetro (Higrotermómetro Sunleaves); C) Hidrómetro (Hidrofarm)	29
Figura 6. Comportamiento de vigor en los diferentes tratamientos	31
Figura 7. Comportamiento de cobertura en los diferentes tratamientos	32
Figura 8. Comportamiento de porcentaje de malezas en los diferentes tratamientos	33
Figura 9. Comportamiento de floración en los diferentes tratamientos	34
Figura 10. Comportamiento de la materia seca en los diferentes tratamientos	34
Figura 11. Comportamiento de producción en toneladas en los diferentes tratamientos	35
Figura 12. Daño de pulguilla en Brachiaria	39
Figura 13. Producción de forraje seco en los tratamientos establecidos bajo las distintas intensidades de sombra	39

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Resultado de análisis de suelo	51
Anexo B. Análisis de varianza entre tratamientos	52
Anexo C. Pruebas de Duncan entre los tratamientos	53
Anexo D. Pruebas de Duncan entre bloques para variable Vigor	57
Anexo E. Pruebas de Duncan entre bloques para la variable Cobertura	58
Anexo F. Pruebas de Duncan entre bloques para la variable Cobertura (P=0.05)	59
Anexo G. Pruebas de Duncan entre bloques para la variable Plaga	60
Anexo H. Análisis Bromatológico por tratamiento	61

## INTRODUCCIÓN

En Colombia la mayor parte de la alimentación animal se basa en el uso de pastos y forrajes gracias a su ubicación en la línea ecuatorial, las condiciones climáticas son ideales para la producción de forraje verde para la nutrición animal, En el suroccidente colombiano se presenta un régimen bimodal con dos periodos de lluvia y dos periodos secos distribuidos en diferentes épocas del año.

El sector ganadero representa un renglón de importancia económica en el país, actualmente contribuye con el 1,6% del PIB nacional, aproximadamente 20% del PIB agropecuario y 53% del PIB pecuario (FEDEGAN, 2014); Según el ICA, la población bovina en el país en 2017 fue de 23.5 millones de cabezas, distribuidas en 514 mil 794 predios (Moncada, 2017).

Durante los últimos años es frecuente las alteraciones del clima (Fenómenos del niño y niña) lo que afecta el desarrollo fenológico de las especies forrajeras y a la vez la producción animal, por ello la tendencia de establecer sistemas silvopastoriles como estrategia de mitigación al cambio climático y por ende la necesidad de definir las especies con mayor tolerancia al sombrero de los árboles que hacen parte del sistema y así contrarrestar una serie de prácticas inadecuadas, como quemas, aplicación desmedida de herbicidas, poca rotación de praderas, gramíneas a libre exposición solar (ganadería tradicional), sobre pastoreo y falta de asociación de gramínea-leguminosa (Vivas,2018).

En la franja intertropical la utilización de la sombra natural en los potreros no solo crea un mejor ambiente para los animales, sino que mejora sustancialmente la producción y calidad de los pastos al reducir la temperatura, aumentar la humedad en la superficie del suelo, así como el ciclaje de nutrientes (Murgueitio 2003). En esta investigación se evaluó 12 gramíneas forrajeras para determinar su potencial en condiciones de sombra, con el fin de incluir estos forrajes en sistemas silvopastoriles de clima medio. Proyecto que hace parte de las líneas de investigación del grupo de investigación NUTRIFACA y financiado por el mismo.

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, sede Las Guacas, ubicada en el municipio de Popayán departamento del Cauca, a 2°29" de latitud norte y 76°33" longitud oeste, a una altura de 1900 m.s.n.m. con temperatura promedio de 18°C, precipitación promedio anual de 2000 mm y una humedad relativa entre 80 y 90%.

Figura 1. Ubicación del lugar de estudio



Fuente: Modificado de Google, 2018.

### 1.2 MARCO TEÓRICO

**1.2.1 Ganadería en Colombia.** En Colombia hay ganadería en todas las regiones y pisos térmicos, en todas las escalas de producción, desde el minifundio lechero, hasta la ganadería empresarial y también en diversas especialidades: cría, levante, ceba, lechería especializada y un gran componente de doble propósito. Desde el punto de vista de la orientación del hato, es precisamente el doble propósito la especialidad que absorbe el mayor porcentaje del hato nacional, con un 38,8%, mientras que un 35% se dedica a la cría, el 19,8% a la ceba y el 6,4% a lechería especializada (FEDEGAN, 2014). Toda la actividad ganadera antes descrita, se desarrolla en Colombia en un área cercana a los 39,2 millones de hectáreas en pastos y forrajes que son la fuente primaria de alimentación del ganado bovino en el país (Tapasco *et al.*, 2015).

El inventario ganadero para el 2017 en Colombia asciende a 23.5 millones de cabezas de ganado bovino (Moncada, 2017). Sin embargo, este inventario ha disminuido en los últimos años. Esta disminución puede atribuirse a diversos factores no climáticos; no

obstante, vale la pena resaltar que los fenómenos de El Niño y La Niña de 2010 y 2011, han contribuido con la muerte de más de 130 mil cabezas y desplazamiento de cerca de 1,6 millones de animales (Tapasco *et al.*, 2015).

**1.2.2 Ganadería en el Cauca.** En el Departamento del Cauca la ganadería se basa en una producción doble propósito, con una base genética en proceso de mejoramiento y adaptada a las ecoregiones, pastos potencialmente mejorables donde hay infraestructura ganadera adecuada para el manejo en finca (Morales *et al.*, 2015).

Si bien muy pocos de los suelos del departamento tienen vocación hacia la ganadería, la mayoría de municipios tienen terrenos dedicados a pasturas. Sólo el 2% del departamento tiene vocación hacia el pastoreo extensivo; sin embargo, a esta actividad son dedicadas 925.000 hectáreas que representan un poco más del 30% del departamento (Gamarra, 2007) y en las cuales se albergan 273.663 reses en 17.845 predios (ICA, 2016).

Estudios realizados evidencian que la ganadería en la meseta de Popayán es de tendencia extensiva, basada en pasturas degradadas sin manejo y mejoramiento de la pradera, con poca utilización de árboles como complemento alimenticio; situación que ha llevado a evaluar diferentes estrategias para ser incluida en los diseños agropecuarios, usando estos resultados en el establecimiento de 250 ha por parte del Comité de este departamento y la Corporación Regional del Cauca (Morales *et al.*, 2015)

**1.2.3 Sistema Silvopastoril (SSP).** Los SSP son la herramienta que permite obtener una ganadería eficiente en términos de producción de carne y leche, de rentabilidad y competitividad y de conservación de los recursos naturales. Con los sistemas silvopastoriles se puede lograr la conservación y la recuperación productiva del capital natural de la finca y del país, en los SSP se maneja una sombra que permite un desarrollo adecuado de los pastos y que se extiende a todo el potrero (no se limita a unos pocos árboles para sombra). Estos niveles moderados de sombra permiten además que los organismos del suelo, indispensables para mantener la fertilidad del mismo, se conserven y trabajen con mayor eficiencia (Zuluaga y Cadavid, 2011).

Según la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) los “sistemas silvopastoriles son una modalidad de agroforestería pecuaria, que asocia los árboles y arbustos con pastos de pastoreo o pastos de corte”. Para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), “un SSP es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos), e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas o pastos), todos ellos bajo un sistema de manejo integral (Montagnini *et al.*, 2015).

De acuerdo con estas definiciones, para que se puedan dar los SSP es necesario que existan árboles y/o arbustos. Sin éstos presentes, sería imposible desarrollar cualquier sistema. Lo que se debe tener claro es que no resulta necesario que estos árboles o

arbustos sean forrajeros o consumidos por los animales, pues también, pueden ser maderables, frutales, ornamentales, productores de leña, semillas y sombrío (Libreros, 2015).

**1.2.4 Gramíneas.** Del área total del planeta (aproximadamente 13.4 millones de hectáreas) el 25% son ocupadas por pasturas, en Colombia esta área es de 39'152.358 hectáreas (Navarro Villamizar, 2012), para hacer la actividad ganadera realmente competitiva es necesario utilizar correctamente los pastos (Navarro villamezar,2012), donde las gramíneas y las leguminosas son las plantas que constituyen la mayor parte de las praderas, las primeras son el componente más valioso (Rojas, 2009) y se designan como *Poaceas*, que están muy ampliamente distribuidas en diferentes ambientes (Silva, 2010).

Los pastos son gramíneas que constituyen la principal fuente de alimentación para ganado bovino en las diferentes regiones y son el principal atributo de los pastos tropicales con su capacidad para producir materia seca, lo que los hace ideales para suministrar proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra al ganado especializado en la producción de leche, carne, así como al doble propósito; la gran capacidad que tiene para producir biomasa se debe a que son plantas  $C_4$ , esto implica que los procesos fotosintéticos son eficientes y su desarrollo es rápido (Silva, 2010).

**1.2.5 Fotosíntesis en plantas  $C_4$ .** Las condiciones ambientales provocan el cierre de los estomas, que ayuda a las plantas a evitar la pérdida de agua, pero que, además, entorpece la fotosíntesis al impedir que el  $CO_2$  penetre en las hojas. Cuando los estomas se cierran, la concentración de  $CO_2$  en las hojas disminuye como resultado de la actividad del ciclo de Calvin, mientras que la concentración de  $O_2$  aumenta como resultado de las reacciones luminosas. En estas condiciones, la rubisco tiende a añadir  $O_2$  a otras moléculas en lugar de añadir  $CO_2$ , provocando un aumento de la fotorrespiración y una disminución de la fotosíntesis. La ruta  $C_4$  une el  $CO_2$  en compuestos de cuatro carbonos, que se utilizan entonces para proporcionar una concentración incrementada de  $CO_2$  al ciclo de Calvin.

La ruta  $C_4$  evita o limita la fotorrespiración, pues la enzima de fijación de carbono, conocida como PEP carboxilasa (fosfoenolpiruvato carboxilasa), fija únicamente  $CO_2$  y no  $O_2$ . A diferencia de la rubisco, la PEP carboxilasa sigue enlazando  $CO_2$  con compuestos de carbono, incluso cuando la concentración de  $CO_2$  en la hoja es exigua. Las plantas  $C_4$  presentan una anatomía foliar diferente a la de las plantas  $C_3$ , una diferencia sustancial para la realización de la ruta  $C_4$ . En las plantas  $C_3$ , el ciclo de Calvin se produce en todas las células fotosintéticas, mientras que, en las hojas de las plantas  $C_4$ , se suele producir únicamente en las células envoltantes del haz, que se muestran en forma de una prominente capa única o doble, que rodea cada nervio foliar. Estas células del mesófilo alimentan las células envoltantes del haz con el  $CO_2$ , contenido en los compuestos orgánicos, donde se libera y vuelve a fijarse mediante el ciclo de Calvin. Por tanto, las células envoltantes del haz poseen grandes concentraciones de  $CO_2$ , lo que permite que la rubisco fije  $CO_2$  en lugar de  $O_2$  (Murray, 2005).

Los géneros que se trabajaron durante la investigación son: *brachiaria*, *Chloris*, *nlemfuensis*, *Megathyrsus*. De igual forma se encuentra sus respectivos cultivares dentro de cada género los cuales se describen a continuación

**1.2.6 Género *Brachiaria*.** La *Brachiaria* presenta alta producción de forraje en un rango amplio de ecosistemas y suelos, con rendimientos anuales entre 8 y 20 Tn/Ms/ha. Los contenidos de proteína en praderas bien manejadas están entre 7 y 14% y la digestibilidad entre 55 y 70%. La producción de leche en praderas es de 8 a 9 L/vaca/día, tanto en época de lluvia y en época seca. Anualmente puede producir entre 180 y 280 Kg/animal y 540 y 840 Kg de carne/ha (Peters *et al.*, 2013).

Según Olivera (2016), el género *Brachiaria* posee alrededor de 80 especies, las describe como plantas anuales o perennes, con hábito de crecimiento erecto, cespitoso, decumbente o estolonífero, cuya altura es de 30 a 200 cm y poseen una flor hermafrodita o masculina. Se desarrolla en altitudes por debajo de los 2000 msnm, en climas húmedos con precipitación anual mayor a los 750 mm y con estaciones secas de tres a seis meses de duración, adaptándose a un rango amplio de condiciones de suelo y clima; la capacidad de adaptación de este género se expresa en características agronómicas, como la producción de hojas y pequeños rizomas que facilitan la emergencia de los tallos, su tasa de crecimiento y alta capacidad para la producción de forraje en condiciones estresantes que pueden aumentar los rendimientos productivos de la ganadería.

A continuación, se describen las particularidades más específicas de las gramíneas utilizadas en la investigación.

**1.2.6.1 *Brachiaria brizantha* cv. 26124.** Es una gramínea perenne con rango de adaptación a pH de 4 a 8, con fertilidad media a alta, utilizada para pastoreo, corte, acarreo, barrera viva; es tolerante a mión, sequía y períodos cortos de encharcamiento, Contiene de 7-14% de proteína cruda (PC) y una digestibilidad de 55-70% (CIAT, 2011).

**1.2.6.2 *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** Se desarrolla bien en suelos de mediana a buena fertilidad, con precipitaciones entre 800 y 3,500 mm y altitud desde el nivel del mar hasta 950 m. Produce entre 20 a 25 Tn/ha/año de materia seca, con un contenido de proteína cruda entre 10 y 12% y digestibilidad de 55 a 70% (Peters, 2011).

**1.2.6.3 *Brachiaria brizantha* cv. Piata.** Es un cultivar tolerante a la sequía y al salivazo con una producción de forraje de 10 Tn/Ms/año, se adapta a altitudes desde el nivel del mar hasta los 2000 m.s.n.m con precipitaciones mayores de 700 mm/año. Tiene un porcentaje de proteína de 11% y una digestibilidad entre 50 – 60% (Peters, 2011).

**1.2.6.4 *Brachiaria brizantha* cv. Toledo.** Es una especie que produce tallos vigorosos capaces de enraizar a partir de los nudos cuando entran en estrecho contacto con el

suelo, lo cual favorece el cubrimiento y el desplazamiento lateral de la gramínea, crece bien en condiciones de trópico subhúmedo, tiene una producción anual de 25,2 y 33,2 Tn/ha/MS (CIAT, 2002).

**1.2.6.5 *Brachiaria híbrido cv. Caymán.*** Es un cultivar tolerante a la sequía con una alta digestibilidad y un contenido de proteína cruda que puede llegar hasta el 17%, tiene un crecimiento semi-decumbente con una alta palatabilidad y se adapta a altitudes que van desde los 0 – 1200 m.s.n.m con alta adaptabilidad a suelos ácidos (Tropical seeds, 2016).

**1.2.6.6 *Brachiaria híbrido cv. Cobra.*** Su crecimiento en cepas erectas, de ahí su nombre. Es ideal como pasto de corte y para la producción de heno y ensilaje. Responde muy bien a la fertilización en sistemas intensivos. Buena tolerancia a la sequía, baja tolerancia a la sombra, palatabilidad excelente y resistencia al ataque de plagas (Tropical seeds, 2016).

**1.2.6.7 *Brachiaria híbrido cv. Mulato II.*** Produce gran cantidad de panículas con alta sincronización floral y buena formación de carióspsides lo que traduce en aceptables rendimientos de semilla de buena calidad, tiene una adaptabilidad que va desde el nivel del mar hasta los 1800 m.s.n.m, tiene buena adaptación a suelos ácidos e infértiles, bien drenados. La producción de forraje varía entre 10 a 27 Tn/ha/Ms/año, posee una proteína cruda del 8 al 16% y una digestibilidad entre 55 y 66% (Peters, 2011).

**1.2.6.8 *Brachiaria decumbens.*** Se adapta a un rango amplio de ecosistemas, en zonas tropicales, crece desde el nivel del mar hasta 1800 msnm y con precipitaciones entre 1000 y 3500 mm al año y temperaturas por encima de los 19°C, contiene proteína de 8 – 10% con una digestibilidad de 50 – 60%, es una especie que tolera un amplio rango de pH entre 3.8 – 7.5, la producción de materia seca puede alcanzar hasta 6 Tn/Ms/ha (12 semanas de rebrote) (Peters, 2011).

**1.2.6.9 *Brachiaria mutica.*** Crece muy bien en suelos inundados y mal drenados en los trópicos y subtrópicos más calientes, desde el nivel del mar hasta 1800 m.s.n.m. Se adapta a un rango amplio de suelos desde arenosos hasta arcillosos y de moderada a buena fertilidad con pH 4.5 a 7.0, tolera niveles altos de elementos producidos normalmente bajo condiciones de inundación prolongada y pantanosa. No soporta temperaturas bajas, tolera sombra moderada y se recupera después de la quema. Es un pasto muy palatable y consumido por los animales, se lignifica y pierde calidad rápidamente. Produce entre 5 – 12 Tn/ha/año, pero con fertilización se puede obtener rendimientos de 30 Tn/ha/año con ganancias de peso animal entre 300 – 800 kg/ha/año (Peters, 2011).

**1.2.7 Género *Chloris.*** Son especies cespitosas y en algunos casos estolonífera, de hasta 1 m de alto. Se reproducen fácilmente por semillas y por estolones. Se adaptan a un amplio rango de ambientes, desde zonas húmedas hasta desérticas tropicales. Son

capaces de vivir con tan sólo 300 mm de precipitación anual, aunque su óptimo está en los climas tropicales y subtropicales con máximos estivales y un periodo moderado de sequía. En lo que respecta a las temperaturas, su intervalo de medias se sitúa entre 8.4 y 27.8°C. En cuanto al suelo, se adapta a un amplio rango de pH (4.5 – 8.4), prefiriendo los substratos básicos y fértiles de textura franca. No obstante, prospera sin problemas en suelos ricos en sodio, arenosos o arcillosos. En algunas zonas llega a elevada altitud (en Kenia llega a los 2.400 m) (Metzler *et al.*, 2014).

**1.2.7.1 *Chloris gayana* Kunth.** Crece bien desde 0 – 2000 msnm, con una precipitación de 500 a 1500 mm y con 4 a 6 meses de sequía; no crece en zonas húmedas, tolera frío, quema y altos niveles de Na en el suelo. Produce entre 10 y 25 t de MS/ha/año, es palatable con un contenido de proteína que varía según la edad, porque pierde calidad rápidamente, entre 5 y 9% y una digestibilidad de 40 y 80% (Peters, 2011).

**1.2.8 Género *Cynodon*.** Es una gramínea perenne, de tallo delgado, sin pelos, erectos o recostado sobre el suelo (formando estolones 2-3 mm de ancho) y con las puntas ascendentes por 30-60cm. Nativo del este de África y se encuentra distribuido a través de las regiones tropicales del mundo (Trujillo, 2008).

**1.2.8.1 *Cynodon nlemfuensis*.** Se adapta muy bien a climas cálidos y medios de 0 a 2000 m.s.n.m., es tolerante a sequía y soporta encharcamiento; crece bien en un rango amplio de condiciones físicas de suelo y topografía y en pH de 4.5 a 8.0. En suelos fértiles o con niveles altos de fertilización, produce de 20 a 30 Tn/Ms/ha/año, su valor nutritivo es alto con contenidos de proteína cruda (PC) entre 10 y 15% y una digestibilidad de 60 a 70% (Peters, 2011).

**1.2.9 Género *Megathyrus*.** Son plantas perennes que forman macollas con diámetros de 1 a 1.5 m y pueden alcanzar hasta 3 m de altura. Las raíces son fibrosas, largas, nudosas y ocasionalmente tienen rizomas, característica que le otorga cierta tolerancia a la sequía; los tallos son erectos y ascendentes. La inflorescencia se presenta en forma de panoja abierta de 12 a 40 cm de longitud.

Necesita suelo de mediana a alta fertilidad, bien drenados, con pH de 5 a 8 y no tolera suelos inundables. Alturas entre 0 – 1500 msnm y precipitaciones entre 1000 – 3500 mm/año, se comporta bien con sombras intermedias y crece bien bajo árboles. La producción está entre 10 – 30 ton/MS/ha/año con proteína entre el 10 – 14% y digestibilidad de 60 – 70% (Peters *et al.*, 2013).

**1.2.9.1 *Megathyrus maximum* cv. Mombasa.** Es de porte alto, se desarrolla principalmente en macollas aisladas y pueden alcanzar hasta tres metros de altura. Es una especie con amplio rango de adaptación desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm, crece bien bajo suelos de alta fertilidad y soporta niveles moderados de sequía, por su gran sistema radicular, en cuanto a suelo requiere condiciones de pH de 4.5 a 7.5 y bien

drenados con una precipitación de 900 a 2000 mm y temperatura de más de 18°C con producciones mayores a 25 ton/MS/ha/año (Peters *et al.*, 2011).

### 1.3 MARCO HISTÓRICO

Se identificaron algunas investigaciones realizadas en diferentes localizaciones donde se evidencia el efecto de la sombra sobre las distintas gramíneas establecidas, las cuales se describen a continuación.

Reyes y Navia (2010) evaluaron el efecto de la sombra de cuatro especies arbóreas sobre la producción del forraje *Brachiaria decumbens* en el peniplano de Popayán, donde se localizaron las fincas con praderas y especies arbóreas. Se tuvo en cuenta que fueran individuos adultos, sin podas recientes, aislados o poblaciones de una misma especie. Lo anterior permitió definir cuatro especies: *Eucalyptus grandis*, *Inga edulis*, *Psidium guajava* y *Myrcia popayanensis*. Se evaluó materia seca y sanidad de las pasturas, obteniendo como resultado que la especie arbórea *Eucalyptus grandis* dejara penetrar mayor porcentaje de luminosidad y por ende presentara los mayores rendimientos y contenido de materia seca.

Valencia y Betancur (2011) realizaron la evaluación agronómica de siete gramíneas en la vereda El Tablón, municipio de Popayán, las gramíneas que se evaluaron fueron: *Brachiaria brizatha* (Toledo), *Brachiaria brizatha* (Marandu), *Brachiaria híbrido* (Mulato II), *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum* (Mombasa), *Brachiaria humidicola*, *Panicum maximum* (Tanzania), donde se evaluaron nueve variables: Vigor, cobertura, altura, incidencia de malezas, áreas descubiertas, presencia de plagas, presencia de enfermedades y producción de materia seca. Al finalizar esta investigación se obtuvo como resultado que la especie de mejor comportamiento tanto en la fase de establecimiento como de producción fue *Brachiaria brizatha* (Toledo).

Jaramillo y Mayoral (2010), evaluaron el efecto de sauce (*Salix humboldtii*) sobre kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en arreglos silvopastoriles en el Valle del Sibundoy, municipio de Colon, departamento del Putumayo, al finalizar el estudio se pudo concluir que la especie de *S. humboldtii* proporciona condiciones favorables para el establecimiento y crecimiento de *P. clandestinum*, en sistemas silvopastoriles, también se encontró que los efectos del componente arbóreo en SSP con *S. babylonica* produjeron un aumento favorable en la producción de forraje verde de *P. clandestinum*.

Encinozo *et al.* (2017), evaluaron el efecto de la presencia de sombra en áreas de pastoreo de ovinos en el Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. La especie con mayor porcentaje de selección por los animales fue *C. nlemfuensis* (95%). El consumo de hojas fue mayor en el turno de la mañana (96%) que en el de la tarde (71%). Se concluye que la sombra artificial influyó en la selección de especies forrajeras en las borregas.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 ANÁLISIS DE SUELO

Cuadro 1. Resultado análisis de suelo

Parámetro (unidad)	Resultado
pH (Un)	4,94
P (mg/kg)	4,6
Ca (cmol/kg)	5,74
Mg (cmol/kg)	1,18
K (cmol/kg)	0,92
Al (cmol/kg)	0,78
Fe (mg/kg)	4,05
Cu (mg/kg)	0,26
Zn (mg/kg)	1,66
Mn (mg/kg)	17,78
B (mg/kg)	0,53
S (mg/kg)	33,62

El suelo presenta un pH ácido (4.94) característico de suelos andisoles, derivados de ceniza volcánica, Peters *et al.*, 2013 plantean que Mombasa, mulato II y el pasto Toledo, se adaptan a un rango de 3.8 a 7.5, siendo un rango amplio en cuanto a la adaptabilidad de estas especies.

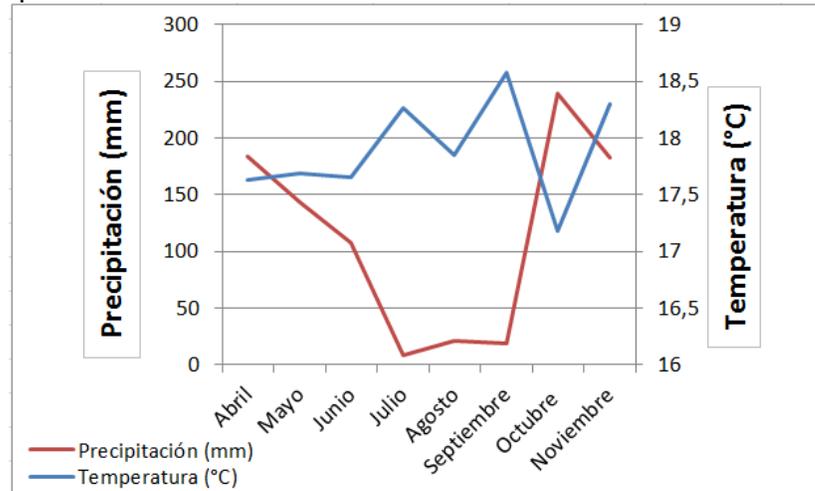
El contenido de fósforo en el suelo es bajo ya que estos suelos por ser ácidos y arcilloso (Arcillas alofanas) presentan retención de este elemento y poca disponibilidad para las plantas, además el requerimiento mínimo de este macronutriente para estas gramíneas es de 10 mg/Kg y la cantidad optima esta entre 20 a 40 mg/Kg (Carrillo y Galindez, 2014).

### 2.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Para las condiciones climáticas, se tuvo en cuenta los promedios de temperatura y precipitación tomados de la estación meteorológica de la Facultad de Ciencia Agraria (FACA). Según los datos obtenidos la distribución de lluvia durante la investigación es bimodal (figura 2) con dos periodos lluviosos que van de abril a junio y de octubre a noviembre, siendo octubre el mes más lluvioso del año con un promedio de 238.6 mm. El periodo o estación seca corresponde a los meses de julio a septiembre, siendo estos los meses menos lluviosos con 8.09 y 18.84 mm, respectivamente. La distribución de la temperatura durante todo el año está en el rango de 17.18 y 18.52°C. Este promedio de temperatura no afecta el desarrollo fenológico de las especies establecidas.

De igual forma estas condiciones climáticas no afectaron la investigación debido a que los periodos secos y/o lluviosos no fueron prolongados ni extremos permitiendo el buen desarrollo de los pastos.

Figura 2. Comportamiento de las variables climáticas



Fuente: Facultad de Ciencias Agrarias, 2017

### 2.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

En el cuadro 2 se muestra el material de investigación el cual se obtuvo por medio del grupo de Investigación de Nutrición Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca (Nutrifaca).

Cuadro 2. Material experimental

Nombre común	Nombre científico
26124	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. 26124
Marandú	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandú
Piatá	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piatá
Toledo	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo
Caymán	<i>Brachiaria híbrido</i> cv. Caymán
Cobra	<i>Brachiaria híbrido</i> cv. Cobra
Mulato II	<i>Brachiaria híbrido</i> cv. Mulato II
Pasto amargo	<i>Brachiaria decumbens</i>
Pará	<i>Brachiaria mutica</i>
Rhodes	<i>Chloris gayana</i> Kúnth
Estrella africana	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
Mombasa	<i>Megathyrsus máximo</i> cv. Mombasa

### 2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se trabajó bajo un diseño experimental en bloques completos al azar con doce tratamientos (Cuadro 3) y cuatro repeticiones, el factor bloqueado fue la intensidad de luz bajo el dosel de *Leucaena diversifolia*, la cual se encontraba en estado adulto y sin podas recientes. Cada parcela experimental tuvo una dimensión de 3 m de largo por 2,5 m de

ancho, con una distancia entre tratamientos de 1 m y entre bloques de 2 m delimitadas en un área total de 836 m<sup>2</sup> (Figura 2).

Cuadro 3. Tratamientos

Tratamiento	Material
1	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. 26124
2	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu
3	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piata
4	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo
5	<i>Brachiaria híbrido</i> cv. Caymán
6	<i>Brachiaria híbrido</i> cv. Cobra
7	<i>Brachiaria híbrido</i> cv. Mulato II
8	<i>Brachiaria decumbens</i>
9	<i>Brachiaria mutica</i>
10	<i>Chloris gayana</i> Kunth
11	<i>Cynodon nlemfuensis</i>
12	<i>Megathyrsus máximo</i> cv. Mombasa

**2.4.1 Descripción de los bloques.** Para la distribución de los bloques (cuadro 4), se consideró la intensidad de luz que penetraba el dosel de la *Leucaena diversifolia* en horas del mediodía a las parcelas experimentales, con apoyo del instrumento luxómetro, quedando distribuidos de la siguiente manera:

Figura 3. Distribución de los bloques



Cuadro 4. Distribución de los bloques y sus diferentes intensidades de luz y sombra

Material de sombra	Número del bloque	Intensidad de luz	Intensidad de sombra
<i>Leucaena diversifolia</i>	1	63%	37%
	2	77%	23%
	3	100%	0%
	4	52%	48%

**Bloque 1.** Se caracteriza por una sombra densa de especies arbóreas (*Leucaena diversifolia*) manejadas en la ganadería colombiana para sistemas silvopastoriles.

**Bloque 2.** Simula una pradera con sombra en horas de la mañana causada por árboles de *Leucaena diversifolia* en el perímetro.

**Bloque 3.** En este bloque se simula lo que se maneja en la ganadería tradicional, libre exposición, no hay sombra a ninguna hora del día.

**Bloque 4.** Se ubican mayor número de árboles por área, por ende hay mayor intensidad de sombra simulando pastoreo en plantaciones forestales.

**2.4.2 Variables evaluadas.** Se realizaron seis evaluaciones cada 45 días donde se evaluó cada parcela con sus respectivas variables agronómicas, mediante la metodología de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales RIEP (Toledo 1982); las variables agronómicas evaluadas fueron:

**2.4.2.1 Cobertura.** Se registró según la producción aparente que las especies cubrían en cada área y se asignaron valores dentro del rango de 0 – 100%

**2.4.2.2 Vigor.** Se evaluó teniendo en cuenta el crecimiento, sanidad, desarrollo de la planta y el grosor del tallo; se analizó en una escala de 1 a 5, siendo 1 el peor, 2 regular, 3 medianamente bueno, 4 bueno y 5 excelente.

**2.4.2.3 Floración.** Estuvo determinada en porcentaje por la cantidad de material florecido por cada tratamiento.

**2.4.2.4 Altura.** La altura se midió en centímetros teniendo en cuenta la distancia desde el piso hasta la parte más alta de cada planta en estado natural (última hoja formada sin contar la inflorescencia).

**2.4.2.5 Plagas.** Para la evaluación de la incidencia y severidad causada por insectos comedores de follaje, el daño se calificó en una escala de 1 a 4

1. Presencia del insecto; daño inferior al 1%.
2. Daño leve. 1 – 10%.
3. Daño moderado. 11 – 20%.
4. Daño grave. Más del 30%.

**2.4.2.6 Enfermedades.** Para cada especie se evaluaron los daños causados por enfermedades según la escala de 1 a 4, donde 1 se considera como presencia de la enfermedad y 4 un daño severo o grave.

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 del 50% de las plantas afectadas.

**2.4.2.7 Producción de forraje verde.** Se evaluó en cada una de las parcelas cada 45 días para saber qué cantidad de biomasa aportó cada una de las especies establecidas por m<sup>2</sup>.

El aforo se realizó con un marco de 0.5 m por 0.5 m en la parte central de cada una de las parcelas de la investigación, se cortó el forraje dentro del marco a 20 cm de altura (Figura 4), simulando el consumo por parte de los animales, posteriormente se colocó en bolsas de papel kraft rotuladas, las cuales se pesaron para conocer la materia verde total (MVT) de cada tratamiento.

Figura 4. Toma de muestras en la unidad experimental



**2.4.2.8 Producción de materia seca.** Del material verde total, se separaron las sub muestras de cada parcela experimental con un promedio de 200 gr para cada uno de los tratamientos. Posteriormente las sub muestras fueron llevadas a un proceso de secado en horno con ventilación controlada a 72°C por 72 horas, con el peso final de estas muestras se pudo hallar la producción de materia seca con la siguiente fórmula:

$$\frac{MS}{M^2} = \frac{PF * PS}{Pf} \quad (\text{Ec. 1})$$

En donde:

PF = Peso fresco de la muestra.  
Pf = Peso fresco de la sub muestra  
PS = Peso seco de la sub muestra

**2.4.2.9 Intensidad de la luz.** Se evaluó el efecto del árbol en las condiciones de sombra por medio del instrumento de medida, luxómetro digital LCD LUX (Luxmeter LX-1010BS).

**2.4.2.10 Humedad del Suelo.** Para medir la humedad del suelo se utilizó *Hidrometro (Hidro-farm)* HMF2030.

**2.4.2.11 Humedad relativa en la pradera.** Para la humedad relativa en la unidad experimental se utilizó Higrotermómetro sunleaves.

Figura 5. Instrumentos utilizados para medir las variables ambientales. A) Luxómetro (Lux meter LX 101BS); B) Termohigrómetro (Higrotermómetro Sunleaves); C) Hidrómetro (Hidrofarm)



Durante el transcurso de la investigación se registraron dos evaluaciones para cada una de las variables ambientales.

**2.4.2.12 Calidad nutricional.** Para la valoración nutricional de los forrajes utilizados en la investigación, se tomaron muestras de la quinta evaluación agronómica con un peso promedio de 200 gr, estas muestras se enviaron al laboratorio de nutrición animal del Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT; se evaluó la composición nutricional en términos de Materia seca (MS), Proteína cruda (PC), Fibra en detergente neutro

(FDN), Fibra en detergente acida (FDA) y la digestibilidad "in vitro" de la materia seca (DIVMS).

## **2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para el análisis y procesamiento de la información, se utilizó el programa SPSS V 23.0. Se realizó un análisis de varianza y prueba de rango múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) para determinar si existe diferencia estadística entre los tratamientos.

Con el fin de determinar si los niveles de relación entre las variables evaluadas durante el ensayo se realizó la prueba de Correlación de Pearson.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

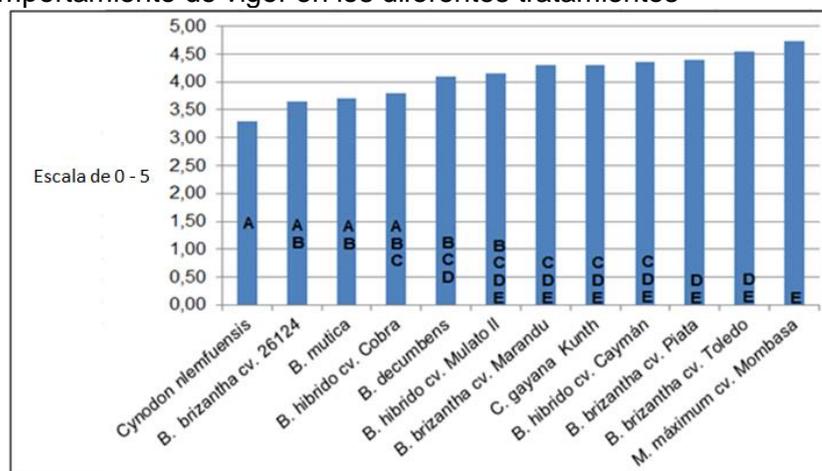
A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante la etapa de evaluación.

#### 3.1 VARIABLES AGRONÓMICAS

Al realizar el análisis de Varianza - ANOVA (Anexo B) se observa que para la variable plagas no se presentaron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos (Especies forrajeras), no obstante, se aprecia la existencia de diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), para vigor, cobertura, malezas, enfermedades, floración, porcentaje de materia seca y producción de forraje seco (Anexo C). Para determinar cuáles de los 12 materiales establecidos se comportaron de manera distinta se hizo la prueba de rangos múltiples de Duncan, encontrando los siguientes resultados para las diferentes variables.

**3.1.1 Vigor.** Al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) para los 12 tratamientos se clasificaron en cinco grupos. El tratamiento *Cynodon lemfuensis*, *Brachiaria brizantha* cv. 26124, *Brachiaria mutica*, *Brachiaria híbrido* cv. Cobra fueron los de menor vigor por debajo de cuatro, en contraste con los tratamientos *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Chloris gayana kunth*, *Brachiaria híbrido* cv. Cayman, *Brachiaria brizantha* cv. piata, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, *Megathyrsus maximum* cv. Mombasa que fueron los tratamientos de mejor vigor, resaltando los materiales *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y *Megathyrsus maximum* cv. Mombasa que tuvieron el mejor comportamiento dentro del grupo.

Figura 6. Comportamiento de vigor en los diferentes tratamientos

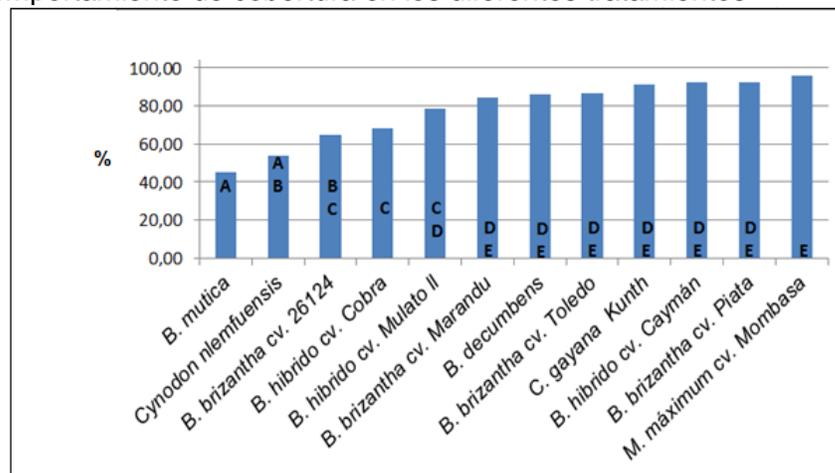


Estos resultados guardan similitud con el estudio realizado por Valencia y Betancur (2011) en la vereda el Tablón, municipio de Popayán en donde la variedad *Brachiaria brizantha*

cv. Toledo fue el tratamiento con mayor vigor (4.7), igualmente Segura y Legarda (2012) en el municipio del Patía, donde las variedades *Brachiaria brizantha* cv. Toledo fue el tratamiento con mayor vigor (4.0) resultados arrojados en la finca de la Cocha, de igual forma para la finca el limonar los mejores tratamientos fueron *Brachiaria brizantha* cv. Toledo con un vigor de 4.66 y *Megathyrus máximo* con 4.42.

**3.1.2 Cobertura.** Al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) para los 12 tratamientos, se presentaron cinco grupos heterogéneos en cobertura. Es importante tener en cuenta que la cobertura es un indicador de la capacidad que tiene el pasto de invadir o fortalecerse en una pradera. Vivas (2018), se encontró materiales como *Brachiaria mutica*, *Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria brizantha* cv. 26124 tuvieron unas coberturas cercanas al 50 % estas coberturas fueron relativamente bajas con respecto a *Megathyrus máximo* cv. Mombasa, *Brachiaria brizantha* cv. Piata, *Brachiaria híbrido* cv. Caymán y *Chloris gayana* Kunth tuvieron coberturas por encima del 90 %. Lara Corzo (2005) reporta que para los estudios realizados en la Libertad (Guatemala); *Megathyrus máximo* cv. Mombasa obtuvo mayor cobertura con 70.2% inferior a lo establecido en esta investigación, presentando un 96.1% de cobertura. *Brachiaria brizantha* cv. Piata y *Brachiaria híbrido* cv. Caymán con 92.4 y 92.2% respectivamente, debido a que las *Brachiaris* se caracterizan por su rápida adaptación y desarrollo Olivera *et al.*, (2008) con esto ratifica que estos materiales se caracterizan por su vigor de rebrote para alcanzar una rápida cobertura del terreno (peralta 2005). Finalmente, *Chloris gayana kunt* con una cobertura del 91.4%. Salado (2017) reporto una cobertura del 76.1%, este optimo comportamiento se debe a que esta gramínea se caracteriza por ser estolonífera, formar raíces en los nudos y como consecuencia, cubrir el suelo eficientemente (Avila *et al.*, 2014).

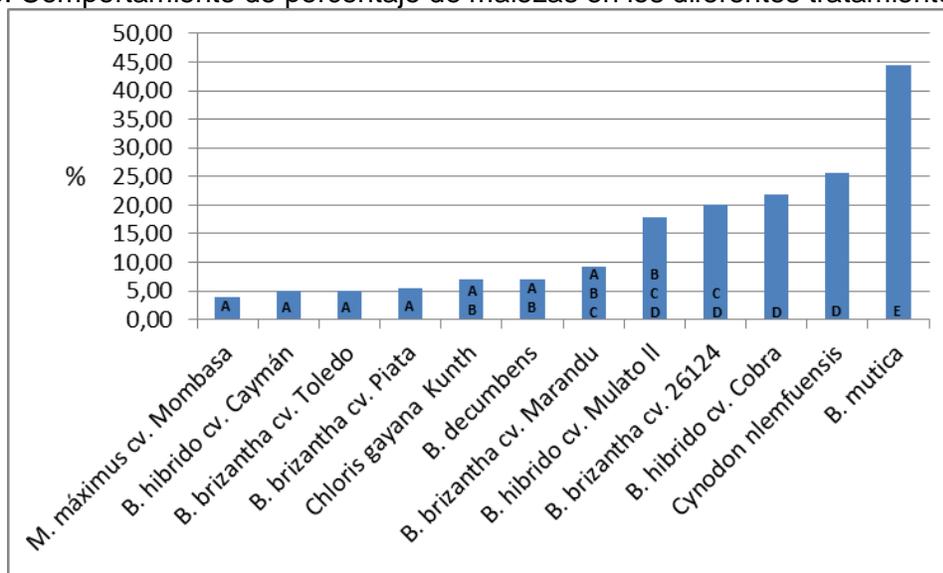
Figura 7. Comportamiento de cobertura en los diferentes tratamientos



**3.1.3 Malezas.** Al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) para los 12 tratamientos, se presentaron cinco grupos heterogéneos con respecto a esta variable. Es importante resaltar los materiales *Megathyrus máximo* cv. Mombasa, *Brachiaria híbrido* cv. Caymán, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y *Brachiaria brizantha* cv. Piata, los cuales

presentaron baja incidencia de malezas, ya que estas especies *Brachiaria* y *Megathyrsus* son altamente competitivas (Estrada, 2001) y por consiguiente controlan el desarrollo de malezas; cabe resaltar el material *Brachiaria mutica* el cual tiene un alto porcentaje de presencia de malezas, debido a que se encuentra estrechamente relacionada con la cobertura de esta especie.

Figura 8. Comportamiento de porcentaje de malezas en los diferentes tratamientos



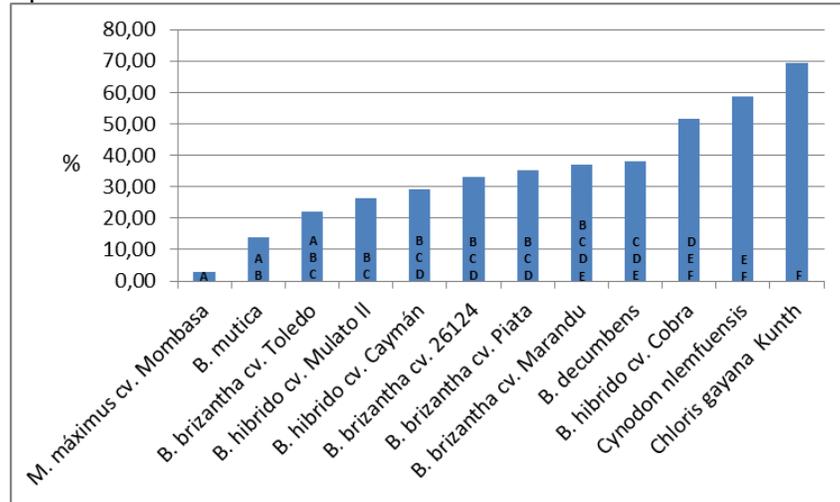
**3.1.4 Enfermedades.** Los tratamientos no presentaron enfermedades que representaran daños significativos, se determinó que la presencia de estas fue baja.

**3.1.5 Plagas.** Al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) para los 12 tratamientos se presentaron dos grupos heterogéneos con respecto a esta variable pero las evaluaciones estuvieron por debajo de 1, lo cual representa una baja incidencia de estas; a excepción del tratamiento, *Brachiaria híbrido* cv. Cobra que estuvo en 1.1, lo que quiere decir que tuvo una incidencia mínima de plagas con un daño leve por lo tanto no afectó de manera considerable las variables agronómicas evaluadas.

**3.1.6 Floración.** Al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) para los 12 tratamientos se presentaron 6 grupos heterogéneos con respecto a esta variable. Es importante tener en cuenta los materiales que son precoces para florecer porque baja su calidad nutricional cuando florece por su lignificación (Vivas, 2018) El *Chloris gayana* Kunth, *Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria híbrido* cv. Cobra, tuvieron floraciones por encima del 51%, mientras que materiales como el *Megathyrsus máximus* cv. Mombasa, *Brachiaria mutica*, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, tuvo floraciones bajas, a pesar de que todas tuvieron diferentes porcentajes de floración, todos los materiales florecieron en el periodo de evaluación, los resultados de Segura y Legarda (2011), reportaron datos diferentes donde ellos mencionan que el tratamiento Mombasa fue la especie que

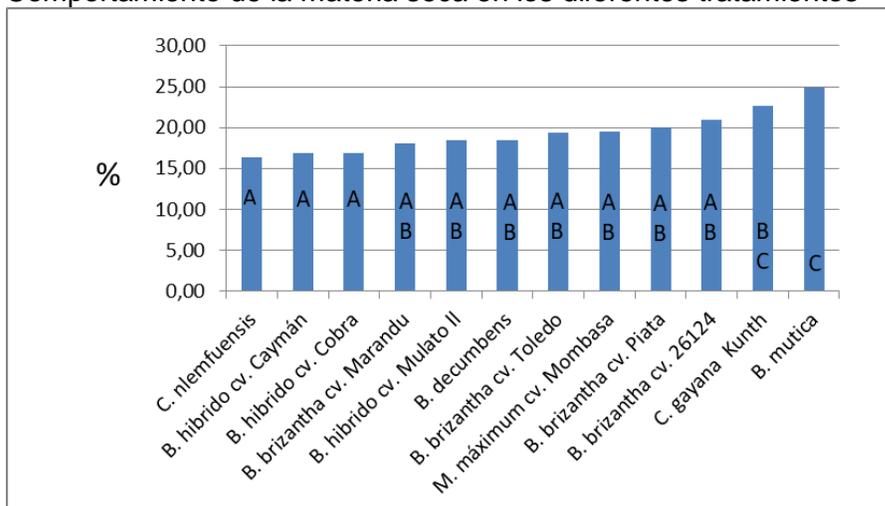
presento la mayor floración con (23.3%), diferente a los resultados del presente ensayo, estas discrepancias se deben primordialmente a las condiciones climáticas presentes durante el desarrollo fenológico.

Figura 9. Comportamiento de floración en los diferentes tratamientos



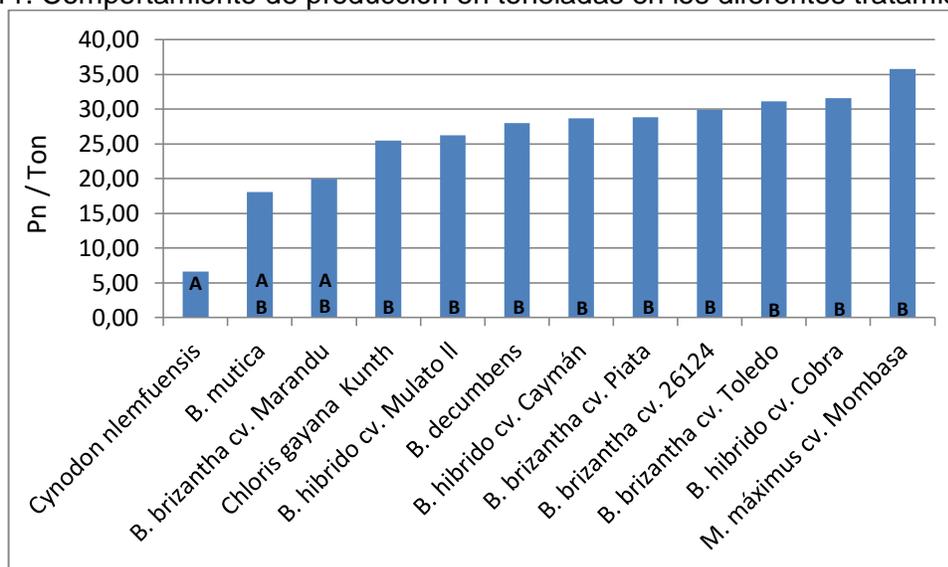
**3.1.7 Materia seca.** Al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) para los 12 tratamientos se presentaron tres grupos heterogéneos con respecto a esta variable. El contenido de materia seca varió entre 16 y 24% siendo los materiales *Brachiaria brizantha* cv. 26124, *Brachiaria mutica*, *Chloris gayana* Kunth los de mayor contenido de materia seca (MS) y los materiales *Megathyrus máximus* cv. Mombasa, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Brachiaria híbrido* cv. Cobra, *Brachiaria híbrido* cv. Caymán, *Cynodon nlemfuensis*, con menos del 20% de MS en sus hojas.

Figura 10. Comportamiento de la materia seca en los diferentes tratamientos



**3.1.8 Producción de materia seca.** Al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) para los 12 tratamientos se presentaron dos grupos heterogéneos con respecto a esta variable. Los tratamientos *Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria mutica*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu conforman un grupo con producciones entre 6.6 y 19.9 Tn/ha/año, representando las producciones más bajas en la investigación; mientras que el otro grupo estuvo compuesto por los tratamiento *Brachiaria mutica*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Chloris gayana* Kunth, *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria híbrido* cv. Caymán, *Brachiaria brizantha* cv. Piata, *Brachiaria brizantha* cv. 26124, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, *Brachiaria híbrido* cv. Cobra, *Megathyrsus máximo* cv. Mombasa con producciones de 18 hasta 35.8 Tn/ha/año. Para resaltar, los materiales que están por encima de 29 Tn/ha/año en este caso encontramos, *Brachiaria brizantha* cv. 26124, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, *Brachiaria híbrido* cv. Cobra, *Megathyrsus máximo* cv. Mombasa. Siendo numéricamente superior *Megathyrsus máximo* cv. Mombasa con una producción de 35.8 Tn/ha/año, Oquendo (2008) plantea que estas gramíneas son muy hojosas, crecen en macollas y con un porte erecto. Tienen un sistema radicular amplio y profundo, lo que las hace resistentes a la sequía, igualmente soporta la sombra de árboles, arbustos y plantas acompañantes; por ende, la producción obtenida se encuentra en el rango entre 10 y 30 Tn/ha/año que plantea Peters (2011). La producción no se compara a la obtenida por Carrillo y Galindez (2014) donde obtuvieron una producción de 78.8 Tn/ha/año, de igual forma esta diferencia se le atribuye a la adaptabilidad de la especie dentro de la distribución altitudinal 0-1500 m.s.n.m según Peters (2011) teniendo en cuenta que la investigación se llevó a cabo a una altura de 1900 m.s.n.m y se encuentra por fuera del rango de la distribución altitudinal, lo que no permite el mejor desarrollo para esta especie.

Figura 11. Comportamiento de producción en toneladas en los diferentes tratamientos



Suchini (2015) estableció y evaluó parámetros productivos y agronómicos, de *Brachiaria híbrido* cv. Cobra bajo condiciones del trópico seco donde se obtuvieron producciones de 29.7 Tn/ha/año y 33.456 Tn/ha/año en dos establecimientos diferentes. Producciones muy

parecidas a las obtenidas en este ensayo con 31.6 Tn/ha/año, que a su vez superan a los parámetros productivos propuestos para *Brachiarias híbrido* la cual produce 25% más de materia seca que en otras *Brachiarias* comerciales, generando hasta 25 Tn/Ms/ha/año (Peters *et al.*, 2013). El pasto *Brachiaria brizantha* cv. Toledo con una producción de 31.1 Tn/ha/año el cual se encuentra dentro del intervalo de producción que presentó López y Ramos (2018) en el municipio de Timbío-Cauca con 29.7 a 39.9 Tn/ha/año, todas estas producciones se ajusta al rango de 25 a 33 Tn/ha/año según Peters (2011).

### 3.2 COMPORTAMIENTO DE LOS FORRAJES A DIFERENTES INTENSIDADES DE SOMBRA

Cuadro 5. Resumen del comportamiento a diferentes intensidades de sombra para cada una de las especies forrajeras evaluadas

Ítem	Tratamientos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vigor	*	NS	*	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
Cobertura	**	*	NS	*	NS	NS	**	**	*	*	NS	NS
Altura	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Enfermedades	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Plagas	*	*	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Floración	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
M.S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
F.S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

M.S= Materia seca; F.S= Forraje seco; (\*)= Significativa; (\*\*)= Altamente significativa.

Al analizar el comportamiento de cada forraje bajo las diferentes intensidades de sombra, (Cuadro 5), se puede apreciar después del análisis de varianza para cada especie, que las variables altura, enfermedades, floración, materia seca y producción de forraje, no mostraron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los bloques, lo que indica que cada una de las especies se comportó de manera similar para estas variables en las diferentes intensidades de sombra en el peniplano de Popayán. Las especies *Cynodon nlemfuensis*, *Megathyrsus máximo* cv. Mombasa y *Brachiaria híbrido* cv. Caymán no presentaron comportamiento diferente para cada una de las variables bajo los distintos tipos de sombra. A continuación se describe el comportamiento de las variables donde se encontró diferencias estadísticas para cada uno de los tratamientos bajo las diferentes sombras.

Cuadro 6. Comportamiento entre bloques para la variable vigor

Bloques	1	2	3	4
<i>B. brizantha</i> cv. 26124	4,25	3,6	4,6	2,3
<i>B. brizantha</i> cv. Piata	4,8	4,4	4,6	3,8
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	4,8	4,8	4,8	3,8
<i>B. híbrido</i> cv. Mulato II	3,2	4,4	4,6	4,4

Las especies *Brachiaria brizantha* cv. 26124, *Brachiaria brizantha* cv. Piata, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II presentaron diferencias estadísticas

( $p < 0.05$ ) en su comportamiento para vigor, lo que indica que para estas especies al menos en uno de los ambientes de sombra se presenta un vigor diferente, como se aprecia al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) (Anexo D) para el tratamiento *Brachiaria brizantha* cv. 26124 el cual se clasificó en dos grupos. En el bloque cuatro caracterizado por tener la mayor densidad de sombra se obtuvo como resultado los más bajos valores (2.3), en contraste con el bloque tres, el cual estuvo a libre exposición y representó el vigor más alto (4.6).

Con respecto al tratamiento *Brachiaria brizantha* cv. Piata, al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) (Anexo D) se clasificó en dos grupos distintos; donde el menor vigor (3.8) lo encontramos en el bloque cuatro, caracterizado por tener la mayor densidad de sombra. Cuando el porcentaje de sombra fue inferior al 37% se obtuvieron los mejores vigos, los cuales oscilan entre 4.4 y 4.8. En cuanto al pasto *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) (Anexo D) se clasificaron en dos grupos distintos, para este tratamiento se resalta su buen comportamiento en cuanto a vigor en la mayoría de los bloques con valores de 4.8, excepto en el bloque cuatro, en el cual encontramos un valor de 3.8. Finalmente, para *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) (Anexo D), se diferenciaron dos grupos donde el mejor valor (4.6) se obtuvo en el bloque tres, no obstante, en el bloque uno se encontró un valor de 3.2 siendo este el más bajo dentro del grupo.

Cuadro 7. Comportamiento entre bloques para la variable cobertura ( $p < 0.01$ )

Bloques	1	2	3	4
<i>B. brizantha</i> cv. 26124	81,25	71	98	23,83
<i>B. híbrido</i> cv. Mulato II	37,6	81	99,4	95,8
<i>B. decumbens</i>	59	92	99,6	94

Las especies *Brachiaria brizantha* cv. 26124, *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II y *Brachiaria decumbens* presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en su comportamiento para cobertura, por lo tanto, hay un 99% de probabilidad de que al menos una de estas especies presente una cobertura distinta en los diferentes ambientes de sombra, como se aprecia al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.01$ ) (Anexo E) para el tratamiento *Brachiaria brizantha* cv. 26124 el cual se clasificó en dos grupos, resaltando la cobertura del 98% en el bloque 3 establecido a libre exposición, mientras que para el bloque 4 se encuentra en una sombra del 48% se obtuvo la menor cobertura con el 23.8%.

En cuanto a *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.01$ ) (Anexo E) se obtuvo su menor cobertura de 37.6% en el bloque 1 con una sombra del 37%, este tratamiento arrojó la mejor cobertura con 99.4% cuando se encontró a libre exposición. Para *Brachiaria decumbens* al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) (Anexo E) se obtuvieron dos grupos, donde se apreció la mejor cobertura en el bloque 3 con un 99.6% de cobertura, a diferencia del bloque 4 donde su cobertura fue baja con un 59%.

Cuadro 8. Comportamiento entre bloques para la variable cobertura ( $p < 0.05$ )

Bloques	1	2	3	4
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	72	83	94,4	91,8
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	84	91	98,6	72
<i>B. mutica</i>	34	63	66,8	17
<i>Chloris gayana</i> kunt	87	82	99,4	97,4

En cuanto a las gramíneas, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, *Brachiaria mutica*, *Chloris gayana* Kunth, presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en su comportamiento para cobertura, lo que indica que para estas especies al menos en uno de los ambientes de sombra, se presenta una cobertura diferente, como se aprecia al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) (Anexo F) para el tratamiento *Brachiaria brizantha* cv. Marandu el cual se clasificó en dos grupos. En general esta especie tuvo un buen comportamiento en los diferentes bloques, encontrando en el bloque cuatro su máxima cobertura con un 91.8% en contraste con el bloque uno, donde se obtuvo una cobertura de 72%. Con respecto a *Brachiaria brizantha* cv. Toledo al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) (Anexo F) se obtuvieron dos grupos, resaltando el comportamiento en el bloque tres con una cobertura del 98% y del bloque cuatro donde presentó la menor cobertura con un 72%.

Al tratamiento *Brachiaria mutica* se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) (Anexo E) se obtuvieron dos grupos, los cuales se caracterizan por tener un comportamiento regular donde su máxima cobertura la alcanzó en el bloque tres con 66.8%, mientras que su cobertura más baja se obtuvo en el bloque cuatro con un 17% en cobertura. En relación con *Chloris gayana* Kunth, al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) (Anexo F) se clasificó en tres grupos distintos en los cuales se evidencia un buen comportamiento en cuanto a cobertura en las diferentes intensidades de sombra los cuales oscilan entre 82 y 99.4%. Esto puede darse al porte rastrero que presenta, *Chloris gayana* Kunth, que determina en poco tiempo mayor cobertura (Avila *et al.*, 2014).

Cuadro 9. Comportamiento entre bloques para la variable plagas

Bloques	1	2	3	4
<i>B. brizantha</i> cv. 26124	1,25	0,25	0,2	0,5
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	2	0,4	0,6	0,8
<i>B. híbrido</i> cv. Cobra	2,2	0,6	1	0,6

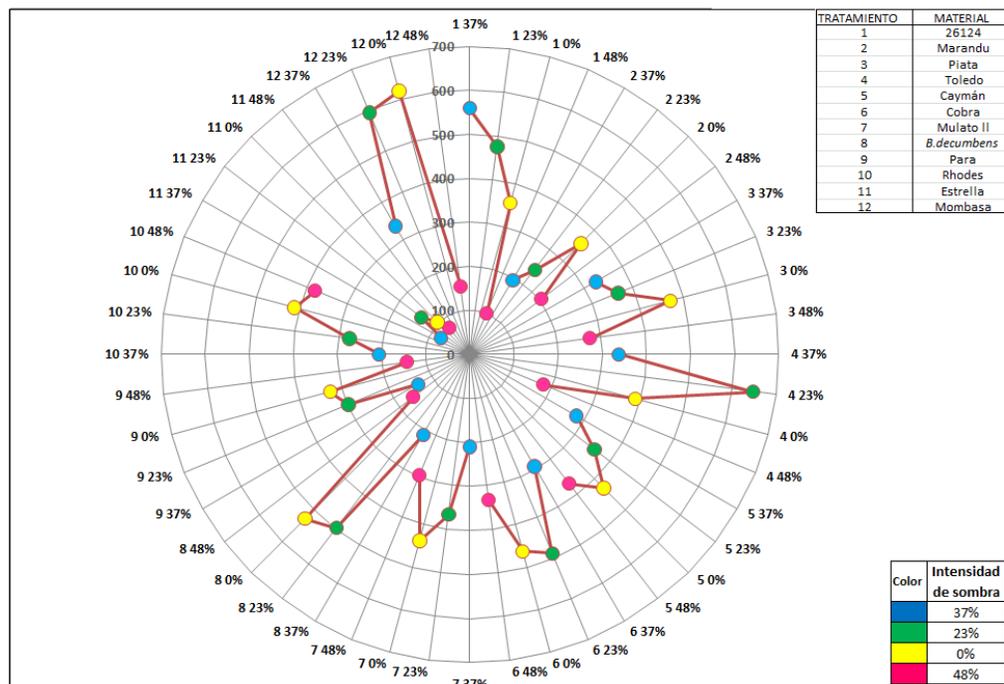
Las especies *Brachiaria brizantha* cv. 26124, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Brachiaria híbrido* cv. Cobra, presentaron diferencias estadística ( $p < 0.05$ ) en su comportamiento para plagas, lo que indica que para estas especies al menos en uno de los ambientes de sombra exista un nivel de incidencia diferentes para plagas como se aprecia al realizar la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) (Anexo G) para los tratamientos *Brachiaria brizantha* cv. 26124, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu y *Brachiaria híbrido* cv. Cobra se clasificaron en dos grupos, en el bloque uno donde la intensidad de sombra era del 37% existió mayor incidencia de plagas con un porcentaje del 1% - 10%, según Toledo

(1982).este porcentaje es una daño leve en la planta por lo tanto no afecta su desarrollo fenológico, cabe resaltar que la plaga que se identificó en las parcelas afectadas fue pulguillas del orden coleóptera de los genero *Systema*, *Epitrix* y *Chaetocnema* principales representantes del grupo de los raspadores. Las hojas afectadas por esta plaga toman una apariencia moteada debido a las partes claras que se forman donde el insecto raspa la lámina foliar (Figura 12)

Figura 12. Daño de pulguilla en Brachiaria



Figura 13. Producción de forraje seco en los tratamientos establecidos bajo las distintas intensidades de sombra



No obstante, de no presentarse diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ), en cuanto a producción de forraje, es importante resaltar que cada uno de los tratamientos tuvo comportamientos variables, donde la sombra afecta tanto positiva como negativamente la producción de materia seca; en términos de producción para sistemas ganaderos se torna significativa la diferencia de forraje seco (Figura 13). Con respecto a la gramínea *Brachiaria brizantha* cultivar 26124 se puede apreciar que cuando la sombra fue de 37% se obtuvo la mayor producción con  $559.4 \text{ gr/m}^2$ , es de resaltar en esta especie que cuando la sombra fue de 48% obtuvo la menor producción con  $99.2 \text{ gr/m}^2$ . De igual forma el pasto *Brachiaria brizantha* cultivar Toledo obtuvo la mejor producción con  $648 \text{ gr/m}^2$  cuando se encontró en una sombra del 23%, mientras que cuando se estableció a libre exposición su producción se redujo a  $387.4 \text{ gr/m}^2$ , en cuanto *Brachiaria híbrido* cultivar cobra sostuvo una producción  $489,2 \text{ gr/m}^2$  de forraje seco bajo un intensidad de sombra de 23% siendo esta la producción más alta con respecto a cada una de las diferentes sombras; particularmente estos tres pastos fueron los que mejor se comportaron bajo sombra, obteniendo las mejores producciones de forraje seco.

En cuanto a los pastos *Brachiaria brizantha* cultivares Marandu y Piata, *Brachiaria híbrido* cultivares Cayman y Mulato II, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria mutica*, *Chloris gayana kunth*, *Megathyrsus maximum* cv. Mombasa, obtuvieron mejores producciones cuando se establecieron a libre exposición, con  $356 \text{ gr/m}^2$ ,  $470,6 \text{ gr/m}^2$ ,  $429 \text{ gr/m}^2$ ,  $438.2 \text{ gr/m}^2$ ,  $527.8 \text{ gr/m}^2$ ,  $328 \text{ gr/m}^2$ ,  $412 \text{ gr/m}^2$ ,  $619.6 \text{ gr/m}^2$  respectivamente. En estos tratamientos las producciones más bajas se obtuvieron cuando fueron establecidas a una intensidad de sombra del 37% y 48%, por ende no convendría establecer sistemas silvopastoriles con estas especies, ya que no toleran estas intensidades de sombra en el peniplano de Popayán, en el caso de optar por algunos de estos cultivares para un sistema silvopastoril se debe pensar en otras intensidades de sombra inferiores para el establecimiento de estas, garantizando su buen desarrollo productivo con este tipo de manejo. En este sentido, Zelada e Ibrahim (2005) reportan que la producción de pasto disminuye a porcentajes de sombra mayores a 40%, al evaluar el efecto de sombra sobre *Brachiaria brizantha*, *Panicum máximum*, *Arachis pintoi* y *Axonopus compressus*. Por su parte Obispo (2008) menciona en estudios, menor productividad en pasturas de guinea (*Panicum máximum*) a porcentajes mayores al 30% de sombra.

De acuerdo con los resultados de producción obtenidos, cabe resaltar que de las doce gramíneas establecidas a diferentes condiciones de sombra, la especie *Brachiaria brizantha* cv. Toledo su mayor producción está representada cuando esta recibe una sombra del 23%, siendo esta la más productiva bajo estas condiciones; no obstante, las gramíneas *Brachiaria brizantha* cv. 26124, y *Brachiaria híbrido* cultivares Cobra y Mulato II, *Brachiaria decumbens*, *Chloris gayana kunth*, *Megathyrsus maximum* cv. Mombasa son especies que tuvieron una respuesta homogénea, ya que los cambios en cuanto a producción bajo una sombra del 23% y libre exposición no son considerablemente altos en comparación a los demás tratamientos, donde la mayor producción en general se obtuvo en el sistema de libre exposición, lo que se puede explicar por tratarse de ser plantas  $C_4$  que demandan mayor brillo solar para sus procesos fisiológicos, sin embargo la gramínea *Chloris gayana, kunth* tiene un elemento particular, ya que de las doce gramíneas, es la única que tiene una respuesta productividad moderada bajo una sombra del 48% en comparación a la establecida bajo libre exposición.

En términos generales estas especies tienen un alto valor agronómico para su uso o implementación en sistemas silvopastoriles, ya que la producción entre sombra y libre exposición es similar, por lo tanto, estos cultivares bajo un sistema de sombra del 23% responden de manera positiva en condiciones del peniplano de Popayán.

En cuanto a expresión de producción dentro de las 12 gramíneas, sobresalieron *Brachiaria brizantha* cv 26124, *Brachiaria brizantha* cv Toledo, *Brachiaria decumbens*, *Megathyrsus maximum* cv Mombasa, con producciones iguales o superiores a los 500gr/m<sup>2</sup> o 40 Tn/ha/año, según Ramos y López (2018) en cuanto a *Brachiaria brizantha* cv Toledo, las capacidades de carga oscilan entre 3.6 y 5.9 en los diferentes tratamientos dependiendo del tipo de asocio con la especie arbustiva establecida, lo cual tiene similitud con nuestra investigación de 4.4 unidades gran ganado (UGG), siendo esta una buena capacidad de carga.

Peters *et al.* (2013) plantean que los *Panicum máximum* con un pastoreo intensivo y buena fertilización alcanzan a soportar cargas entre 2.5 y 4 animales/ha; nuestros resultados arrojaron una capacidad de carga de 5.5 animales/ha siendo una buena capacidad de carga. En comparación con el parámetro nacional el cual está entre 1.5 y 1.8 UGG (Fedegán, 2014), *Brachiaria brizantha* cv 26124, *Brachiaria decumbens* con 3.2 y 4.2 UGG respectivamente, supera los parámetros nacionales de carga animal, por lo tanto son especies ideales para la implementación en sistemas ganaderos en el peniplano de Popayán.

En cuanto a *Cynodon nlemfuensis* para esta investigación no se logró un buen establecimiento, pues todos los resultados de las evaluaciones agronómicas estuvieron por debajo de las características que plantea Peters (2011) para esta gramínea.

### 3.3 CALIDAD NUTRICIONAL

Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 10 y los métodos utilizados para determinar la composición química de las muestras se especifican en el Anexo H.

Cuadro 10. Análisis bromatológico de las especies evaluadas

Muestra	PC %	FDN %	FDA %	DIVMS %	M.O %	Cenizas %
<i>B.brizantha</i> 26124	13,53	56,58	27,96	65,07	80,09	11,05
<i>B.brizantha</i> cv. Marandu	14,73	56,92	27,49	65,42	79,55	11,43
<i>B.brizantha</i> cv. Piata	13,91	58,21	29,89	62,55	79,32	11,98
<i>B.brizantha</i> cv. Toledo	14,17	56,49	28,17	63,26	79,33	12,13
<i>B.hibrido</i> cv. Cayman	16,74	50,24	24,23	64,49	76,79	14,65
<i>B.hibrido</i> cv. Cobra	16,77	50,1	24,77	64,53	77,25	13,79
<i>B.hibrido</i> cv. Mulato II	16,35	53,18	25,17	63	78,98	12,27
<i>Brachiaria decumbens</i>	15,42	56,18	26,74	66,57	79,97	11,18

Cuadro 10. (Continuación)

Muestra	PC %	FDN %	FDA %	DIVMS %	M.O %	Cenizas %
<i>Brachiaria mutica</i>	15,49	56,9	28,43	64,8	79,14	12,34
<i>Chloris gayana</i>	12,54	65,23	32,93	65,24	81,73	10,17
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	11,77	63,77	29,95	63,16	83,5	7,97
<i>Megathyrsus maximum</i> cv. Mombasa	16	59,61	30,74	63,15	78,94	12,82

PC; Proteína cruda; FDN=Fibra en detergente neutro; FDA=Fibra en detergente acida; DIVMS= digestibilidad "in vitro" de la materia seca; MO=Materia orgánica.

En términos generales los 12 materiales tuvieron una composición nutricional buena, relativamente alta todos por encima del 13% de PC en excepción de *Chloris gayana kunt* y *Cynodon nlemfuensis*, los cuales tiene un porcentaje de proteína de 12.54 y 11.77% respectivamente. No obstante, *Chloris gayana kunt* supera los parámetros nutricionales establecidos de 5 - 9% de PC (Peters, 2011).

En la depresión del salado (Argentina) *Chloris gayana kunt* obtuvo un contenido de PC del 5.63% (Pesqueira *et al.*, 2017) valor inferior al encontrado en esta investigación debido a la diferencia en cuanto a las condiciones edafoclimáticas de los lugares de ensayo. En cuanto *Cynodon nlemfuensis* se encuentra dentro de los valores nutricionales de 10 - 15% de PC (Peters *et al.*, 2011).

Es de destacar como los híbridos de *Brachiaria* pasan del 16% PC superando los parámetros de proteína establecidos entre 12 – 15%, del mismo modo superando la digestibilidad de la materia seca con parámetros entre 63 y 64.53%, sobrepasando a lo establecido por Peters *et al.* (2013) con 55 y 62% de DIVMS.

En cuanto a *Brachiaria decumbens* es de destacar su alto valor de PC de 15.42% ya que su rango se encuentra entre 10 - 12% PC Arango *et al.*, (2016), estos buenos resultados se deben a que la muestra fue tomada en época de lluvia y además posterior a una fertilización, por ende mejora la calidad en el análisis bromatológico.

El cuadro 6 destaca la alta digestibilidad de todos los materiales por encima del 63% directamente proporcional a esto se encuentra la baja FDA, sobresaliendo en cuanto a digestibilidad todos los materiales, igualmente se observa la baja FDN que tienen los materiales a excepción de *Chloris gayana kunt* y *Cynodon nlemfuensis*, con contenidos de FDN altos de 65,23 y 63,77 respectivamente.

### 3.4 CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES

En el cuadro 11 se muestra las correlaciones existentes entre las variables analizadas. En el estudio se pudo identificar las correlaciones más relevantes que afectan tanto positiva como negativamente. Dependiendo la relación que existe entre ellas sea directa cuando

una variable ejerce un efecto positivo sobre la otra variable o indirecta cuando una variable influye negativamente sobre la otra variable evaluada durante el ensayo.

Cuadro 11. Correlaciones de Pearson

		vigor	Cob	Alt	Malez	Flor	Prod	HR	HS	Luz
Vigor	Correlación de Pearson	1								
	Sig. (bilateral)									
	N	60								
Cob	Correlación de Pearson	,856**	1							
	Sig. (bilateral)	,000								
	N	60	60							
Alt	Correlación de Pearson	,667**	,584**	1						
	Sig. (bilateral)	,000	,000							
	N	60	60	60						
Malez	Correlación de Pearson	-,746**	-,952**	-,470**	1					
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000						
	N	60	60	60	60					
Flor	Correlación de Pearson	,199	,349**	-,111	-,372**	1				
	Sig. (bilateral)	,127	,006	,399	,003					
	N	60	60	60	60	60				
Prod	Correlación de Pearson	,646**	,589**	,593**	-,481**	,145	1			
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,268				
	N	60	60	60	60	60	60			
HR	Correlación de Pearson	,252	,179	,126	-,140	,101	,288*	1		
	Sig. (bilateral)	,052	,172	,338	,284	,441	,026			
	N	60	60	60	60	60	60	60		
HS	Correlación de Pearson	,290*	,313*	,189	-,326*	,095	,204	,016	1	
	Sig. (bilateral)	,025	,015	,149	,011	,469	,118	,903		
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	
Luz	Correlación de Pearson	,497**	,306*	,238	-,192	,328*	,513**	,326*	,197	1
	Sig. (bilateral)	,000	,018	,067	,142	,010	,000	,011	,132	
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60

Con respecto a la variable producción, la cual tiene una alta correlación positiva con las variables vigor, cobertura, altura y luz, estas variables anteriores se encuentran directamente relacionadas con la producción, afectando positiva o negativamente, dependiendo de su comportamiento así mismo será la producción de materia seca. No obstante, también se encuentra una correlación negativa con malezas de (-0.481\*\*), por lo tanto, se puede evidenciar que entre más alto sea el porcentaje de malezas en la parcela puede afectar negativamente la producción de materia seca total.

Para la variable vigor se evidenciaron correlaciones positivas para cobertura, altura y luz, además una correlación negativa con malezas de (-0.746\*\*). En cuanto a la variable cobertura se obtuvieron correlaciones positivas para altura y floración, además una correlación negativa con malezas de (-0.952\*\*), del mismo modo a las variables anteriores

altura tuvo una correlación negativa con malezas de (-0.952<sup>\*\*</sup>) donde se evidencia como la variable malezas afecta de manera negativa en general a cada una de las variables evaluadas.

#### 4. CONCLUSIONES

Los tratamientos *Brachiaria brizantha* cv. Toledo y *Megathyrsus maximum* cv. Mombasa fueron las especies con mejor comportamiento bajo un sombrío del 23% con producciones de materia seca de 51.84 Tn/ha/año y 47.57 Tn/ha/año respectivamente, resaltando su buena capacidad de producción bajo sombrío.

Los resultados de la investigación determinaron que para la introducción en SSP para el peniplano de Popayán es importante destacar especies como: *Brachiaria híbrido* cultivares Cobra y Mulato II, *Brachiaria decumbens*, son especies que tuvieron una respuesta homogénea, ya que los cambios en cuanto a producción bajo una sombra del 23% y libre exposición no superan los 71.2gr/m<sup>2</sup>.

Bajo las condiciones del peniplano de Popayán, *Megathyrsus maximum* cv. Mombasa fue la especie que mejor se comportó entre los 12 tratamientos en termino de vigor (4.7), cobertura (96.2%) y producción con 36 ton/ha/año donde su mejor comportamiento lo obtuvo cuando se encontraba a libre exposición.

Respecto a la sombra para sistemas silvopastoriles se determinó que una sombra superior al 23% en general no permite un buen desarrollo en las diferentes especies afectando su producción ya que la capacidad fotosintética de estas gramíneas disminuye.

Teniendo en cuenta que para esta investigación casi en su totalidad las especies utilizadas fueron mejoradas, se pudo resaltar el buen comportamiento en cuanto a cierta tolerancia al sombrío y productividad de estos forrajes, igualmente se resalta el uso de *Leucaena diversifolia* como especie arbórea que permite sombrío aceptable para el crecimiento de las gramíneas.

## 5. RECOMENDACIONES

Continuar la investigación acerca del comportamiento de las gramíneas bajo diferentes intensidades de sombra, debido a que los SSP representan una posibilidad para mejorar la productividad y la estabilidad y el uso del suelo. Sin embargo, el aporte de los árboles y porcentaje de sombra es un aspecto que se debe seguir investigando.

De manera general, se recomienda la siembra o el establecimiento de especies: *Megathyrsus máximus* cv. Mombasa, *Brachiaria híbrido* cv. Cobra, *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, para Sistemas silvopastoriles.

Es necesario identificar y diseñar Sistemas silvopastoriles en el peniplano de Popayán con un sistema de sombra que no afecte la productividad y calidad de la pastura, por ende, se recomienda un sombrero que no sobre pase el 23%.

Evaluar el comportamiento de las pasturas bajo diferentes intensidades de sombrero bajo la presión animal y la respuesta productiva de los animales bajo estos sistemas con el fin de determinar su productividad en el sector ganadero.

Capacitar y dar a conocer a los productores del peniplano de Popayán las nuevas especies forrajeras que se están implementando para los diferentes sistemas ganaderos, para así aumentar la productividad ganadera de la zona e impulsar el uso de estas nuevas tecnologías forrajeras.

## BIBLIOGRAFÍA

ANGEL, P.; HIDALGO, C. y PALMA, M. Pasto Toledo: Gramínea de crecimiento vigoroso con amplio rango de adaptación a condiciones de trópico húmedo y subhúmedo. CIAT. San José, Costa Rica: octubre, 2000.

ARANGO, J.; GUTIÉRREZ, J.; MAZABEL, J.; PARDO, P.; ENCISO, K.; BURKART, S.; SOTELO, M.; HINCAPIÉ, B.; MOLINA, I.; HERRERA, Y. y SERRANO, G. Estrategias tecnológicas para mejorar la productividad y competitividad de la actividad ganadera: Herramientas para enfrentar el cambio climático. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia: 2016, pág.9-15.

AVILA, R.; BARBERA, P.; BLANCO, L.; BURGHI, V.; DE BATTISTA, J.P.; FRIGERIO, K.; GÁNDARA, L.; GOLDFARB, M.C.; GRIFFA, S.; LEAL, K.; KUNST, C.; LACORTE, S.M.; LAURIC, A.; CALSINA, M.; LEAN, G.M.; NENNING, F.; OTONDO, J.; PETRUZZI, H.; PIZZIO, R.; PUEYO, J.D.; RÉ, A.E.; RIBOTTA, A.; ROMERO, L.; STRITZLER, N.; TOMAS, M.A., CARBONELL, C.T.; UGARTE, C.; VENECIANO, J.; AZUL, C.; COLORADO, E. y RIOJA, L. Gramíneas forrajeras para el subtrópico y el semiárido central de la Argentina. Buenos Aires, Argentina: 2014.

BETANCUR, J. y VALENCIA, M. Evaluación agronómica de siete variedades de gramíneas en la vereda en Tablón municipio de Popayán. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Cauca: 2011.

BURKART, N. Flora ilustrada de Entre Ríos (Argentina). Parte II Gramíneas. La familia botánica de los pastos. Tomo VI. 1969, pág. 252-253.

CARRILLO, S. y GALINDEZ, J. Evaluación en la fase de establecimiento de parcelas demostrativas con asociaciones forrajeras para sistema de pastoreo en el valle del Patía. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Cauca: 2014.

CLAYTON, W.; HARMAN K.T y H. WILLIAMSON, N. GrassBase [en línea] World Grass Flora © 2006 [citado marzo, 2018]. Disponible en internet <http://www.kew.org/data/grasses-db.html>

MONCADA MONTENEGRO, A. Censo pecuario nacional del ICA 2017 [en línea]. En: Contexto Ganadero, una lectura rural de la realidad colombiana, 27, junio, 2017 [citado junio, 2017]. Disponible en internet en: <http://www.contextoganadero.com/economia/conozca-el-censo-pecuario-nacional-del-ica-2017>.

ENCINOZO, O.; CAMACARO, S.; PINTO, L. y RÍOS, L. Efecto de la presencia de sombra en áreas de pastoreo de ovinos. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela, 2017.

FEDEGAN FEDERACIÓN COLOMBIANA DE GANADEROS. Plan de desarrollo ganadero 2014-2019. 1a. ed. Bogotá Colombia: noviembre, 2014, pág.19-29.

GAMARRA, J.R. La economía del departamento del Cauca: concentración de tierras y pobreza. En: Economista del Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER) del Banco de la República. Cartagena de Indias, Colombia: 2007, pág. 7.

ICA INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Censo Pecuario Nacional 2017. El Instituto. Bogotá, D.C: 2017.

JARAMILLO, F. y MAYORAL, M. Efecto de sauce (*Salix humboldtii*) sobre kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en arreglos silvopastoriles en el Valle del Sibundoy, Departamento del Putumayo. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Cauca: 2010.

LIBREROS, H. Sistemas silvopastoriles: opción para la mitigación y adecuación al cambio climático en bosque seco tropical. Corporación Grupo Semillas Colombia. En: Revista Semillas, 2015, pág. 3 - 4.

LOPEZ, J.; y RAMOS, D. Evaluación del establecimiento de un sistema silvopastoril en clima medio, municipio de Timbío – Cauca. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Cauca: 2017.

METZLER, M.; PAPA, J. y TUESCA, D. *Chloris spp* un problema en franca expansión. Estación experimenta Paraná. Argentina: 2014.

MONTAGNINI, F.; SOMARRIBA, E.; MURGUEITIO, E.; FASSOLA, H. y EIBL, B. Sistemas Agroforestales. Funciones Productiva, Socioeconómica y Ambiental. Informe técnico 402. Editorial CIPAV, Cali, Colombia: 2015, pág.26-44.

MORALES, S.; VIVAS, N.J. y GOMEZ, V. Variables biofísicas de doce sistemas agrosilvopastoriles en la meseta de Popayán Cauca. En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 2015, vol. 13, no. 2, pág. 12.

MURRAY, W.; NABORS, P. Introducción a la botánica. Editorial Pearson, 2005.

MURGUEITIO, E.; URIBE, F.; MOLINA, C.; MOLINA, E.; GALINDO, W.; CHARÁ, J.; FLORES, M.; GIRALDO, C.; CUARTAS, C.; NARANJO, J.; SOLARTE, L. y GONZÁLEZ J. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena*. Editorial CIPAV. Cali, Colombia: 2016, 220p.

OBISPO, N.; ESPINOZA, Y.; GIL, J.; OVALLES, F. y RODRIGUEZ, M. Efecto del sombreado sobre la producción y calidad del pasto guinea (*Panicum maximum*) en un sistema silvopastoril. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estado de Yaracuy, Venezuela: 2008.

PESQUEIRA, J.; OTONDO, J. y GARCÍA, M. Producción de biomasa, cobertura y calidad forrajera de *Chloris gayana* y *Panicum coloratum* en un suelo alcalino sódico de la Depresión del Salado. Argentina: 2017.

PETERS, M.; VIVAS, N.; RENDON, E.; MORALES, S.; HINCAPIÉ, B y ORDOÑEZ, K. Alternativas forrajeras para el trópico bajo. Cauca Colombia, 2013.

\_\_\_\_\_; FRANCO, L. H.; SCHMIDT, A.; HINCAPIÉ, B. Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores del trópico americano. Cali, 2011.

REYES, G. y NAVIA, R. Efecto de la sombra de cuatro especies arbóreas sobre la producción del forraje *Brachiaria decumbens* en el peniplano de Popayán. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Cauca: 2010.

SEGURA, D. y LEGARDA, J. Respuesta agronómica de ocho variedades de gramíneas en tres ambientes del valle del Patía-Cauca. Trabajo de grado Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca; Facultad de Ciencias Agropecuarias. Popayán, Cauca: 2012.

SUCHINI, R. Establecimiento y evaluación de parámetros productivos y agronómicos del pasto cobra (*Brachiaria hibrido* CV. CIAT BR02/1794) bajo condiciones del trópico seco. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras: 2015.

TAPASCO, J.; MARTÍNEZ, J.; CALDERÓN, S.; ROMERO, G.; ORDOÑEZ, D.; ÁLVAREZ, A.; SÁNCHEZ, L y LEDENA, C. Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia: Sector ganadero. Banco Interamericano de Desarrollo. Monografía No. 254, Washington D.C.: 2015, pág. 6.

TOLEDO, J. Manual para la evaluación Agronómica. CIAT. Red Internacional de Pastos Tropicales. Cali: 1982.

TROPICAL SEEDS, LLC. *Brachiaria híbrido* cv. CIAT BR02/1794 [en línea]. Miami, Florida: s.f. [citado enero, 2016]. Disponible en internet en: <http://www.tropseeds.com/es/cobra/>

\_\_\_\_\_. *Brachiaria híbrido* cv. CIAT BR 02/1752 [en línea]. Miami, Florida: s.f. [citado enero, 2016]. Disponible en internet en: <http://www.tropseeds.com/es/cayman/>

TRUJILLO, G. Pasto estrella [en línea]. Foro Comité de estudiantes de ganado bovino. 2008 [citado enero, 2017]. Disponible en internet en <http://cegbucc.foroes.org/t20-pasto-estrella>

VALENCIA, J.; y BETANCUR, J. Evaluación agronómica de siete especies de gramíneas, en la vereda el tablón, municipio de Popayán. Tesis Ingeniería Agropecuaria. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Cauca: 2011.

ZELADA, E.; IBRAHIM, M. Tolerancia a la sombra de especies forrajeras herbáceas en el trópico húmedo de Costa Rica. 2005. Disponible en <http://www.avpa.ula.ve/congresos/ALPA97/PF15.pdf>.

ZULUAGA, A.; CADAVID, A.; URIBE, F.; MURGUEITIO, E.; CUARTAS, C.; NARANJO, J.; MOLINA, C.; SOLARTE, L. y VALENCIA, L. Capacitación en establecimiento de sistemas silvopastoriles. Bogotá, Colombia: 2011, pág.6

# ANEXOS

## ANEXO A. Resultado de análisis de suelo

Resultados de la Solicitud de Análisis S2016-96



### Informe de Análisis de la Solicitud

Solicitante: MICHAEL PETERS/JOHN F GUTIERREZ  
 Numero Serial: S2016-96  
 Numero de Muestras: 1  
 Procedencia: POPAYAN

Fecha de Muestreo: May 13 del 2016  
 Fecha de Entrega: May 16 del 2016  
 Fecha de Solicitud: May 19 del 2016  
 Entrega de Resultados: Jul 19 del 2016

Observaciones: EXT:3250

No Muestra	Descripcion	pH (Un)	P-BrayII (mg/Kg)	MO (g/Kg)	Ca (cmol/Kg)	Mg (cmol/Kg)	Na (cmol/Kg)	K (cmol/Kg)	Al (cmol/Kg)	Fe (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	B (mg/Kg)	S (mg/Kg)	CIC (cmol/Kg)
	LCM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS, UNIVERSIDAD DEL CAUCA	4.94	4.00	112.01	5.74	1.18	0.00	0.92	0.78	4.05	0.26	1.06	17.78	0.53	33.62	33.90

Resultados de la Solicitud de Análisis S2016-96

Determinación	Metodos
pH (Un)	pH Agua 1:1
P-BrayII (mg/Kg)	Fosforo Bray II Espectrometria
MO (g/Kg)	Materia Organica Walkley-Black
Ca (cmol/Kg)	Espectrometria
Mg (cmol/Kg)	Calcio Intercambiable (Ab.At.)
Na (cmol/Kg)	Magnesio Intercambiable Ab. At.
K (cmol/Kg)	Sodio Intercambiable Ab. At.
Al (cmol/Kg)	K-Intercambiable A.A.
Fe (mg/Kg)	Aluminio Cambiable (KCl 1M) Vol.
Cu (mg/Kg)	Hierro Extract. Doble Acido Ab.At.
Zn (mg/Kg)	Cobre Extract. Doble Acido Ab.At.
Mn (mg/Kg)	Zinc Extract. en Doble Acido Ab.At.
B (mg/Kg)	Manganeso Extract. doble Acido Ab.At.
S (mg/Kg)	Boro en Agua Caliente (Espectromet. Azometina)
CIC (cmol/Kg)	Azufre Extractable (Fosfato Ca) Turbidimetria
	Capacidad Int. Cationico (Amonio Acetato) Volumet.

Resultados de la Solicitud de Análisis S2016-96

No Muestra	Descripcion	B (mg/Kg)	S (mg/Kg)	CIC (cmol/Kg)
	LCM	0.00	0.00	0.00
1	FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS, UNIVERSIDAD DEL CAUCA	0.53	33.62	33.90

Notas:

- Los resultados presentes en este informe, se refieren unicamente a las muestras analizadas.
- Este informe no debe ser alterado ni total ni parcialmente.
- Los resultados de los presentes analisis se obtuvieron en el Laboratorio a la temperatura 22 +/- 3 °C y humedad relativa 60 +/- 5 %.
- El laboratorio de servicios analiticos, no efectua ningun tipo de muestreo de campo ya que el usuario es quien suministra las muestras.
- Los valores iguales a cero corresponden a resultados que se encuentran por debajo de los limites de cuantificación del metodo.

Tabla de conversión para Textura. Los números corresponden a las siguientes descripciones:	
1 Arcilloso	7 Franco Arcilloso
2 Franco	8 Franco Arenoso
3 Arenoso	9 Franco Limoso
4 Limoso	10 Arenoso Franco
5 Arcilloso Arenoso	11 Franco Arcilloso Arenoso
6 Arcilloso Limoso	12 Franco Arcilloso Limoso

*Maria del Pilar Hurtado S*

**Maria del Pilar Hurtado Sánchez, Química, MSc**  
 Jefe del Laboratorio de Servicios Analíticos y Laboratorio Central de Aguas  
 E-mail: m.p.hurtado@cogiar.org  
 Tel. (57-2) 445 0100 Ext. 3351  
 Fax. (57-2) 445 0073

Laboratorio de servicios analíticos  
 Tel. 445-01-00

Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT © 2014. Todos los derechos reservados. Prohibida su modificación total o parcial.  
 Km. 17 recta Cali-Palmira

Página 2 de 3

## ANEXO B. Análisis de varianza entre tratamientos

### ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Vigor	Entre grupos	38,287	11	3,481	5,168	,000
	Dentro de grupos	152,884	227	,673		
	Total	191,172	238			
Cobertura	Entre grupos	59889,040	11	5444,458	12,273	,000
	Dentro de grupos	100702,876	227	443,625		
	Total	160591,916	238			
Malezas	Entre grupos	32707,692	11	2973,427	9,397	,000
	Dentro de grupos	71830,776	227	316,435		
	Total	104538,469	238			
Plagas	Entre grupos	,927	11	,084	,518	,890
	Dentro de grupos	36,947	227	,163		
	Total	37,874	238			
Enfermedades	Entre grupos	14,461	11	1,315	1,868	,045
	Dentro de grupos	159,732	227	,704		
	Total	174,192	238			
Floración	Entre grupos	74532,454	11	6775,678	6,145	,000
	Dentro de grupos	250312,039	227	1102,696		
	Total	324844,494	238			
MS	Entre grupos	1342,733	11	122,067	2,514	,005
	Dentro de grupos	10878,216	224	48,563		
	Total	12220,949	235			
Forraje seco	Entre grupos	1764490,266	11	160408,206	1,624	,093
	Dentro de grupos	22120565,204	224	98752,523		
	Total	23885055,470	235			

### ANEXO C. Pruebas de Duncan entre los tratamientos

Vigor						
Duncan <sup>ab</sup>						
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	20	3,300				
<i>B. brizantha</i> cv. 26124	20	3,650	3,650			
<i>B. mutica</i>	20	3,700	3,700			
<i>B. híbrido</i> cv. Cobra	20	3,800	3,800	3,800		
<i>B. decumbens</i>	20		4,100	4,100	4,100	
<i>B. híbrido</i> cv. Mulato II	20		4,150	4,150	4,150	4,150
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	20			4,300	4,300	4,300
<i>C. gayana</i> Kunth	20			4,300	4,300	4,300
<i>B. híbrido</i> cv. Caymán	20			4,350	4,350	4,350
<i>B. brizantha</i> cv. Piata	20				4,400	4,400
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	20				4,550	4,550
<i>M. máximus</i> cv. Mombasa	19					4,737
Sig.		,080	,088	,064	,140	,051

Cobertura						
Duncan <sup>ab</sup>						
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
<i>B. mutica</i>	20	45,2000				
<i>C. nlemfuensis</i>	20	54,0500	54,0500			
<i>B. brizantha</i> cv. 26124	20		64,7500	64,7500		
<i>B. híbrido</i> cv. Cobra	20			68,5000		
<i>B. híbrido</i> cv. Mulato II	20			78,4500	78,4500	
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	20				84,3000	84,3000
<i>B. decumbens</i>	20				86,1500	86,1500
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	20				86,4000	86,4000
<i>C. gayana</i> Kunth	20				91,4500	91,4500
<i>B. híbrido</i> cv. Caymán	20				92,2000	92,2000
<i>B. brizantha</i> cv. Piata	20				92,4000	92,4000
<i>M. máximus</i> cv. Mombasa	19					96,1579
Sig.		,186	,110	,053	,072	,130

Malezas						
Duncan <sup>ab</sup>						
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
<i>M. máximus</i> cv. Mombasa	19	3,8421				
<i>B. híbrido</i> cv. Caymán	20	4,9500				
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	20	5,0500				
<i>B. brizantha</i> cv. Piata	20	5,5500				
<i>C. gayana</i> Kunth	20	6,9000	6,9000			
<i>B. decumbens</i>	20	7,0000	7,0000			
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	20	9,2000	9,2000	9,2000		
<i>B. híbrido</i> cv. Mulato II	20		17,9500	17,9500	17,9500	
<i>B. brizantha</i> cv. 26124	20			20,1500	20,1500	
<i>B. híbrido</i> cv. Cobra	20				21,7500	
<i>C. nlemfuensis</i>	20				25,7000	
<i>B. mutica</i>	20					44,5500
Sig.		,425	,074	,067	,215	1,000

Plagas			
Duncan <sup>ab</sup>			
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
<i>C. gayana</i> Kunth	20	,4000	
<i>C. nlemfuensis</i>	20	,4000	
<i>M. máximus</i> cv. Mombasa	19	,4211	
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	20	,4500	
<i>B. brizantha</i> cv. Piata	20	,5000	,5000
<i>B. brizantha</i> cv. 26124	20	,5500	,5500
<i>B. híbrido</i> cv. Caymán	20	,7000	,7000
<i>B. mutica</i>	20	,7500	,7500
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	20	,9500	,9500
<i>B. híbrido</i> cv. Mulato II	20	,9500	,9500
<i>B. decumbens</i>	20	,9500	,9500
<i>B. híbrido</i> cv. Cobra	20		1,1000
Sig.		,088	,054

Floración							
Duncan <sup>a,b</sup>							
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
<i>M. máximus</i> cv. Mombasa	19	2,8947					
<i>B. mutica</i>	20	13,9500	13,9500				
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	20	22,2500	22,2500	22,2500			
<i>B. híbrido</i> cv. Mulato II	20		26,5000	26,5000			
<i>B. híbrido</i> cv. Caymán	20		29,3500	29,3500	29,3500		
<i>B. brizantha</i> cv. 26124	20		33,0000	33,0000	33,0000		
<i>B. brizantha</i> cv. Piata	20		35,2000	35,2000	35,2000		
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	20		36,9000	36,9000	36,9000	36,9000	
<i>B. decumbens</i>	20			38,1500	38,1500	38,1500	
<i>B. híbrido</i> cv. Cobra	20				51,5500	51,5500	51,5500
<i>C. nlemfuensis</i>	20					58,6500	58,6500
<i>C. gayana</i> Kunth	20						69,4500
Sig.		,083	,060	,200	,065	,059	,110

MS				
Duncan <sup>a,b</sup>				
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
<i>C. nlemfuensis</i>	17	16,2941		
<i>B. híbrido</i> cv. Caymán	20	16,9000		
<i>B. híbrido</i> cv. Cobra	20	16,9000		
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	20	18,1000	18,1000	
<i>B. híbrido</i> cv. Mulato II	20	18,4500	18,4500	
<i>B. decumbens</i>	20	18,4500	18,4500	
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	20	19,4000	19,4000	
<i>M. máximus</i> cv. Mombasa	19	19,4737	19,4737	
<i>B. brizantha</i> cv. Piata	20	20,0500	20,0500	
<i>B. brizantha</i> cv. 26124	20	20,9000	20,9000	20,9000
<i>C. gayana</i> Kunth	20		22,6500	22,6500
<i>B. mutica</i>	20			24,8500
Sig.		,085	,083	,095

Produccion de materia seca en toneladas por hectarea			
Duncan <sup>a,b</sup>			
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
<i>C. nlemfuensis</i>	20	6,6137	
<i>B. mutica</i>	20	18,0497	18,0497
<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	20	19,9350	19,9350
<i>C. gayana</i> Kunth	20		25,4357
<i>B. hibrido</i> cv. Mulato II	20		26,2382
<i>B. decumbens</i>	20		27,9494
<i>B. hibrido</i> cv. Caymán	20		28,7072
<i>B. brizantha</i> cv. Piata	20		28,8018
<i>B. brizantha</i> cv. 26124	20		29,8814
<i>B. brizantha</i> cv. Toledo	20		31,0965
<i>B. hibrido</i> cv. Cobra	20		31,6039
<i>M. máximus</i> cv. Mombasa	19		35,7703
Sig.		,114	,063

**ANEXO D. Pruebas de Duncan entre bloques para variable Vigor**

<i>Brachiaria brizantha</i> cv. 26124				
Duncan <sup>a,b</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
4	6	2,333		
2	5	3,6	3,6	
1	4		4,25	
3	5		4,6	
Sig.		0,084	0,186	

<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piata				
Duncan <sup>a</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
4	5	3,800		
2	5	4,400	4,400	
3	5		4,600	
1	5		4,800	
Sig.		,076	,248	

<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo				
Duncan <sup>a</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
4	5	3,8		
1	5		4,8	
2	5		4,8	
3	5		4,8	
Sig.		1	1	

<i>Brachiaria hibrido</i> cv. Mulato II				
Duncan <sup>a</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
1	5	3,200		
2	5		4,400	
4	5		4,400	
3	5		4,600	
Sig.		1,000	,685	

**ANEXO E. Pruebas de Duncan entre bloques para la variable Cobertura**

P = 0.01 Altamente significativa

<i>Brachiaria brizantha</i> cv. 26124				
Duncan <sup>a,b</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
4	6	23,8333		
2	5		71	
1	4		81,25	
3	5		98	
Sig.		1	0,154	

<i>Brachiaria hibrido</i> cv. Mulato II				
Duncan <sup>a</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
1	5	37,6		
2	5		81	
4	5		95,8	
3	5		99,4	
Sig.		1	0,094	

<i>Brachiaria decumbens</i>				
Duncan <sup>a</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
4	5	59,0000		
1	5		92,0000	
2	5		94,0000	
3	5		99,6000	
Sig.		1,000	,369	

**ANEXO F. Pruebas de Duncan entre bloques para la variable Cobertura (P=0.05)**

<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu				
Duncan <sup>a</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
1	5	72		
2	5	83	83	
3	5		90,4	
4	5		91,8	
Sig.		0,115	0,224	

<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Toledo				
Duncan <sup>a</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
4	5	72		
1	5	84	84	
2	5		91	
3	5		98,6	
Sig.		0,104	0,063	

<i>Brachiaria mutica</i>				
Duncan <sup>a</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
4	5	17		
1	5	34	34	
2	5		63	
3	5		66,8	
Sig.		0,296	0,064	

<i>Chloris gayana</i> Kunth				
Duncan <sup>a</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2	5	82		
1	5	87	87	
4	5		97,4	97,4
3	5			99,4
Sig.		0,363	0,069	0,713

**ANEXO G. Pruebas de Duncan entre bloques para la variable Plaga**

<i>Brachiaria brizantha</i> cv. 26124				
Duncan <sup>a,b</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
3	5	0,2		
2	4	0,25		
4	6	0,5		
1	4		1,25	
Sig.		0,404	1	

<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu				
Duncan <sup>a</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
2	5	0,4		
3	5	0,6		
4	5	0,8		
1	5		2	
Sig.		0,441	1	

<i>Brachiaria hibrido</i> cv. Cobra				
Duncan <sup>a</sup>				
Repetición	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
2	5	0,6		
4	5	0,6		
3	5	1		
1	5		2,2	
Sig.		0,485	1	

## ANEXO H. Análisis Bromatológico por tratamiento



**Animal Nutrition & Forages**  
**Quality Laboratory**  
**TROPICAL FORAGES**  
**Analysis Report**

<b>Origen:</b>	NUTRIFACA
<b>Cliente:</b>	Jhon Freddy Gutierrez(NUTRIFACA)
<b>Tipo de Muestra:</b>	Material vegetal
<b>Fecha de Recepcion:</b>	25/09/2017
<b>Fecha Emision de Resultados:</b>	23/11/2017
<b>Orden tecnica (OT)</b>	OT-047

Analisis	Abrev.	Metodo
Materia Seca a 105°C	<b>M.S</b>	ISO 6496 :1999
Materia Orgánica a 550°C.	<b>M.O</b>	Incineración en mufla 550°C, Calculo
Cenizas a 550°C	<b>Cenizas</b>	AOAC 942.05 :2005
Fibra detergente neutral	<b>FDN</b>	ISO 16472:06 , AOAC 2002:04, AN 3805 ANKOM
Fibra detergente ácida	<b>FDA</b>	ISO 13906:08, AOAC 973.18, AN 3804 ANKOM
Digestibilidad in vitro de materia seca	<b>DIVMS</b>	Tilley & Terry 1963, Van soest & Robertson 1985
Proteína Cruda	<b>PC</b>	AOAC 984.13:1990 , Kjeldahl AN 3001 FOSS

**\*Valores reportados en base a materia seca analítica a 60°C**

#	Cod. Mtra Externo	Cod. Mtra Interno	%M.O	%Cenizas	%FDN	%FDA	% PC	%DIVMS
1	T1-B.brizantha 26124 (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1317	80.09	11.05	56.58	27.96	13.53	65.07
2	T2-B.brizantha cv. Marandu (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1318	79.55	11.43	56.92	27.49	14.73	65.42
3	T3-B.brizantha cv. Piata (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1319	79.32	11.98	58.21	29.89	13.91	62.55
4	T4-B.brizantha cv. Toledo (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1320	79.33	12.13	56.49	28.17	14.17	63.26
5	T5-B.hibrido cv. Cayman (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1321	76.79	14.65	50.24	24.23	16.74	64.49
6	T6-B.hibrido cv. Cobra (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1322	77.25	13.79	50.10	24.77	16.77	64.53
7	T7-B.hibrido cv. Mulato II (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1323	78.98	12.27	53.18	25.17	16.35	63.00

#	Cod. Mtra Externo	Cod. Mtra Interno	%M.O	%Cenizas	%FDN	%FDA	% PC	%DIVMS
8	T8-Brachiaria decumbens (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1324	79.97	11.18	56.18	26.74	15.42	66.57
9	T9-Brachiaria humidicola (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1325	80.28	11.48	61.41	30.96	11.86	62.47
10	T10-Brachiaria mutica (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1326	79.14	12.34	56.90	28.43	15.49	64.80
11	T12-Chloris gayana (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1328	81.73	10.17	65.23	32.93	12.54	65.24
12	T13-Cynodon nlemfuensis (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1329	83.50	7.97	63.77	29.95	11.77	63.16
13	T14-M. maximus cv. Massai (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1330	79.33	12.55	59.68	30.34	15.83	63.71
14	T15-Megathyrsus maximus cv. Mombasa (Facultad de Ciencias Agrarias)	F17-1331	78.94	12.82	59.61	30.74	16.00	63.15
15	T1-Tithonia diversifolia (Finca la sultana)	F17-1332	71.99	18.12	37.16	29.75	26.17	58.36
16	T2-B.brizantha cv. Toledo (Finca la sultana)	F17-1333	80.04	11.47	59.16	28.58	15.02	65.24
17	T3-B.brizantha cv. Toledo (Finca la sultana)	F17-1334	78.70	12.71	58.38	29.27	15.44	65.58