

**VARIABLES MORFOLÓGICAS Y DE COMPOSICIÓN NUTRICIONAL EN DOS
CULTIVARES DEL PASTO *Megathyrus maximus*, Jacq SOMETIDO A UNA ALTURA
Y DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE E INTENSIDAD LUMÍNICA EN
CONDICIONES DE SABANAS DE SUCRE, COLOMBIA**

CLARIVET LORENA TOVAR NAVARRO

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SINCELEJO
2016**

**VARIABLES MORFOLÓGICAS Y DE COMPOSICIÓN NUTRICIONAL EN DOS
CULTIVARES DEL PASTO *Megathyrus maximus*, Jacq SOMETIDO A UNA ALTURA
Y DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE E INTENSIDAD LUMÍNICA EN
CONDICIONES DE SABANAS DE SUCRE, COLOMBIA**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Zootecnista

CLARIVET LORENA TOVAR NAVARRO

**DIRECTOR
RENE PATIÑO
Zootecnista, Doctor en Ciencias**

**CODIRECTOR
ORLANDO NAVARRO MEJÍA
Ingeniero agrónomo, M.Sc en Ciencias Agrarias**

**UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SINCELEJO
2016**

HOJA DE ACEPTACIÓN

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por darme la fortaleza para salir adelante y permitirme alcanzar este logro de importancia en la vida de cualquier persona.

A mi padre Víctor Tovar por ser mi más grande motivo de superación y por estar siempre ahí apoyándome para culminar esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida.

A la Universidad de Sucre por ser el medio de adquisición de tantos conocimientos.

A mi director de trabajo de grado, Dr. René Patiño por guiarme en este camino.

A todos los profesores que me acompañaron en mi proceso de aprendizaje y quienes de una u otra manera pusieron su granito de arena para que alcanzar este logro.

A Carlos Silva Mercado, Rafael Gómez Salcedo y Henry Cuello Guerrero por su colaboración con el aporte de datos para la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
1. JUSTIFICACIÓN.....	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. GENERAL.....	19
2.2. ESPECÍFICOS.....	19
3. MARCO TEÓRICO.....	20
3.1. Generalidades y aspectos morfológicos del pasto Guinea (<i>Megathyrsus maximus</i> , <i>Jacq.</i>).....	20
3.2. Antecedentes de la investigación.....	24
3.2.1. Antecedentes internacionales.....	24
3.2.2. Antecedentes nacionales.....	26
3.2.3. Antecedentes regionales.....	27
4. METODOLOGÍA.....	29
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
6. CONCLUSIONES.....	52
7. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS.....	54

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Megathyrus maximus</i> , Jacq.....	24
Tabla 2. Valores promedios de variables morfológicas del pasto Tanzania en condiciones de sol y sombra a una altura (40 cm) y tres frecuencias de corte (25, 35 y 45 días).....	33
Tabla 3. Correlación entre variables morfológicas y de composición nutricional del cultivar Tanzania cosechado a una altura de 40 cm y tres frecuencias de corte (25, 35 y 45 días) con incidencia directa de luz solar.....	49
Tabla 4. Correlación entre variables morfológicas y de composición nutricional del cultivar Mombasa a una altura de 40 cm y tres frecuencias de corte (25, 35 y 45 días) con incidencia directa de luz solar.....	50
Tabla 5. Datos de composición nutricional de los cultivares Tanzania y Mombasa del pasto Guinea (<i>Megathyrus maximus</i> , Jacq.), cosechados a los 25, 35 y 45 días a una altura de 40 cm del estudio realizado por Gómez (2015).....	51

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre la altura de la planta en el cv Tanzania.....	35
Figura 2. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre la altura del rebrote en el cv Tanzania.....	36
Figura 3. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el largo de la hoja en el cv Tanzania.....	38
Figura 4. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el ancho de la hoja en el cv Tanzania.....	39
Figura 5. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el número de hojas por planta en el cv Tanzania.....	40
Figura 6. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el número de macollas por planta en el cv Tanzania.....	41
Figura 7. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el perímetro de la macolla en el cv Tanzania.....	42
Figura 8. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el diámetro de la macolla en el cv Tanzania.....	43
Figura 9. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el número de tallos verdes por planta en el cv Tanzania.....	44
Figura 10. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre sobre el número de tallos secos por planta en el cv Tanzania.....	45

RESUMEN

En la subregión Sabanas del departamento de Sucre, la actividad ganadera se desarrolla fundamentalmente en condiciones de pastoreo, por lo tanto, el resultado de la ecuación productiva de estos sistemas estará fuertemente influenciado por el tipo de gramínea y por el manejo dado a la misma. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la frecuencia de corte (25, 35 y 45 días) e intensidad lumínica (incidencia directa de luz solar y 40% de incidencia de sombra natural proveniente del dosel de Campano *Pithecellobium saman*) sobre variables morfológicas del pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*, Jacq) cv Tanzania cortado a 40 cm de altura, y estudiar el grado de asociación entre variables morfológicas y de calidad nutricional del pasto Guinea cv Tanzania y Mombaza, manejados a 25, 35 y 45 días de frecuencia de corte y a 40 cm de altura en condiciones de incidencia directa de luz solar en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia. Se utilizaron datos de variables morfológicas obtenidos de dos estudios previos en los que se evaluó el efecto de la frecuencia de corte (25, 35 y 45 días) en el cultivar Tanzania manejado en dos condiciones de luminosidad (incidencia directa de sol y 40% de sombra de arbóreas) y la composición nutricional de los cultivares Tanzania y Mombasa, realizados por Cuello, (2014) y por Gómez, (2014), respectivamente. Las parcelas experimentales se arreglaron según un diseño en parcelas subdivididas, y los datos se analizaron considerando ese tipo de diseño, aplicando además un análisis de correlación. Se obtuvo que el factor luminosidad afectó las siguientes variables: altura de la planta ($p < 0,001$), altura del rebrote ($p < 0,001$), largo de la hoja ($p = 0,009$), ancho de la hoja ($p = 0,012$), número de macollas por planta ($p < 0,001$), perímetro de la macolla ($p = 0,002$), diámetro de la macolla ($p < 0,001$) y número de tallos verdes ($p < 0,001$). La frecuencia de corte afectó: altura de planta ($p = 0,028$), altura del rebrote ($p = 0,001$), largo de la hoja ($p = 0,015$), número de macollas/planta ($p = 0,036$) y número de tallos verdes/planta ($p = 0,045$); además, no se encontró efecto significativo ($p > 0,05$) en la interacción entre los factores luminosidad y frecuencia de corte para las variables estudiadas. Para el cultivar Tanzania se encontró correlación positiva entre las variables morfológicas ancho de la hoja y número de hojas por planta con el contenido de EE del pasto; correlación negativa entre altura del rebrote, número de tallos verdes por planta, diámetro de la macolla, número de macollas por planta y número de tallos verdes por planta con el contenido de FDN, FDA y P del pasto. Mientras que para el cultivar Mombasa se encontró correlación positiva entre número de

macollas por planta, número de tallos verdes por planta, número de macollas por planta, diámetro de la macolla, número de tallos secos por planta y número de tallos verdes por planta, con el contenido de Cenizas y FDA del pasto; y correlación negativa entre variables como altura de la planta, altura del rebrote y número de tallos secos con el contenido de P y MS. En conclusión, los cultivares Tanzania y Mombasa del pasto Guinea pueden constituirse en una opción forrajera para implementar en condición de Sabanas, siempre y cuando se consideren, para su manejo, los aspectos relacionados con la estructura de la planta y la frecuencia de defoliación.

Palabras claves: *Megathyrsus maximus*, Tanzania, Mombasa, frecuencia de corte, altura de corte, morfología, calidad nutricional.

ABSTRACT

In the Sheets subregion of the department of Sucre, livestock activity takes place mainly in grazing conditions, therefore, the result of the production equation of these systems will be strongly influenced by the type of grass and the management given to it. The objective was to evaluate the effect of the cutoff frequency (25, 35 and 45 days) and light intensity (direct incidence of sunlight and 40% incidence of natural shade from the canopy of Campano *P. saman*) on morphological variables Guinea grass (*M. maximus*, Jacq) cv Tanzania cut to 40 cm high and study the degree of association of morphological and nutritional quality of guinea grass cv Tanzania and Mombaza variables, handled 25, 35 and 45 days cutoff frequency and 40 cm in terms of direct impact of sunlight in the subregion Sheets department of Sucre, Colombia. Data of morphological variables obtained from two previous studies in which the effect of the cutoff frequency (25, 35 and 45 days) in the cultivar Tanzania handled in two light conditions (direct impact of sun and 40% evaluated were used shade tree) and the nutritional composition of Tanzania and Mombasa cultivars, made by Cuello, (2014) and Gómez (2014), respectively. The experimental plots were arranged according to a split-plot design, and the data were analyzed considering this type of design, and applying a correlation analysis. It was found that the brightness factor affected the following variables: plant height ($p < 0,001$), height of regrowth ($p < 0,001$), leaf length ($p = 0,009$), leaf width ($p = 0,012$), number of tillers per plant ($p < 0,001$), perimeter of the tiller ($p = 0,002$), diameter of the tiller ($p < 0,001$) and number of green stems ($p < 0,001$). The cutoff frequency affected plant height ($p = 0,028$), height of regrowth ($p = 0,001$), leaf length ($p = 0,015$), number of tillers/plant ($p = 0,036$) and number of green stems/plant ($p = 0,045$); in addition, no significant effect ($p > 0,050$) was found in the interaction between light and cutoff frequency for the variables studied factors. Tanzania to cultivate positive correlation was found between morphological variables width leaf and number of leaves per plant with the content of EE grass; negative correlation between regrowth height, number of green stems per plant, tiller diameter, number of tillers per plant and number of green stems per plant with the FDN, FDA and P pasture. While for farming Mombasa positive correlation between number of tillers per plant, number of green stems per plant, number of tillers per plant, diameter of the tiller, number of dry stalks per plant and number of green stems per plant was found, with ash content and grass FDA; and negative correlation between variables as plant height, height and

number of dry regrowth stems P content and MS. In conclusion, Tanzania and Mombasa Guinea grass cultivars can become a forage option to deploy in Savannas condition, as long as they consider, for handling, aspects related to the structure of the plant and defoliation frequency.

Keywords: *Megathyrsus maximus*, Tanzania, Mombasa, cutoff frequency, cutting height, morphology, nutritional quality.

INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los diez países privilegiados del planeta por pertenecer a la zona tropical ecuatorial, razón que facilita y obliga a corresponder a los retos que presenta la era moderna, sobre todo en lo referente a la demanda energética y alimentaria mundial, para lo que de hecho se requiere de un cambio de actitud con base en el reconocimiento de nuestras reales potencialidades y las tecnologías locales y amigables con el medio ambiente, pasando de la pasividad a la acción, dejando de esperar que lleguen las ideas, los insumos y el desarrollo tecnológico de otras regiones del planeta, convirtiéndonos en dinámicos generadores de estas, innovados de acuerdo a nuestras condiciones trópico ecuatoriales. (Villamizar y Salgado, 2011, p.21)

Según Vera (2004) el pasto Colosuana, *Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus se considera en la actualidad como uno de los principales recursos forrajeros presente en los sistemas de producción bovina de la región Caribe de Colombia. Peters, Franco, Schmidt y Hincapié (2010) afirman:

El pasto Colosuana es una planta perenne de crecimiento cespitoso y estolonífero, que crece bien desde 0 – 2000 m.s.n.m, con precipitaciones de 600 – 900 mm, pero también puede crecer con precipitaciones menores o mayores a estas y en suelos con pH neutro a alcalino. Esta gramínea tolera periodos cortos de encharcamiento y se establece en suelos pobres, en donde otras especies no crecen; no tolera sombra y rebrota después de quemada, se propaga a través de semilla y en forma vegetativa utilizando estolones, su establecimiento es rápido, coloniza el suelo porque florece y produce abundante semilla. Otra característica del pasto Colosuana es que se vuelve no palatable cuando está florecido y en condiciones muy secas su crecimiento se reduce drásticamente. Algunos la consideran como una gramínea maleza y no es muy productiva debido a que su producción de materia seca es baja, oscilando entre 1 – 4 t ha⁻¹. La planta joven es palatable pero su calidad declina rápidamente, con una digestibilidad de 70% y proteína cruda en hojas jóvenes entre 8 y 12%, decayendo a 5,7% a las seis semanas. (p.6-7)

Además, este pasto es susceptible a ser afectado por el “Mión” o “Salivazo” (*Aeneolamia sp.*), “el cual es un insecto que posee una saliva toxica para la planta, afectando principalmente las hojas, cuando se alimenta de la savia de la planta” (Vélez, 2011, p.28).

Las características de crecimiento y propagación del pasto Colosuana han permitido que sea una gramínea invasora del territorio en la región Caribe de Colombia. Por todo lo anterior, teniendo en cuenta que este pasto es la principal fuente de alimentación vacuna en la región y resaltando su producción por hectárea y su calidad nutricional, se hace necesario evaluar nuevas alternativas forrajeras en condiciones de Sabanas del departamento de Sucre.

Considerando que se debe atender la demanda alimentaria en la región y el país, y que en la actualidad son pocas las investigaciones que se llevan a cabo en la parte de pasturas en los sistemas ganaderos en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, para aportar al desarrollo y sustentabilidad del sector, se hace necesario proponer, permanentemente, acciones en este sentido, compartiendo el criterio de Urueta (2006) de que “la ganadería es el gran negocio, no solo como fuente de alimento sino en cuanto al fortalecimiento económico y el bienestar humano”; dejando atrás las prácticas no conservacionistas de la llamada “revolución verde”, impulsadora de prácticas degradadoras de los recursos suelo, agua, aire, y con ello de la biodiversidad, considerada capital para la vida, como son los usos de maquinaria inadecuada, con implementos con iguales características y la utilización de agrotóxicos (fertilizantes industriales, herbicidas y demás pesticidas).

Para hacer la actividad ganadera realmente competitiva es necesario utilizar las pasturas y las especies necesarias correctamente. En este sentido, son fundamentales los estudios realizados sobre la base del comportamiento fisiológico bajo diferentes condiciones, como alturas de corte y frecuencia de corte, la ecología de plantas forrajeras y el correcto manejo de las pasturas en nuestras condiciones trópico ecuatoriales. En los países tropicales, los estudios se basan fundamentalmente en los períodos de descanso, carga animal y/o intensidad de corte/pastoreo, pero, usualmente, desconsiderando las características fisiológicas de la planta y sin un control adecuado de la pradera ni de sus características estructurales, variables que son claves para el correcto manejo de la defoliación y el uso del forraje producido. Como resultado, el rendimiento

de los pastos es muy variable e inconsistente, resultando en un alto grado de insatisfacción por parte de productores y técnicos.

Sin el uso de agrotóxicos y respetando el equilibrio biológico, los potreros del trópico ecuatorial pueden producir naturalmente la demanda de alimentos necesaria para contar con una ganadería productiva y rentable (Urueta, 2006).

Generalmente las respuestas de las plantas sometidas a diferentes alturas y frecuencias de corte o intensidad de defoliación, son expresadas como rendimiento o producción. Aun así, este rendimiento no es más que el efecto de este factor de manejo sobre el crecimiento del vegetal, determinado por la distribución de sus fotoasimilados a los componentes aéreos (vástagos) y radicales. (Yrausquin, Páez, Villasmil y Urdaneta, 1995, p.314)

Ojeda, Restrepo, Villada y Cesáreo, (2003) plantean que los sistemas silvopastoriles (SSP) son “una opción de producción ganadera, donde los árboles y/o arbustos (maderables o frutales) se combinan, interactúan y se relacionan con los pastos y los animales, todos ellos bajo un sistema de manejo integral” (p. 15).

La presencia de árboles y/o arbustos puede contribuir a mejorar la productividad del suelo y por ende favorecer el desarrollo del pasto. Algunas de estas relaciones son: la fijación de nitrógeno, reciclaje de nutrientes, mayor eficiencia de uso de nutrientes, mantenimiento de la materia orgánica y control de la erosión. En un sistema silvopastoril, al igual que las pasturas las especies leñosas también pueden contribuir a contrarrestar la erosión. En este aspecto; la mayor contribución en el control de la erosión probablemente ocurre a través del incremento en el contenido de materia orgánica del suelo; esto se da por medio del mantillo de hojas y ramas que caen sobre la superficie del suelo y previenen el impacto directo de la lluvia o el viento (Ojeda et al., 2003, p.29).

Teniendo en cuenta lo anterior, y en base a lo observado y a la información sobre pastos de buen comportamiento en las condiciones trópico ecuatoriales que se evidencian en la región

de la sabana Sucreña, siendo uno de ellos los pastos Guinea (*Megathyrsus maximus*, Jacq) (Navarro y Villamizar, 2012), fue seleccionado el cultivar Guinea Tanzania para realizar un estudio sobre las frecuencias de corte 25, 35 y 45 días a una altura de corte de 40cm con dos intensidades lumínicas (incidencia directa de luz solar y 40% de incidencia de sombra natural proveniente del dosel de Campano *Pithecellobium saman*), para determinar en las condiciones del lugar de experimentación cuál es el mejor manejo que se le debe dar para un mejor aprovechamiento en beneficio de su mejor desarrollo morfológico en ese lugar, como en aquellos de similares condiciones agroclimáticas.

Por otra parte, considerando los cultivares Tanzania y Mombasa del pasto Guinea, se determinó la relación entre sus características morfológicas y su calidad nutricional para determinar cuál de los dos cultivares ofrece un mayor beneficio para la ganadería de la Sabana del departamento de Sucre.

1. JUSTIFICACIÓN

La ganadería vacuna en Colombia pasa por un momento crucial. Los gremios ganaderos del país han trazado metas para los próximos años (2015 - 2020), que incluyen el aumento en el inventario ganadero, el incremento en el consumo interno de carne y leche, y la posibilidad de exportaciones, entre otras. Sin embargo, en el caso del departamento de Sucre, se presentan aún índices de producción (menos de 2.7 kg leche/vaca/día y menos de 430 kg de carne/ha/año) que difícilmente permitirán llegar a las metas. Aunque no existe un consenso sobre ese modelo de desarrollo de la ganadería, es necesario intentar profesionalizar la producción para poder mantener a la ganadería como una actividad económica viable y creciente. Si bien la información sobre las técnicas de producción está disponible para todos, son los profesionales quienes deben llevar esos avances al campo.

Los forrajes son la base de la alimentación de los sistemas de ganadería vacuna en el País y del Departamento. Por tanto, si el componente forrajero no se maneja con criterios claros específicos para cada situación, no se logrará mejorar la productividad, ni rentabilidad de la actividad.

En la Subregión Sabanas del Departamento de Sucre existen 219.601 hectáreas pertenecientes a la formación de bosque seco tropical. Bajo estas condiciones, varias especies de gramíneas tropicales han mostrado un potencial para persistir. Actualmente los pastos Tanzania y Mombasa, cultivares de *Megathyrsus maximus*, Jacq. B.K.Simon & Jacobs 2003 (antes *Panicum maximum*, Jacq.), disponibles comercialmente, vienen despertado interés por las características de calidad y producción, e incluso por su capacidad para crecer bien en condiciones de sombra, factor interesante en sistemas silvopastoriles. Sin embargo, el manejo de estas plantas, en ocasiones, se hace difícil por las características propias de la especie, principalmente con lo relacionado a la altura de corte o cosecha, que a su vez se relaciona con los periodos de descanso. Las equivocaciones en este sentido afectan directamente la persistencia de la pastura, y pueden causar su desaparición o subutilización, lo cual representa un perjuicio económico para el productor.

En el departamento de Sucre, estas especies se están introduciendo y los problemas son evidentes en cuanto al manejo de los mismos. Por tanto, los técnicos y profesionales que asesoran a productores en el departamento deben tener criterios claros para definir el manejo de la pastura y es con resultados de estudios en la zona que estos criterios se pueden ir construyendo.

Se han desarrollado diversos trabajos para evaluar los efectos del pastoreo, la frecuencia y altura de corte sobre la producción de materia seca (MS) y calidad del pasto en otras condiciones Latinoamericanas, sin embargo los efectos de estos factores de manejo sobre las características morfológicas que rigen el crecimiento y desarrollo de las especies forrajeras no han sido totalmente establecidas (Hodkinson et al., 1989). Teniendo en cuenta lo anterior, el propósito de este trabajo es evaluar los efectos del manejo del cultivar Tanzania a diferentes frecuencias de corte (25, 35 y 45 días) a una altura seleccionada (40 cm) y en dos condiciones de luminosidad (sol y 40% de sombra natural) sobre el desarrollo morfológico del mismo, para contribuir en el desarrollo de la empresa ganadera.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la frecuencia de corte (25, 35 y 45 días) e intensidad lumínica (incidencia directa de luz solar y 40% de incidencia de sombra natural proveniente del dosel de Campano *Pithecellobium saman*) sobre variables morfológicas del pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*, Jacq) cv Tanzania cortado a 40 cm de altura, y estudiar el grado de asociación entre variables morfológicas y de calidad nutricional del pasto Guinea cv Tanzania y Mombaza, manejados a 25, 35 y 45 días de frecuencia de corte y a 40 cm de altura en condiciones de incidencia directa de luz solar en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia.

2.2. Objetivos Específicos

Determinar la altura de la planta, altura del rebrote, largo de la hoja, ancho de la hoja, número de hojas por planta, número de macollas/planta, perímetro de la macolla, diámetro de la macolla, número de tallos verdes y número de tallos secos del pasto Guinea cv Tanzania cosechado a 40 cm de altura y a frecuencias de 25, 35 y 45 días de corte, con incidencia directa de luz solar y con 40% de incidencia de sombra natural proveniente del dosel de Campano (*Pithecellobium saman*).

Determinar la relación existente entre variables morfológicas (altura de la planta, altura del rebrote, largo de la hoja, ancho de la hoja, número de hojas por planta, número de macollas/planta, perímetro de la macolla, diámetro de la macolla, número de tallos verdes y número de tallos secos) y de calidad nutricional (materia seca, proteína cruda, cenizas, fibra insoluble en detergente neutro, fibra insoluble en detergente ácido, hemicelulosa, extracto etéreo y fósforo inorgánico) de los cultivares de *Megathyrsus maximus*, Jacq. Tanzania y Mombasa sometidos a diferentes frecuencias de corte (25, 35 y 45 días), cortado a 40 cm de altura y manejados con incidencia directa de luz solar.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades y aspectos morfológicos del pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*, Jacq.)

El pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*, Jacq.) es “nativo de África, y actualmente se encuentra distribuido y naturalizado en los trópicos” (Izurieta, 2015, p.15).

El pasto Guinea se cultiva ampliamente en América del Sur, se adapta a suelos de mediana a alta fertilidad, bien drenados y con pH entre 6 y 8 en alturas que van desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm; exige precipitaciones de 900 a 2000 mm y temperatura superior a 18°C; su hábito de crecimiento es erecto, en forma de matojos, alcanzando alturas de 1,60 a 1,85 m; posee un amplio sistema radical que lo hace tolerante a las sequías; posee una panícula grande (de hasta 50 cm de largo) con numerosos racimos rígidos y ascendentes, los cuales en la parte inferior de la inflorescencia están dispuestos en verticilos y cada racimo posee numerosas espiguillas; los ejes de la inflorescencia son a veces ondulados; y se considera que el pastoreo debe realizarse en el estado de prefloración, momento en el cual el pasto alcanza un alto valor nutritivo y buena palatabilidad (Bernal, 1994). Villareal (1998) indica que todas son especies macolladas de alto crecimiento, por lo que podrían ser utilizadas en pastoreo o en corte presentan buenos rendimientos en condiciones de trópico húmedo, pero requieren suelos de moderada a alta fertilidad, y de no ser así, adecuados programas de fertilización para no tener problemas de pérdida de vigorosidad, aunque se han dado casos de algunas líneas que presentan tolerancia a bajas fertilidades. Abad (2012 (como se citó en Izurieta, 2015) afirma:

Esta pastura está adaptada a climas cálidos, crece en zonas de 0 a 1800 msnm con precipitaciones mayores a 1000 mm anuales, aunque resiste cantidades inferiores. Los suelos deben ser bien drenados, no arcillosos. Su producción media de forraje es de aproximadamente 35 t/ha/año. (p.14)

Por otra parte, Marques et al. (2015) afirman, también, que *Panicum maximum*, Jacq. es una importante gramínea forrajera de origen africano utilizado ampliamente en los trópicos,

indicando, además que el mejoramiento genético de esta especie se basa en la hibridación de genotipos y selección de apomícticos F sexuales y apomícticas 1 híbridos.

En 1982, Francia puso a disposición su colección compuesta por 426 especies de pastos procedentes de regiones representativas de la variabilidad natural de las especies, lo que impulsó investigaciones con ganado vacuno para obtener variedades de alto potencial productivo con buenas características morfológicas y agronómicas que permitan la adaptabilidad de las subespecies a diferentes condiciones de clima, suelo, agua y resistencia a plagas y enfermedades para luego ser entregadas a multiplicadores y productores de semilla permitiendo su comercialización y a su vez, su expansión geográfica (Jank, 2003).

Thomas & Da Rocha (1984) afirman que el pasto Guinea se puede utilizar para pastoreo directo, corte manual o mecanizado, se puede usar para henificación y ensilaje, y que se puede asociar con leguminosas, obteniendo con esas asociaciones un banco de proteína necesario para la alimentación animal.

Debido a que es una especie de porte alto, puede fácilmente cortarse en forma manual o mecánica, como forraje verde, silo, heno o harina, pero su principal uso es para el pastoreo directo con ganado. Su capacidad de carga inicial en praderas de temporal es de 3 a 4 cabezas/ha y bajo condiciones de riego es de 10 a 12 cabezas/ha. Para el crecimiento y engorda de toretes en praderas de temporal de este pasto, se pueden lograr anualmente de 450 Kg a 500 Kg/ha de carne en praderas de temporal y de 2.600 a 3.000 Kg/ha de carne con la utilización de sistemas de riego, con una suplementación adecuada (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Durante el desarrollo vegetativo de los pastos, se produce el macollaje o ahijamiento que cesa en el momento del pasaje del estado vegetativo al reproductivo. Cada macollo está formado por la repetición de unidades similares denominadas fitómeros, diferenciadas a partir del mismo meristema apical. El fitómero de una gramínea consiste de una hoja, nudo, entrenudo, meristema axilar y meristema intercalar. En un macollo, la diferenciación de células del meristema apical origina primordios de hojas y yemas axilares capaces de originar un nuevo macollo. Los primordios foliares continúan su

desarrollo y forman una hoja la cual se hace visible por dentro del conjunto de vainas (Pagliaricci y Bonvillani, 2008, pp. 5-6).

“La productividad de las praderas está determinada principalmente por la defoliación y por los nutrientes de reserva acumulados por las especies forrajeras de la pradera, por lo que la actividad fotosintética se debe promover después del pastoreo” (Cuesta, 2005, p.6).

Según Martínez (2008), “la defoliación provoca modificaciones en el crecimiento de las plantas y reajuste en el metabolismo para promover nueva área foliar y reestablecer su capacidad fotosintética”.

Las plantas forrajeras cuentan con estrategias de tolerancia a la defoliación que “consisten en mecanismos que promueven el crecimiento después de la defoliación, la constituyen mecanismos morfológicos y fisiológicos” (Fortes, et al., 2004, p.115).

Los mecanismos morfológicos se refieren a atributos morfológicos de la planta que intervienen en la resistencia a la defoliación, como son el número y fuente de meristemas; y los mecanismos fisiológicos se refieren a la capacidad de compensar daños derivados de una situación de estrés. Están formados por procesos compensatorios, los cuales son capaces de incrementar el crecimiento después de la defoliación. Entre ellos se hallan la fotosíntesis compensatoria, la distribución de carbono, las reservas de carbohidratos y otros (Fortes, et al., 2004, p. 115).

Además de incidir en la longevidad de las plantas, al afectar los carbohidratos de reserva contenidos en las mismas, Costa y Paulino (1999) afirman:

La frecuencia y altura de corte influyen en la estructura del dosel de una pradera y afectan la relación hoja/tallo, tasa de crecimiento, población de tallos, tasa de expansión foliar y la remoción de meristemas apicales, variables relacionadas con la producción y calidad del forraje.

“El concepto de morfogénesis incluye todos los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas”. Durante el crecimiento ocurre un “incremento en el tamaño (peso, longitud o área)” y durante el desarrollo se presenta la “aparición de órganos y cambios ontogénicos (aparición de hojas, de tallos, de raíces, pasaje al estado reproductivo, etc)” (Romero, 2014, p.37).

Bernal (1994) afirma que el pasto Guinea, conocido también como India, es una especie perenne de crecimiento erecto, que se desarrolla en plantas aisladas o en matojos. Puede alcanzar hasta tres metros de altura y presenta un buen cubrimiento del terreno cuando se utiliza abundante cantidad de semilla. La inflorescencia es una espiga abierta con ramificaciones laterales. Las cariósides poseen una esterilidad alta siendo necesario usar semillas seleccionadas de buena calidad para su propagación. Existe una gran cantidad de variedades desde las muy altas como la Tobiatá de origen brasilero, hasta variedades de tallo delgado como la Trichoglume o variedades enanas del tipo de las llamadas pajaritas y siempre verdes (Green leaf) procedentes de Australia. Es una especie con amplio rango de adaptación. Se desarrolla desde el nivel del mar hasta 1.800 m.s.n.m., crece bien en suelos de alta fertilidad, es resistente a la sequía debido a la facilidad que tiene de desplegar un amplio sistema radicular y por lo que se le conoce como pasto siempre verde. Cuando el pasto alcanza de 80 a 100 centímetros de altura o antes de iniciar la floración, se considera a época más adecuada para el pastoreo porque en estas condiciones presenta hasta un 60% de digestibilidad. El pasto muy maduro es poco gustoso y ello disminuye considerablemente el consumo por animal. Para una mayor persistencia y eficacia en su utilización se recomienda pastoreo en rotación, con un periodo de ocupación por potrero no mayor de 6 días y teniendo como descanso de 35 a 45 días, en épocas de buena humedad. En el verano y cuando no hay riego disponible, se deben aumentar los periodos de descanso para que el tiempo de recuperación sea mayor. Esta gramínea bajo condiciones naturales y en suelos relativamente fértiles, puede producir de 12 a 15 toneladas de forraje seco por hectárea/año (aproximadamente de 60 a 75 toneladas por hectárea/año de forraje verde). Con cortes cada 7 a 9 semanas y aplicando úrea en cantidad de 50 Kg/ha/año se han alcanzado rendimientos de 30 a 40 toneladas/ha/año de forraje seco (aproximadamente de 150 a 200 toneladas/ha/año de

forraje verde). El pastoreo continuo y bajo condiciones naturales, puede mantenerse de 2 a 2,5 animales por hectárea. Aplicando úrea, riego y rotación de potreros su capacidad de carga puede aumentare de 5 a animales por hectárea. (p.324, 325, 326)

Por otro lado, en el Catálogo de Biodiversidad de Colombia (2015) se clasifica al pasto *Megathyrus maximus* como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de Megathyrus maximus, Jacq.

Clasificación taxonómica de Megathyrus maximus, Jacq.	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Megathyrus
Especie	Maximus

Fuente: Catálogo de biodiversidad de Colombia (2015).

3.2. Antecedentes de la investigación

3.2.1. Antecedentes internacionales

Dentro de las investigaciones que se destacan a nivel nacional y que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de este trabajo, se encuentra el estudio realizado en Costa Rica por Rodríguez (2009), con la finalidad de evaluar el efecto de diferentes edades y alturas de corte sobre el rendimiento y valor nutricional del forraje producido por el pasto *Megathyrus maximus, Jacq.* cv. Mombasa. Se evaluaron seis edades de rebrote (10, 20, 30, 40, 50 y 60 días) y dos alturas de corte o pastoreo (20 y 40 cm). Se encontró significativos de la edad de rebrote ($P = 0,05$), sobre la producción de MS. Los valores obtenidos para rendimiento de MS denotaron un incremento típico conforme avanza en edad (1218, 2629, 3815, 7242, 9104 y 10352 kg MS ha⁻¹, a edades de

10, 20, 30, 40, 50, 60 días, respectivamente). Con respecto al valor nutricional, conforme avanzó la edad de *P. maximum* el contenido de PC se redujo al igual que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Los resultados presentan una típica disminución a medida que el pasto madura (10,5; 11; 10; 9; 8; y 6,55 % de PC y 68,5; 67,0 ; 66,5; 64,0; 64,0 y 62,5 % DIVMS a edades de 10, 20, 30, 40, 50, 60 días, respectivamente). Bajo las condiciones que se desarrolló el presente trabajo se concluyó que conforme avanza la edad de pasto *Panicum maximum*, Jacq. cv Mombasa, el rendimiento de materia seca aumenta, pero su valor nutricional (PC y DIVMS) disminuye, y el pastoreo a 20 o 40 cm de altura, tiene efecto significativo sobre el rendimiento de MS y valor nutricional.

En otra investigación realizada en Santo Domingo, evaluando el cultivar Saboya a diferentes edades y alturas de corte, los resultados obtenidos mostraron que los niveles más altos de proteína (12,9%) estuvieron presentes en los tratamientos de una altura de corte del residuo de 20 cm con 20 días de descanso. Estos niveles tienden a disminuir hasta el día 50 con una media de 7,49%, mientras que la producción de materia seca va en aumento según la edad del pasto, obteniendo a los 60 días con alturas de corte de residuo de 20 y 40 cm valores medios de 7,2 t ha⁻¹ y 6,6 t ha⁻¹ respectivamente (Peñaherrera, 2015, p. xii).

Martínez (2001), en Honduras, evaluó la respuesta de los cultivares Tobiata y Tanzania a seis niveles de fertilización (0, 70, 140, 210, 280 y 350 kg N/ha/año). Se muestreó cada 28 días para determinar la producción de materia seca (MS) y el contenido de proteína cruda (PC) en cada tratamiento. El efecto del fertilizante en producción de MS fue significativo ($p < 0,05$) para los dos cultivares siendo superior el cv Tobiata ($p = 0,001$) con una producción promedio de 1.99 t MS/ha/corte. El mejor nivel de fertilización para los dos cultivares fue de 350 kgN/ha/año ($p < 0,05$). En proteína cruda también fue superior el cv Tobiata ($p < 0,05$) con un contenido promedio de 12.6% de PC, siendo el mejor tratamiento el de 350 kg N ($p < 0,05$). No se encontró diferencia en el contenido de PC en el cv Tanzania a los distintos niveles de fertilización ($p < 0,05$). La respuesta a la fertilización fue afectada por la deficiencia de humedad durante el experimento debido a la distribución atípica de la precipitación.

En Brasil Gómez, et al. (2015) evaluaron la estabilidad genotípica de las características agronómicas de híbridos de *Panicum maximum*, Jacq. Los caracteres evaluados fueron total de materia seca producida, producción de materia seca en hoja y tallos, porcentaje de hojas, y la relación hoja: tallo. Estos rasgos se evaluaron en seis cosechas. En general, se observó una mayor capacidad de repetición de los rasgos de la materia seca total y la materia seca de la hoja, especialmente cuando las cosechas 4, 5, y 6, que se producen en primavera y verano, se evaluaron. La materia seca en hojas fue la característica que proporcionó la mayor capacidad de repetición y determinación. La repetibilidad de la materia seca del tallo, porcentaje de hojas, y la relación hoja: tallo tuvo una magnitud baja, incluso cuando se estimó el coeficiente en función de las cosechas de mejor estabilización de las otras variables. Los híbridos consiguen la estabilización genotípica en las cosechas realizadas en la segunda temporada de lluvias.

Izurieta (2015) evaluó el efecto de cuatro frecuencias de corte (28, 42, 56 y 70 días) en la producción de forraje y valor nutritivo de pasto Saboya durante el periodo de secano en Quevedo. La producción forrajera mostró diferencias significativas ($p \leq 0,05$), con un comportamiento lineal, a medida que la frecuencia de corte disminuye, el rendimiento forrajero aumenta. El tratamiento T4 con frecuencia de 70 días obtuvo la mayor producción forrajera (3953.2 kg MS/ha), más del doble de rendimiento obtenido por las parcelas del tratamiento T1 de 28 días (1578.2 kg MS/ha). La altura de plantas y el porcentaje de proteína cruda se vieron afectadas por la aplicación de los tratamientos, mostrando diferencias significativas ($p \leq 0,05$). Las alturas aumentaban a medida que las frecuencias disminuyen. Por otra parte, el porcentaje de PC disminuye con frecuencias de corte menores. La información obtenida en este trabajo sugiere que frecuencias menores de cosecha de las pasturas permiten obtener mayores rendimientos forrajeros, sin embargo, los niveles de PC son inferiores a 9%.

3.2.2. Antecedentes nacionales

Ruíz, et al. (2015) evaluaron la adaptación y producción del *Panicum maximum* cv Massai en la región del Bordo (Cauca, Colombia). Una vez establecida la pradera, se tomaron muestras y se midieron variables, lo que se llevó a cabo en tres etapas: a los treinta, a los sesenta y a los noventa días. Las variables que se midieron fueron producción por metro cuadrado,

producción por hectárea, producción por año, altura de la planta y largo de la raíz. Por último, se tomaron muestras de forraje para realizar un análisis de la calidad nutricional, con el fin de poder evaluar el contenido de nutrientes en cada una de las edades y observar cuál es su tendencia. Productivamente, el pasto mostró congruencia con los datos reportados previamente, calculando una producción de materia seca por año de 24,16 t. Así mismo, el contenido nutricional del pasto también mostró congruencia en algunos datos como la materia seca al día 30, con un contenido de 22,8%. La altura tuvo un promedio de 74,50 cm al día 90, coincidiendo con el rango de altura reportado para *Panicum maximum* cv, Massai, mientras que la proteína cruda fue el valor que más se alejó de lo reportado, puesto que el más cercano fue de 11,8 para el día 90. En conclusión, el pasto mostró buen comportamiento, desarrollo y resistencia a las condiciones del trópico bajo colombiano.

3.2.3. Antecedentes regionales

Navarro y Villamizar (2012) estudiaron tres frecuencias de corte: 25 días, 35 días y 45 días; los factores (f) estudiados fueron: f1 (luminosidad: sol y sombra natural); f2 (frecuencias de corte: 25 días, 35 días y 45 días); siendo el objetivo de este trabajo el de comparar tres frecuencias de corte una altura de 30 cm en pasto guinea Mombasa (*Panicum maximum*, Jacq), bajo sol y sombra natural influenciada por el dosel del árbol de Campano (*Pithecellobium saman*), en la subregión sabanas de Sucre, utilizando semillas certificadas. La mayor luminosidad tuvo influencia ($p < 0,050$) sobre la altura de planta; y de manera significativa sobre las variables número de macollas por planta, el número de tallos verdes/planta, el perímetro de la planta, el diámetro de la planta, la producción de fitomasa verde (aforo) y la materia seca, e influyó el IAF y al número de tallos secos por planta, pero no fue relevante sobre las variables largo de la hoja, ancho de la hoja, ni sobre el número de hojas por planta.

Otra importante investigación realizada a nivel regional y específicamente en la Universidad de Sucre fue la elaborada por Herazo y Morelo (2008) en el municipio sucreño de Sincé. En esta investigación se evaluó la respuesta del pasto Guinea (*Panicum maximum*, Jacq.) a diferentes tipos de fertilización, donde se plantearon cinco tratamientos denominados Testigo (To) = a tratamiento testigo, DAP+UREA (T1)= aplicación de fertilizantes minerales (DAP +

Urea), D+U+L (T2) = aplicación de fertilizante mineral más abono orgánico (DAP + Urea + Lombricompost), Lombricompost (T3) = la administración de abono orgánico sólido (Lombricompost) sobre el área de estudio, Bioabono (T4) = aplicación de un bioabono (la bovinaza); evaluados sobre las siguientes variables del cultivo: Altura de plantas, área foliar, relación hoja/tallo, número de rebrotes, producción de materia seca, calidad nutricional; una vez recolectada toda la información de campo, se realizó el análisis estadístico en diseño de bloques al azar, se obtuvo diferencias significativas en dos de las variables evaluadas, número de rebrotes y rendimiento del forraje verde; revelando ser las variables con mayor sensibilidad a la fertilización orgánica y/o mineral. Al finalizar la investigación se concluyó que a pesar de los rendimientos alcanzados con la aplicación de los fertilizantes, la calidad del pasto Guinea Mombasa, con edad de corte de 30 días (edad seleccionada por los investigadores), se clasifica como un pasto bajo tanto en digestibilidad como en valor nutricional, bajo las condiciones evaluadas.

4. METODOLOGÍA

Experimento 1. Comportamiento morfológico del cultivar Tanzania del pasto Guinea, cosechado a 40 cm de altura y a frecuencias de 25, 35 y 45 días de corte en condiciones de incidencia directa de luz solar y 40% de incidencia de sombra natural proveniente del dosel de Campano (*Pithecellobium saman*), en la subregión Sabanas del departamento de Sucre.

Para la realización de este trabajo fueron utilizados datos morfológicos del pasto Guinea cv Tanzania tomados de una fase ya ejecutada en la Granja los Pericos de la Universidad de Sucre, ubicada en el municipio de Sampedra - Sucre, a 9° 15' de latitud norte y 71° 22' 54" de longitud oeste, a una altura de 202 m.s.n.m, zona perteneciente al bosque seco tropical (Holdridge, 1967) y cuyas medias de temperatura, precipitación y humedad son de 27°C, 1200 mm anuales y 75%, respectivamente; los suelos son de textura francoarenosa, poco profundos en la parte alta y en la parte más baja se encuentran suelos francoarcillosos.

El experimento que dio origen a los datos analizados (5.636 datos) fue conducido bajo un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo de parcelas subdivididas con tres (3) repeticiones, en donde las parcelas principales fueron la luminosidad (sol y sombra natural) y las sub-parcelas las frecuencias de corte. Para efectos de la realización de la fase de investigación previa en la cual se tomaron los datos para cada variable, la siembra del cultivar Tanzania del pasto Guinea fue realizada en el mes de marzo del año 2010, durante la época de sequía, en campo abierto con incidencia directa del sol y en sombra natural (40%) proveniente del dosel de árboles de Campano (*Pithecellobium saman*) presentes en el área experimental. El experimento se llevó a cabo bajo condiciones ambientales de praderas de temporal. La siembra fue realizada en bolsas de 0.5 kg, llenadas con suelo extraído del área de estudio, esta fue hecha con semillas comerciales de Guinea Tanzania, debidamente certificadas por el ICA, en sitios previamente hoyados. Las plántulas nacidas, en proceso inicial de crecimiento, se sembraron en el terreno seleccionado para el experimento, distanciados en cuadros de 50 cm entre plantas. Para favorecer el desarrollo de las plántulas y mantener la capacidad de campo, durante los periodos más secos se aplicó riego. El área experimental de parcelas fue de 500 m². Los cortes del pasto, según la frecuencia y altura de corte, se realizaron utilizando una hoz.

Para la determinación de las características morfológicas del cultivar Tanzania se definió la altura de corte de 40 cm, a la cual se realizaron cortes cada cuatro meses y en donde cada corte fue sumado a los demás, y se evaluaron tres frecuencias de corte (25, 35 y 45 días), realizando mediciones y conteos semanales para cada caso o variable según correspondiera, los cuales fueron realizados en plantas escogidas al azar arrojando un total de 5.636 datos, los cuales fueron organizados y agrupados según la frecuencia de corte (tratamiento) utilizada en cada variable estudiada en su respectivo bloque y condiciones de luminosidad (sol y sombra). Luego de esta agrupación se procedió a la organización de la información y al cálculo de los valores medios para cada tratamiento a través de la hoja de cálculo de Excel.

Las variables morfológicas consideradas correspondieron a la altura de la planta, altura del rebrote, largo de la hoja, ancho de la hoja, número de hojas por planta, número de macollas/planta, perímetro de la macolla, diámetro de la macolla, número de tallos verdes y número de tallos secos.

Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico InfoStat v.e (Di Renzo et al., 2011). Se consideraron en el modelo estadístico las fuentes de variación, los efectos principales de los factores, las diferentes interacciones entre los factores y los errores experimentales propios del diseño en parcelas subdivididas. La suma de cuadrados del factor frecuencia de corte se dividió, para estudiar los efectos polinomiales lineal y cuadrático, asignando un grado de libertad a cada uno de los contrastes, para examinar de manera secuencial la significancia de los términos lineal y cuadrático del modelo.

Experimento 2. Relación entre variables morfológicas y de calidad nutricional del pasto Guinea cv Tanzania y cv Mombasa sometidos a diferentes frecuencias de corte (25, 35 y 45 días), cortado a 40 cm de altura y manejados con incidencia directa de luz solar en la subregión Sabanas del departamento de Sucre.

El Experimento 2 contempló la relación entre características morfológicas y de calidad nutricional de los cultivares Tanzania y Mombasa del pasto Guinea cosechado a 40 cm de altura a una frecuencia de 25, 35 y 45 días de corte. Para ello se tomaron los datos referentes a las variables de la morfofisiología de los mismos cultivares de *Megathyrus maximus*, Jacq. estudiadas por Cuello (2014) para el caso del cultivar Mombasa y los datos de calidad nutricional del estudio realizado por Gómez (2014) en las mismas épocas y con los mismos cultivares. En este estudio sólo se trabajó con un nivel de luminosidad (incidencia directa de luz solar), en comparación con el estudio anterior en el cual se consideraron dos niveles de luminosidad (sol y sombra natural).

Al igual que en el Experimento 1, las variables morfológicas consideradas fueron: altura de la planta, altura del rebrote, largo de la hoja, ancho de la hoja, número de hojas por planta, número de macollas/planta, perímetro de la macolla, diámetro de la macolla, número de tallos verdes y número de tallos secos; mientras que las variables de calidad nutricional corresponden a contenidos de materia seca, proteína cruda, cenizas, fibra insoluble en detergente neutro, fibra insoluble en detergente ácido, hemicelulosa, extracto etéreo y fósforo inorgánico.

Para la determinación de la composición nutricional de las pasturas, como realizado por Gómez (2014), las muestras de pasto fueron secadas en una estufa de ventilación forzada a 60°C durante 48 horas, y posteriormente fueron molidas en molino tipo Thomas-Wiley con malla de 1mm, se colaron en recipientes plásticos para los posteriores análisis; los contenidos de materia seca, proteína bruta y cenizas fueron determinados siguiendo la metodología de la Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) (1995) y contenido de extracto etéreo (EE) según la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2003); la determinación de la fibra insoluble en detergente neutro (FDN) y la fibra insoluble en detergente ácido (FDA) se realizó siguiendo las indicaciones de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2000); para la determinación del fósforo inorgánico (Pi) se realizó una digestión abierta nítrico: perclórico con una relación 5:2 preparado para espectrofotometría, y las determinaciones de hemicelulosa, se realizaron siguiendo las recomendaciones descritas por Silva y Queiroz (2002).

Estos datos fueron agrupados y organizados en una planilla de Excel para su posterior análisis. Para estudiar el grado de asociación entre las características morfológicas y las variables de composición química nutricional de estos cultivares, se partió de una matriz de correlación de Pearson.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Comportamiento morfológico del cultivar Tanzania del pasto Guinea, cosechado a 40 cm de altura y a frecuencias de 25, 35 y 45 días de corte en condiciones de incidencia directa de luz solar y 40% de incidencia de sombra natural proveniente del dosel de Campano (*Pithecellobium saman*), en la subregión Sabanas del departamento de Sucre.

Los valores promedios de las variables morfológicas del pasto Tanzania correspondiente a cada frecuencia de corte en su respectiva condición de luminosidad se presentan en la Tabla 3. Para ninguna de las variables en estudio se observó interacción ($p>0,05$) entre los factores frecuencia de corte y luminosidad.

Tabla 2

Valores promedios de variables morfológicas del pasto Tanzania manejado en condiciones de sol y sombra a una altura (40 cm) y tres frecuencias de corte (25, 35 y 45 días)

VARIABLE	TRATAMIENTOS ¹						VALOR P				EE ⁶	
	SOL			SOMBRA			L ²	F ³	FRECUENCIA			LXF
	25	35	45	25	35	45			LIN ⁴	CUAD ⁵		
Altura de la planta (cm)	88,4	96,5	90	70,3	81,8	78,3	0,000	0,028	0,168	0,019	ns	3,311
Altura del rebrote (cm)	63,4	61,5	45	45,3	46,8	33,6	0,000	0,000	0,000	0,019	ns	3,288
Largo de la hoja (cm)	47,8	55,6	50,1	35,9	50,4	42,3	0,009	0,015	0,218	0,007	ns	3,451
Ancho de la hoja (cm)	2,4	2,4	2,4	1,6	2,1	2,2	0,012	0,227	0,124	0,441	ns	0,177
Número de hojas/planta	5,5	5,1	5,3	4,3	5,8	5,7	0,978	0,320	0,179	0,499	ns	0,450
Número de macollas/planta	26,6	28,1	27,3	10,8	15,6	16	0,000	0,036	0,028	0,145	ns	1,256
Perímetro de la macolla (cm)	40,2	39,9	36,5	23,3	29,3	34,2	0,002	0,545	0,303	0,72	ns	2,968
Diámetro de la macolla (cm)	11,9	11,5	10,9	6,9	8,3	8,7	0,000	0,700	0,546	0,562	ns	0,626
Número tallos verdes/planta	22,8	24	23,1	7,4	11,7	12,2	0,000	0,045	0,036	0,148	ns	1,109
Número tallos secos/por planta	3,8	4,1	4,2	3,9	4	4,1	0,919	0,742	0,466	0,822	ns	0,478

Fuente. Elaboración propia

¹25, 35 y 45 días: Frecuencias de corte; ²L: Luminosidad (sol y sombra); ³F: Frecuencia de corte; ⁴FREC: Frecuencia de corte; ⁵Lin: Frecuencia lineal; ⁶Cuad: Frecuencia cuadrática; ⁷EE: Error estándar; L×F: Interacción entre luminosidad y frecuencia, y ns: no significativo ($p>0,05$)

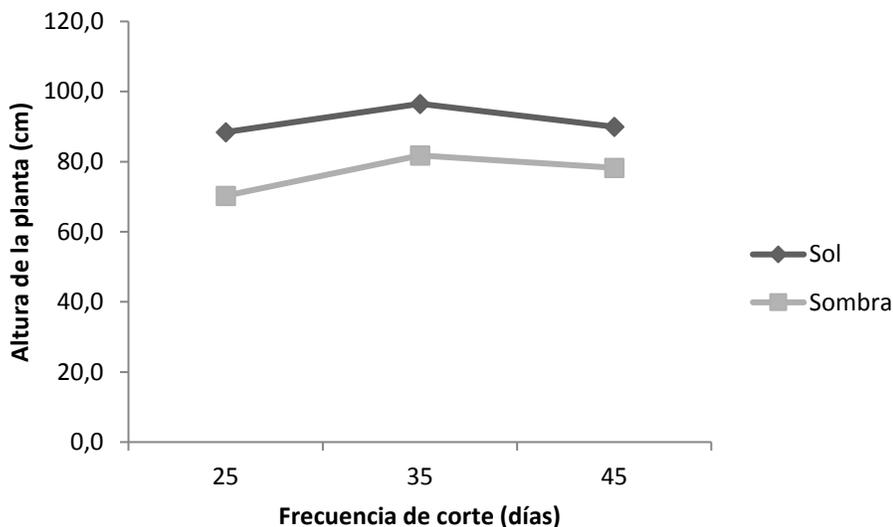
Altura de la planta

La mayor altura de la planta ($p<0,001$) se observó en los pastos sometidos a la mayor intensidad lumínica, con medias de 91,6 y 76,8 cm, para los tratamientos sol y sombra, respectivamente, siendo el valor en sombra inferior en un 16,2% en relación al de sol. Además, se observó que la altura de la planta fue influenciada por las frecuencias de corte, mostrando un efecto cuadrático ($p=0,019$), en el cual la mayor altura de la planta se observó a los 35 días de corte y la menor a los 25 días, en ambos tratamientos (Figura 1). Este comportamiento se puede comparar al observado por Peralta, Carrillo, Hernández y Porfirio (2007) quienes caracterizaron el desarrollo morfológico y productivo en etapa de producción de ocho gramíneas forrajeras tropicales y concluyeron que “conforme se amplía el período de rebrote, se incrementan la cobertura, la altura y el rendimiento de las mismas” (p.1).

Considerando lo sucedido en relación a la altura de la planta, la exposición directa del pasto Guinea cv Tanzania a condiciones de sol o sombra, hace que varíe su crecimiento, en concordancia a lo observado por Peralta et al. (2007), quienes observaron que la periodicidad de corte generó cambios en la altura de la planta.

De otra parte, Navarro y Villamizar (2012) quienes evaluaron, en estudio paralelo, los mismos factores estudiados en el presente estudio, pero con diferente altura de corte (30 cm) encontraron diferencias entre los dos niveles de luminosidad y entre las frecuencias de corte en relación a la altura de la planta.

Figura 1. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre la altura de la planta en el cv Tanzania



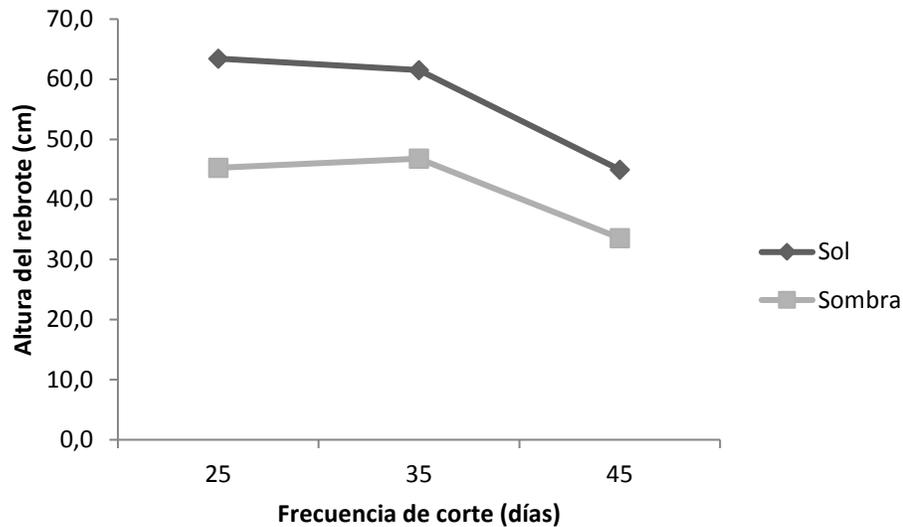
Fuente: Elaboración propia

Observando la Figura 1, se puede apreciar que el efecto cuadrático de esta variable se explica porque presentó un incremento en el día 35 pero cuando la frecuencia de corte aumentó a 45 días la altura de la planta disminuyó, aunque de manera menos notoria para condiciones de sombra. En condiciones de sol, la altura de la planta a los 35 días de corte fue superior en 8,4% y 6,8% en relación a los valores obtenidos a los 25 y 45 días respectivamente, mientras que en sombra fue de 14,1% y 4,3%, respectivamente.

Altura del rebrote

La mayor altura del rebrote se observó en el pasto manejado en condiciones de sol (56,6 cm) en comparación al de sombra (41,9 cm), observándose un efecto significativo ($p < 0,001$) de la luminosidad, con una diferencia de 26,1% entre los mismos; en donde, a la vez, se destaca el efecto lineal ($p < 0,001$) de las frecuencias de corte sobre la altura del rebrote. La menor ($p < 0,001$) altura del rebrote se observó a los 45 días de corte y la mayor a los 25 días, en condiciones de sol y a los 35 días en sombra, como se observa en la figura 2.

Figura 2. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre la altura del rebrote en el cv Tanzania



Fuente. Elaboración propia

Tanto bajo condiciones de sol como de sombra se presentó una caída considerable en la altura del rebrote a los 45 días. Este comportamiento se puede explicar según lo mencionado por Beguet y Bavera (2001), quienes indican que:

Uno de los aspectos más importantes de la producción de una forrajera es la capacidad de la planta para producir el rebrote y la velocidad con que el mismo ocurre; es así como en gramíneas en estado vegetativo, donde los meristemas de crecimiento permanecen al nivel del suelo y fuera del alcance del pastoreo, el rebrote no es afectado y se produce rápidamente a partir de los centros meristemáticos que no han dejado de formar hojas o nuevos macollos; además, la posición y el número de meristemas de crecimiento no son los únicos factores que afectan el rebrote. También influyen la cantidad de material fotosintético remanente y las reservas de carbohidratos de la base de los tallos y coronas. De este modo, la velocidad de recuperación de plantas forrajeras pastoreadas o cortadas está influenciada por los productos energéticos almacenados, los cuales son convertidos rápidamente para la respiración y los procesos de crecimiento. (p.3)

De otra parte, Navarro y Vásquez (1997) indican que los sitios de almacenamiento de los carbohidratos de reserva son la base de los tallos y los rizomas; el rebrote utiliza inicialmente estas reservas hasta que la planta forma suficiente área foliar, la cual acelera el crecimiento a través del proceso activo de fotosíntesis. Por tanto, los niveles de carbohidratos no estructurales se reducen después de la defoliación y se recuperan entre los 8 y 30 días post defoliación (Becerra y Abendaño, 1992).

Otra posible manera de explicar lo sucedido en relación a la altura de rebrote es a partir de las afirmaciones de Sánchez (2007), quien afirma que:

Cuando la planta es pastoreada o cosechada pierde las hojas en forma parcial o total y a partir de ese momento sobrevive gracias a la energía que le aportan las reservas de carbohidratos solubles en agua de las partes remanentes de la planta. Esas reservas las usa para producir rebrotes y así recobrar su capacidad de fotosintetizar y producir follaje nuevamente. Durante este período de defoliación las raíces detienen su crecimiento y la duración del mismo puede ser de varios días e incluso semanas, dependiendo de la especie forrajera y de cuán severa hubiera sido la pérdida de las hojas. Cuando la planta se recupera y aparecen los primeros rebrotes es el momento en que el forraje recobra su capacidad de fotosintetizar y de acumular nuevamente carbohidratos solubles, lo que constituye una señal para que las raíces reanuden su crecimiento. (sección 1)

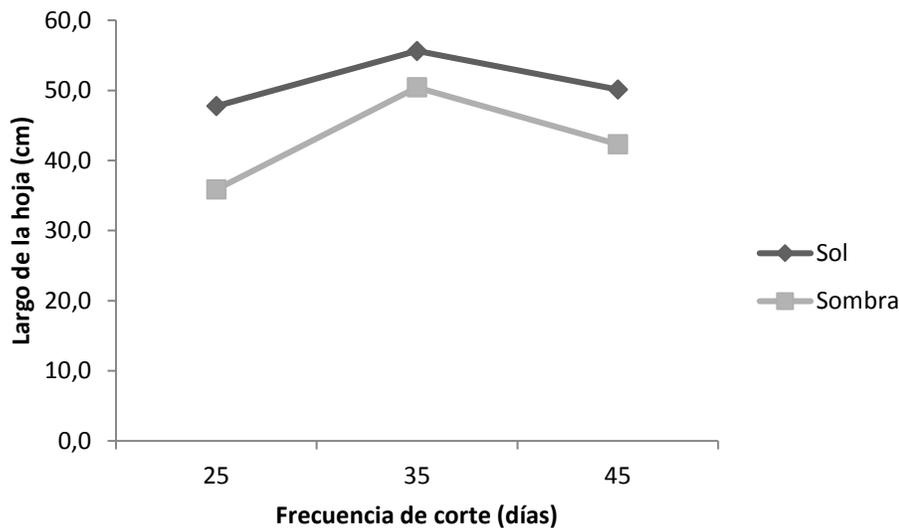
Teniendo en cuenta la frecuencia en la cual se obtuvo la mayor altura del rebrote, en el caso de los pastos en condiciones de sol, la altura del rebrote en las frecuencias de corte 35 y 45 días se diferencia en 3 y 29,1%, respectivamente, con relación a los 25 días de corte, mientras los manejados en sombra difieren en 3,2 y 28,2% a los 25 y 45 días, respectivamente, a los 35 días de corte.

Navarro y Villamizar (2012) encontraron diferencias para la altura del rebrote entre las medias observadas en los dos niveles de luminosidad, coincidiendo a lo observado en el presente estudio. La altura de rebrote difirió ($p < 0,050$) entre los niveles 25 y 45 días de corte.

Largo de la hoja

El mayor largo de la hoja se observó en los pastos manejados bajo condiciones de sol (51,2 cm) en comparación a los de sombra (42,9 cm), lo cual evidenció el efecto significativo ($p=0,009$) de la luminosidad (sol y sombra), encontrándose una diferencia de 16,2% en el largo de la hoja entre las condiciones de sombra y sol. La frecuencia de corte influenció de manera cuadrática ($p=0,007$) la longitud de las hojas; en ambos casos (sol y sombra), la mayor longitud de la hoja se observó en el corte realizado cada 35 días y el menor a los 25 días (Figura 3).

Figura 3. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el largo de la hoja en el cv Tanzania



Fuente: Elaboración propia

El efecto cuadrático ($p=0,007$) de la frecuencia de corte sobre la longitud de las hojas se explica por su aumento a los 35 días y su posterior caída hasta el día 45 de corte.

Teniendo en cuenta la frecuencia en la cual se obtuvo el mayor valor para el largo de la hoja, en los tratamientos en sol, esta difiere en 14,2 y 9,9% a los 25 y 45 días, respectivamente, en comparación a los 35 días de corte; mientras que en el caso de los tratamientos en sombra,

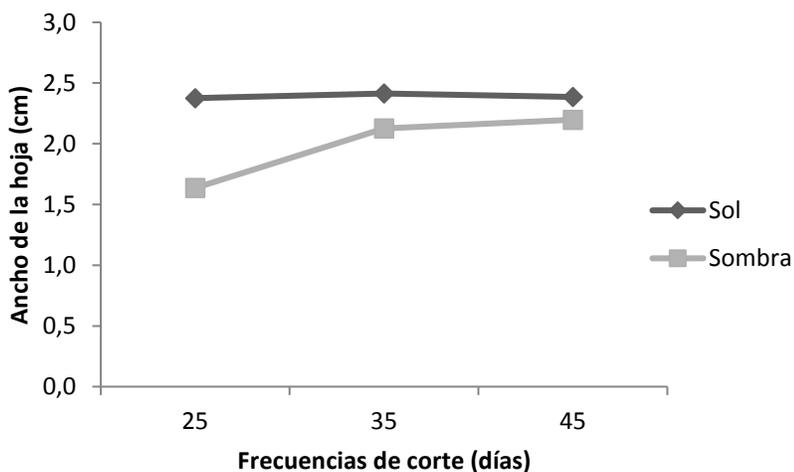
esta diferencia es de 28,9% y 16,1% teniendo en cuenta las mismas frecuencias de corte, siendo notoria la mayor longitud de la hoja en las plantas manejadas en condiciones de sol.

Ancho de la hoja

El mayor valor para el ancho de la hoja se observó en los pastos manejados en condiciones de sol en comparación a los de sombra, con medias entre 2,4 y 2,0 cm respectivamente, observándose que existe un efecto significativo de la luminosidad ($p=0,012$) sobre esta variable, y una diferencia de 16,9% en los mismos si se compara el ancho de la hoja en los tratamientos en sombra con los valores obtenidos en los tratamientos en sol. Por el contrario, no se encontró diferencia significativa ($p=0,227$) entre las frecuencias de corte estudiadas para esta variable, como se aprecia en la Figura 4.

Navarro y Villamizar (2012) encontraron que el ancho de la hoja difirió entre los dos tipos de luminosidad, sin embargo, no se observó efecto de la frecuencia de corte, concordando con los resultados del presente estudio.

Figura 4. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el ancho de la hoja en el cv Tanzania

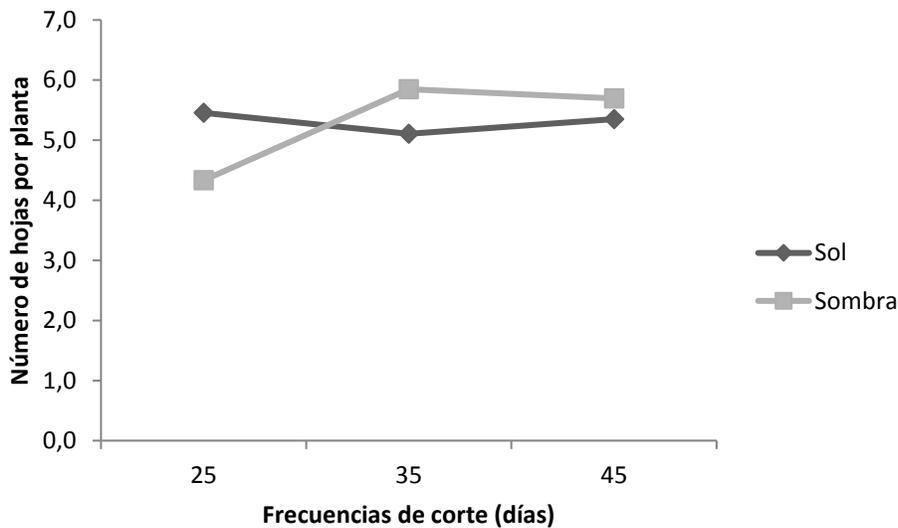


Fuente: Elaboración propia

Número de hojas por planta

El número de hojas por planta no fue influenciado significativamente por el nivel de luminosidad ($p=0,978$) así como tampoco por las frecuencias de corte ($p=0,320$) utilizadas (Figura 5), a pesar de lo planteado por Cuesta (2005) quien plantea que “la mayoría de las plantas forrajeras en su fase vegetativa poseen mayor proporción de hojas, la cual se reduce al avanzar la fase de madurez de los tejidos, pues se incrementa la proporción de tallos y hojas secas, lo que reduce su valor nutritivo” (p.10); y por Chacón y Sarmiento (1995) quienes estudiaron la dinámica del crecimiento y producción primaria de *Panicum maximum* ante diferentes frecuencias de corte (0, 30 y 60 días), observando que la producción de hojas fue mayor luego del segundo corte, lo que indica que, posiblemente, después de varios cortes aumente la producción de hojas. Navarro y Villamizar (2012) tampoco observaron efectos de la luminosidad ni de la frecuencia de corte sobre el número de hojas por planta.

Figura 5. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el número de hojas por planta en el cv Tanzania

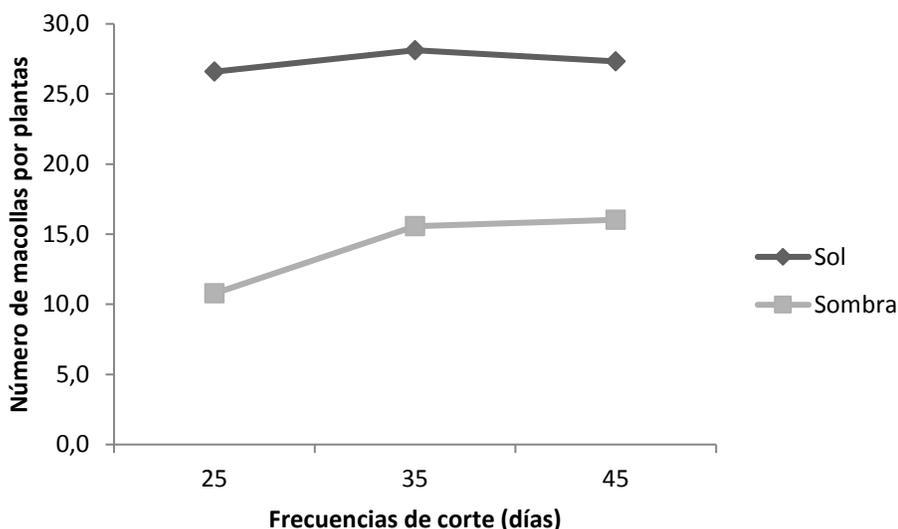


Fuente: Elaboración propia

Número de macollas por planta

El mayor número de macollas por planta se observó en los pastos en los tratamientos en condiciones de sol (27,3 macollas) en comparación a los de sombra (14,1 macollas), encontrándose un efecto significativo ($p < 0,001$) del factor luminosidad (sol y sombra) y una considerable diferencia (48,4%) entre el número de macollas en los tratamientos en sombra en relación a los tratamientos en condiciones de sol. Además se presentó un efecto lineal ($p = 0,028$) de las frecuencias de corte evaluadas sobre el número de macollas por planta (Figura 6).

Figura 6. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el número de macollas por planta en el cv Tanzania



Fuente: Elaboración propia

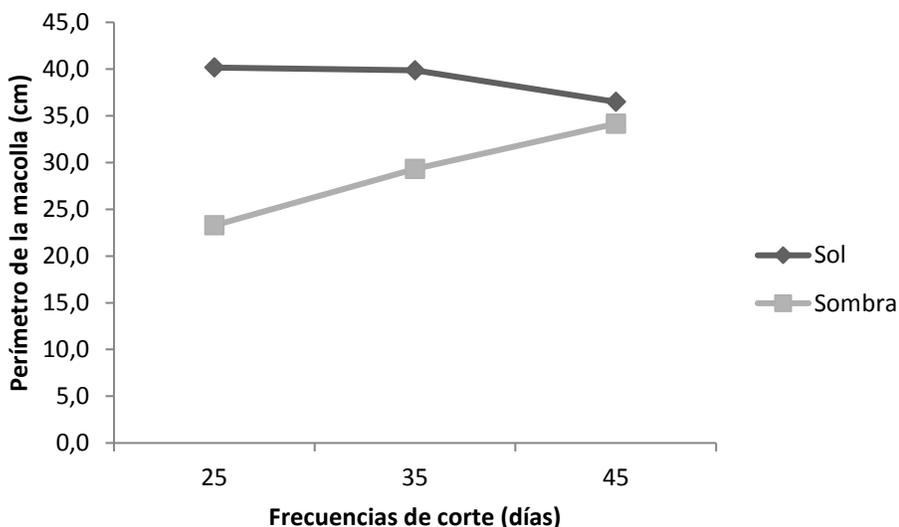
En el caso de los tratamientos en condiciones de sol, el mayor número de macollas por planta se encontró a los 35 días de corte, diferenciándose de 25 y 45 días en 5,4 y 2,8%, respectivamente; mientras que para los tratamientos en condiciones de sombra, fue a los 45 días de corte, con una diferencia de 32,8 y 2,9% respectivamente en cuanto a 25 y 35 días de corte se refiere; para ambos tratamientos, el menor número de macollas se presentó a los 25 días de corte.

La importancia de esta variable morfológica radica en el hecho de que “cada macollo individual puede considerarse como una unidad morfológica a partir de la cual se originan nuevas hojas, macollos y raíces” (Beguet y Bavera, 2001, p.1), con lo cual se aumenta la producción de forraje verde de la pastura, en la medida que se presenta mayor número de macollas por planta.

Perímetro de la macolla

El mayor perímetro de la macolla se observó en los pastos en los tratamientos bajo condiciones de sol en comparación a los de sombra, con medias de 38,8 y 28,9 cm respectivamente, observándose que existe un efecto significativo entre los niveles de luminosidad ($p=0,002$) y una diferencia de 25,5% en el perímetro de la macolla en condiciones de sombra con relación a la observada para sol. Por el contrario, no se encontró diferencia significativa ($p=0,545$) entre las frecuencias de corte estudiadas (Figura 7).

Figura 7. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el perímetro de la macolla en el cv Tanzania

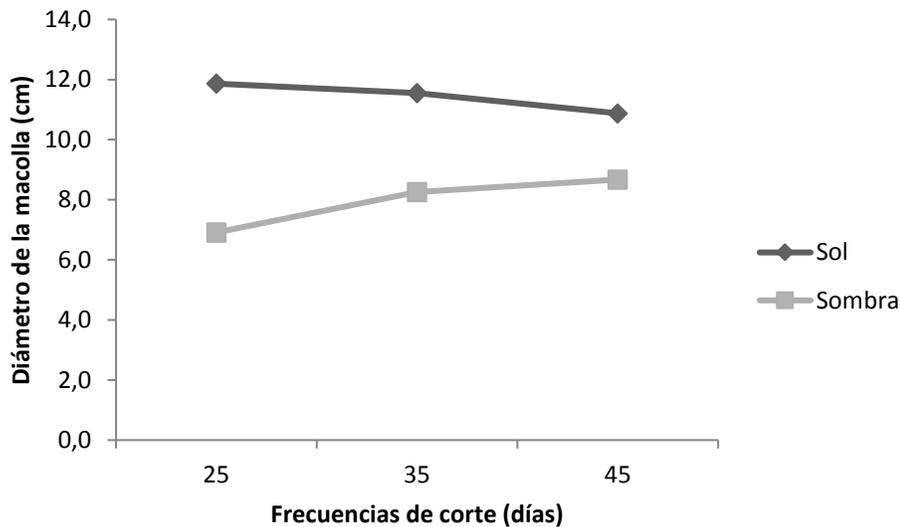


Fuente: Elaboración propia

Diámetro de la macolla

El mayor valor para el diámetro de la macolla se observó en los pastos en los tratamientos en condiciones de sol, en comparación a los de sombra, con medias entre 11,4 y 7,9 cm respectivamente, lo cual evidencia que existe un efecto significativo entre los niveles de luminosidad ($p < 0,001$) en donde los valores de diámetro de la macolla en sombra difieren en 30,5% a los de sol. Por otra parte, no se encontró diferencia significativa ($p = 0,700$) entre las frecuencias de corte estudiadas (Figura 8).

Figura 8. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el diámetro de la macolla en el cv Tanzania



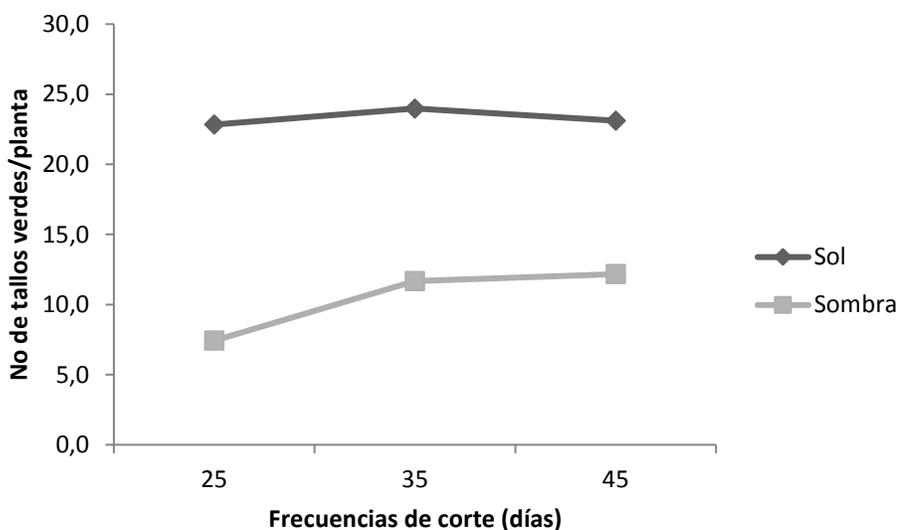
Fuente: Elaboración propia

Número tallos verdes por planta

El mayor número de tallos verdes por planta se observó en los pastos en los tratamientos bajo sol (23,3) en comparación a los de sombra (10,4), lo que refleja un efecto significativo ($p < 0,001$) del factor luminosidad, encontrándose una diferencia entre los mismos de 55,3% con relación al número de tallos verdes por planta observados en condiciones de sombra y de sol,

además, existió un efecto lineal ($p=0,036$) de las frecuencias de corte estudiadas sobre el número de tallos verdes por planta (Figura 9). El comportamiento de la planta cortada a 30 cm (Navarro y Villamizar, 2012) en relación al número de tallos verdes por planta fue diferente al observado en el presente estudio, ya que a 30 cm de altura de corte, el aumento en los intervalos de corte evaluados incidieron negativamente sobre esta variable, contrario a lo observado en el presente estudio (corte a 40 cm).

Figura 9. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el número de tallos verdes por planta en el cv Tanzania



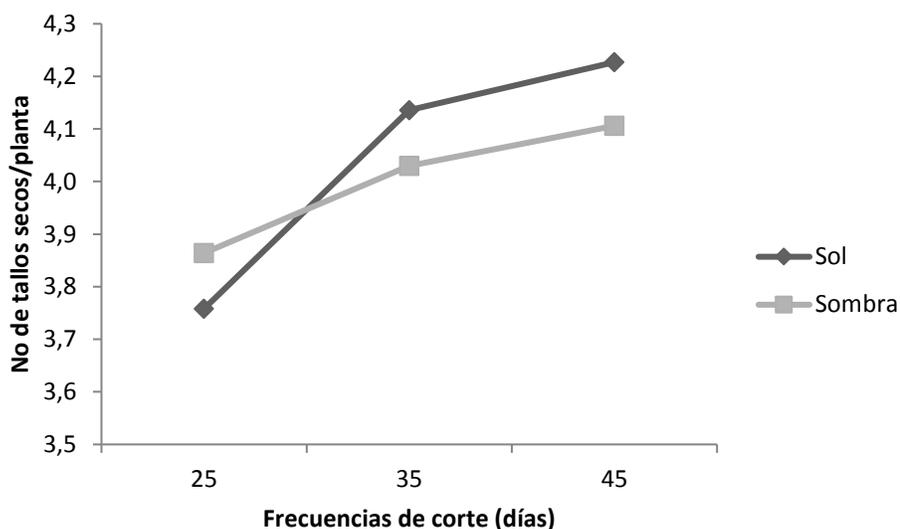
Fuente: Elaboración propia

En los tratamientos bajo condiciones sol, el mayor número de tallos verdes se observó a los 35 días de corte, con una diferencia de 4,8% con respecto al valor obtenido a los 25 días y de 3,7% al de 45 días; mientras que en los tratamientos en sombra, el mayor número de tallos verdes fue obtenido a los 45 días, diferenciándose de 25 y 35 días en 39,0% y 4,0%, respectivamente. Para ambos casos, el menor número de tallos verdes se obtuvo a los 25 días de corte.

Número de tallos secos por planta

No se encontró efecto significativo de la luminosidad ($p=0,919$) ni de la frecuencia de corte ($p=0,742$) sobre el número de tallos secos por planta.

Figura 10. Influencia de la luminosidad y frecuencias de corte sobre el número de tallos secos por planta en el cv Tanzania



Fuente: Elaboración propia

El efecto del factor luminosidad ($p<0,050$) sobre las variables altura de la planta ($p<0,001$), altura del rebrote ($p<0,001$), largo de la hoja ($p=0,009$), ancho de la hoja ($p=0,012$), número de macollas por planta ($p<0,001$), perímetro de la macolla ($p=0,002$), diámetro de la macolla ($p<0,001$) y número de tallos verdes ($p<0,001$), se puede explicar, según Del Pozo (2004), quien afirma que:

Debido al efecto de la radiación solar, que es un elemento climático que se encuentra estrechamente relacionado con procesos fisiológicos fundamentales vinculados con el crecimiento y los cambios morfológicos que experimentan los pastos y forrajes a través de su desarrollo. En los pastos, la conversión de energía solar en biomasa es variable y depende de las vías metabólicas a través de las cuales se efectúa la fotosíntesis, por lo que

la tasa fotosintética es una función de la energía disponible. La radiación solar también ejerce influencia en otros procesos metabólicos de la planta que inciden sobre su composición química, tanto por cambios en la intensidad como en la calidad de la luz; de esta manera, el aumento en la intensidad de la luz favorece los procesos de síntesis y acumulación de carbohidratos solubles en la planta, mostrando un comportamiento inverso con el resto de los constituyentes solubles y estructurales, siempre que otros factores no sean limitantes; además, los pastos poseen características fisiológicas y morfológicas propias que le brindan adaptación específica para su crecimiento y calidad. Sin embargo, las gramíneas experimentan modificaciones morfológicas que inciden sobre el rendimiento y la composición química cuando ocurren cambios en las condiciones climáticas, siendo la temperatura, la radiación solar (cantidad y calidad), las precipitaciones y su distribución, los componentes más determinantes en las condiciones tropicales. (p.2, 3, 4)

Todos los factores, que de una u otra forma inciden sobre el proceso fotosintético en la planta tendrán una incidencia sobre las características de la misma y por tanto sobre la productividad de la pastura. Dadas las condiciones experimentales de este trabajo, en relación a la variación en la luminosidad y, por tanto, en la interceptación de luz por parte de la planta, se puede centrar la explicación del efecto del factor luminosidad sobre lo que sucede a nivel de las hojas, en la planta. La hoja, a lo largo del proceso de ontogénesis, puede ser caracterizada como importadora neta de asimilados (drenajes) y exportadora neta (fuente). Las hojas jóvenes en crecimiento representan salidas fuertes de asimilados y de nutrientes, pues importan más de lo que exportan. Según Rodríguez et al. (2012) el desarrollo de una hoja se puede dividir en: a) fase de expansión foliar; b) fase de hoja madura, en la cual la capacidad fotosintética está completada, ocurriendo exportación neta de material orgánico, y c) la fase de senescencia, en la cual se movilizan componentes de la hoja a otras partes de la planta. (p.61-62), lo cual, considerando los resultados del presente estudio, puede explicar no solo lo sucedido estrictamente en relación al factor luminosidad, sino también a la frecuencia de defoliación, debido al fuerte efecto de este factor sobre la condición de desarrollo de la planta. En el presente estudio, la frecuencia de corte tuvo un efecto significativo sobre variables como altura de la planta ($p=0,028$), altura del rebrote ($p<0,001$), largo de la hoja ($p=0,015$), número de macollas/planta ($p=0,036$) y número de tallos

verdes/planta ($p=0,045$), lo que es coherente con la condición fisiológica específica de la planta. Por este motivo, en buena parte de las variables en estudio se evidencian cambios a partir del día 35, normalmente con una inflexión o caída luego de ese día de corte, aunque quizás más notoria en el caso de las plantas manejadas con luminosidad alta (sol), como era de esperarse. Considerando que el factor temperatura y el factor pluviosidad eran idénticos para todos los tratamientos, y que la frecuencia de corte y la interceptación de luz por parte de la planta fueron los factores controlados, la evidente variación en el filocrono (intervalo entre estados similares de desarrollo de la planta), en los diferentes tratamientos, fue función del tiempo de cosecha y de la luminosidad. Por tal motivo, las tasas de aparición y de crecimiento de las hojas constituyen los factores morfogénicos del rebrote que, bajo la acción de factores como luz, manipulada en este estudio, entre otros, determinan las características fundamentales del dosel de la pastura, como lo afirmado por Rodríguez et al. (2012). En el caso de sombra causado por arbóreas, como la provocada en este estudio por el campano, y considerando, además, que el suelo debajo del dosel del campano se conservó, las condiciones propias de este tipo de ambiente limitaron el desarrollo de la planta, básicamente expresado en todas aquellas variables indicadoras de desarrollo foliar. Es decir, que aunque probablemente, por las condiciones de mayor riqueza de nutrientes en el suelo del sombrío del árbol se podría esperar un mayor desarrollo de la planta, las condiciones de luminosidad insuficiente, comparada a la otra condición de luminosidad permanente, influenciaron negativamente la fotosíntesis, y por ende el desarrollo general de la planta, especialmente la parte aérea de la misma, que fue el foco del estudio. Mordélet & Menaut (1995) explicaron este fenómeno sobre la respuesta productiva, en términos de biomasa forrajera producida, la cual se ve afectada por la insuficiente luz para desarrollar la fotosíntesis. Para las variables estudiadas no se presentó interacción entre los factores luminosidad y frecuencia de corte, lo que permite inferir por separado sobre la magnitud de la influencia de cada uno de estos factores sobre el desarrollo de la planta. En este caso, la mayor influencia sobre el desarrollo de la planta y, por tanto, sobre sus características morfológicas la tuvo la luminosidad, o el grado de interceptación de luz por parte del sombrío (*Pithecellobium saman*), aunque, como lo indicaron Durr & Rangel (2000), las posibles interacciones que se presentan cuando se asocian gramíneas con arbóreas podrían ser varias y corresponder a varios factores, por lo que las interpretaciones en este tipo de estudios no son fáciles. El género *Megathyrsus maximus*, Jacq. es considerado de tolerancia intermedia a la sombra (Wong, 1991), es decir que posee mecanismos adaptativos que

le permiten prosperar bajo estas condiciones, sin embargo, el desarrollo de tallos y hojas, es menor al observado en condiciones de alta luminosidad o en ausencia de sombra, como ocurrió en el presente estudio.

A diferencia de la altura del rebrote, el menor desarrollo del pasto en las variables en las cuales hubo efecto significativo en los tratamientos (frecuencias de corte) se presentó a los 25 días de corte.

Experimento 2. Relación entre variables morfológicas y de calidad nutricional del pasto Guinea cv Tanzania y cv Mombasa sometidos a diferentes frecuencias de corte (25, 35 y 45 días), cortado a 40 cm de altura y manejados con incidencia directa de luz solar en la subregión Sabanas del departamento de Sucre.

En las tablas 3 y 4 se presentan las correlaciones significativas entre variables morfológicas y de composición nutricional de los cultivares de *Megathyrsus maximus* cv Tanzania y *Megathyrsus maximus* cv Mombasa, respectivamente. En el caso del cultivar Tanzania se encontró una relación inversa entre los componentes fibrosos (FDN y FDA) con las variables altura de rebrote, número de tallos verdes por macolla y diámetro de la macolla. Como la correlación es negativa, se confirma el grado de asociación alto que se presenta entre la composición química de la planta, en términos de carbohidratos estructurales y la morfología de la planta. La presencia de más hojas verdes, de rebrotes de mayor desarrollo y de mayor diámetro de la macolla, indicativo de desarrollo general de la planta, se relaciona con menor cantidad de componentes fibrosos. Relación contraria se observó en el caso del fósforo, el cual parece aumentar en proporción en la medida en que la planta madura. Otra asociación entre los dos grupos de variables es la que se presentó entre la concentración de extracto etéreo (EE) y el ancho y número de hojas por planta. Lo anterior significa que la grasa de la planta se reduce en la medida en que la misma madura.

A continuación se presentan las correlaciones obtenidas entre variables del cultivar Tanzania.

Tabla 3

Correlación entre variables morfológicas y de composición nutricional del cultivar Tanzania cosechado a una altura de 40 cm y tres frecuencias de corte (25, 35 y 45 días) con incidencia directa de luz solar

Variables morfológicas	Variables de composición nutricional, %	r	p-valor
Altura del rebrote (cm)	FDN	-0,69	0,039
Número de tallos verdes por planta	FDA	-0,67	0,046
Diámetro de la macolla (cm)	FDA	-0,74	0,022
Ancho de la hoja (cm)	EE	0,69	0,041
Número de hojas por planta	EE	0,74	0,023
Número macollas por planta	P	-0,78	0,013
Número tallos verdes por planta	P	-0,79	0,011

Fuente: Elaboración propia

¹FDN: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Ácido; EE: Extracto Etéreo; P: Fósforo.

²Coefficiente de correlación

En el caso del cultivar Mombasa la situación fue diferente en términos del grado de asociación entre los dos grupos de variables, ya que no aparece relación significativa entre la concentración de EE y las variables estudiadas. Se destaca que en el caso del P se mantienen las relaciones y que la concentración de ceniza también se correlaciona con las variables morfológicas. De igual manera, los componentes fibrosos de la planta muestran asociación significativa ($p < 0,050$) con el número de macollas, tallos verdes y secos por planta.

En la tabla 4 se presentan las correlaciones obtenidas entre variables del cultivar Mombasa.

Tabla 4

Correlación entre variables morfológicas y de composición nutricional del cultivar Mombasa a una altura de 40 cm y tres frecuencias de corte (25, 35 y 45 días) con incidencia directa de luz solar

Variabes morfológicas	Variabes de composición nutricional, %	r	p-valor
Número de macollas por planta	Cenizas	0,72	0,029
Número de tallos verdes	Cenizas	0,77	0,015
Diámetro de la macolla (cm)	Cenizas	0,74	0,022
Número macollas por planta	FDA	0,74	0,022
Número de tallos secos por planta	FDA	0,74	0,024
Número de tallos verdes por planta	FDA	0,69	0,041
Altura de la planta (cm)	P	-0,71	0,033
Altura del rebrote (cm)	P	-0,71	0,033
Número de tallos secos por planta	MS	-0,82	0,007

Fuente: Elaboración propia

¹ FDA: Fibra Detergente Ácido, P: Fósforo, MS: Materia seca. ²Coeficiente de correlación

Las correlaciones significativas indican que hay relación entre las características morfológicas de la planta y la composición de la misma. Poorter & Bergkotte (2012) confirman la relación que existe entre variables correspondientes a la composición química de la hoja en función de las tasas de crecimiento de las mismas. Factores que afecten el crecimiento de la planta podrán tener influencia sobre la composición química de la misma. Los autores explican que la síntesis de compuestos con carbono se relaciona con la tasa de crecimiento de la planta, por tanto la cantidad de productos sintetizados en la planta se verá afectada por los factores que influyen la tasa de crecimiento de la gramínea.

En la tabla 5 se muestran los datos de la composición nutricional de los cultivares Tanzania y Mombasa del pasto Guinea (*Megathyrus maximus*, Jacq.), cosechados a los 25, 35 y 45 días a una altura de 40 cm del estudio realizado por Gómez (2014).

Tabla 5

Datos de composición nutricional de los cultivares Tanzania y Mombasa del pasto Guinea (Megathyrsus maximus, Jacq.), cosechados a los 25, 35 y 45 días a una altura de 40 cm del estudio realizado por Gómez (2014)

PASTO	¹ R	² B	³ F.C (días)	⁴ A.C (cm)	⁵ %MS	⁶ %PB	⁷ %Cen	⁸ %FDN	⁹ %FDA	¹⁰ %He m	¹¹ %EE	¹² %P
Tanzania		1	45	40	23,62	11,35	10,86	74,30	41,31	32,99	1,64	0,17
	1	2	45	40	26,91	8,39	10,42	72,90	38,27	34,63	1,39	0,13
		3	45	40	22,33	8,67	11,67	76,51	42,50	34,01	2,69	0,16
		1	35	40	25,93	11,22	12,93	73,66	40,78	32,89	1,07	0,23
	2	2	35	40	28,46	10,66	12,11	68,47	34,96	33,51	1,50	0,16
		3	35	40	27,48	8,94	10,89	72,74	36,71	36,03	2,26	0,13
		1	25	40	20,75	10,06	12,13	66,67	38,92	27,75	1,67	0,18
	3	2	25	40	25,75	9,78	12,08	74,81	40,50	34,31	1,87	0,18
		3	25	40	20,75	11,40	12,01	67,11	39,17	27,94	2,12	0,20
Mombasa		1	45	40	21,93	3,29	10,95	82,91	41,90	41,00	1,74	0,11
	1	2	45	40	22,35	17,43	12,19	74,44	42,95	31,49	1,60	0,13
		3	45	40	18,63	8,16	13,04	72,99	44,36	28,63	1,98	0,22
		1	35	40	24,67	17,52	11,66	73,09	40,50	32,60	1,49	0,21
	2	2	35	40	22,47	13,07	12,66	76,66	42,58	34,08	1,65	0,21
		3	35	40	26,04	12,74	13,01	71,87	41,30	30,57	2,58	0,17
		1	25	40	22,00	10,75	12,49	78,02	44,76	33,25	1,60	0,21
	3	2	25	40	22,00	13,30	12,00	74,52	41,81	32,71	1,81	0,18
		3	25	40	20,75	8,94	15,56	79,07	46,83	32,24	1,74	0,22

Fuente: elaboración propia

¹R: repetición; ²B: bloques; ³F.C: frecuencia de corte; ⁴A.C: altura de corte; ⁵%MS: porcentaje de materia seca; ⁶%PB: porcentaje de proteína bruta; ⁷%Cen: porcentaje de ceniza; ⁸%FDN: porcentaje de fibra detergente neutro; ⁹%FDA: porcentaje de fibra detergente ácido; ¹⁰%He: porcentaje de hemicelulosa; ¹¹%EE: porcentaje de extracto etéreo; ¹²%P: porcentaje de fósforo.

6. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones específicas del estudio, el mejor desarrollo del cultivar Tanzania, se presenta bajo el predominio de la luz solar, teniendo en cuenta que la luminosidad tiene influencia directa sobre variables como altura de la planta, altura del rebrote, largo de la hoja, ancho de la hoja, número de macollas por planta, perímetro de la macolla, diámetro de la macolla y sobre el número de tallos verdes. De otra parte, en condiciones de alta luminosidad, el corte cada 35 días favorece variables indicadoras de desarrollo y vigor de la planta, mientras que en condiciones de sombra sucede en la frecuencia 45 días.

Considerando los resultados observados para los cultivares Tanzania y Mombasa del pasto Guinea se puede afirmar que pueden constituirse como una opción forrajera para implementar en condición de Sabanas, siempre y cuando se consideren, para su manejo, los aspectos relacionados con la estructura de la planta y la frecuencia de defoliación.

Algunas características morfológicas de los cultivares Tanzania y Mombasa, indicadores de vigor y desarrollo de la planta, se relacionan con varios aspectos de la composición química de la misma, principalmente en el caso de los componentes fibrosos, grasos y minerales, lo que indica que estas características pueden usarse para tomar decisiones en cuanto al manejo en condiciones de pastoreo.

7. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio, se recomienda no realizar cortes del pasto después de los 35 días del rebrote en condiciones de alta luminosidad, debido a que se disminuyen variables indicadoras de desarrollo y de vigor de la planta, de igual manera no es recomendable el corte antes de este tiempo porque se estaría desaprovechando la producción total de forraje. Mientras que si el pasto se encuentra en condiciones de sombra natural, este manejo puede hacerse en base a la frecuencia de corte de 45 días.

Aunque estos cultivares del pasto Guinea se adaptan a condiciones de sombra, se sugiere que cuando se maneja con sistemas silvopastoriles, se haga utilizando la menor densidad de sombra para permitir un mejor desarrollo morfológico del pasto y por ende una mejor producción.

Teniendo en cuenta la relación que existe entre la morfología de la planta y su calidad nutricional se recomienda considerar este aspecto para hacer más eficiente el manejo de los mismos, con el objetivo de obtener los mayores rendimientos en cuanto a producción del pasto se refiere y con ello aumentar los indicadores productivos de los animales.

Realizar estudios adicionales en donde se evalúe el comportamiento morfofisiológico de estos y otros tipos pastos, que permitan tener bases para la toma de decisiones en el manejo de este recurso forrajero para la alimentación animal.

REFERENCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. (AOAC). (1995). Official methods of analysis. 16 ed. Arlington: AOAC International. 1v.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. (AOAC). (2000). Official methods of analysis. 17 ed. Arlington: AOAC International, Gaithersburg, MD.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (AOAC). (2003). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 17 ed. 2v. Arlington: AOAC International, Gaithersburg, MD.
- BECERRA, J. y ABENDAÑO, J. (1992). Efecto de la severidad de defoliación sobre la producción de forraje y los carbohidratos de reserva en especies forrajeras tropicales. *Téc. Pec. Méx*, 30(2), 125-132.
- BEGUET, H. y BAVERA G. (2001). Fisiología de la planta pastoreada. Curso de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. Recuperado de www.produccion-animal.com.ar
- BERNAL, J. (1994). *Pastos y forrajes Tropicales*. Santa fe de Bogotá, D.C. Colombia: Editorial banco ganadero.
- CATÁLOGO DE BIODIVERSIDAD DE COLOMBIA. (2015). Recuperado de <http://biodiversidad.co/fichas/5369>
- CHACÓN, E. y SARMIENTO, G. (1995). Dinámica del crecimiento y producción primaria de gramínea forrajera tropical, *P. maximum* (tipo común), ante diferentes frecuencias de corte. *Turrialba*, 45, 8-18.
- COSTA, N. & PAULINO, T. (1999). Desempenho agrônômico de genótipos de *Brachiaria humidicola* em diferentes idades e corte. *Pasturas Trop*, 21(2), 68-71.

- CUELLO, H. (2014). *Evaluación de diferentes frecuencias de corte de una altura de 40 cm en pasto de guinea Mombasa (Megathyrsus maximus, Jacq., Jacq) en condiciones de sol y sombra natural influenciada por el dosel del árbol de campano (Pithecellobium saman) en el municipio de Sampués, Sucre, (tesis de pregrado). Universidad de Sucre, Sincelejo.*
- CUESTA, P. (2005). Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. *Revista CORPOICA*, 6(2), 5-13.
- DEL POZO, P. (2004). Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. Anuario Nuevo, Universidad Agraria de La Habana, Cuba. Sitio Argentino de Producción Animal.
- Di Rienzo, A., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M. y Robledo, C. 2011. InfoStat: Software estadístico. Universidad Nacional de Córdoba.
- DURR, P.A. & RANGEL, J. (2000). The response of *Megathyrsus maximus*, Jacq. to a simulated subcanopy environment. *Tropical Grasslands*, 34(2),110-117.
- FORTES, D., HERRERA, R. y GONZÁLEZ, S. (2004) Estrategias para la resistencia de las plantas a la defoliación. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38(2), 111-119.
- GÓMEZ, R. (2014). *Calidad nutricional de los pastos guineas Mombasa y Tanzania (Panicum maximum, Jacq.) sometidos a diferentes alturas y frecuencias de corte (tesis de pregrado). Universidad de Sucre, Sincelejo.*
- GOMEZ, T.; MIRANDA, D.; JANK, L., DAMIÃO, C. y AZEVEDO, J. (2015). Estabilización genotípico de rasgos agronómicos en *Panicum maximum*, (Jacq.) híbridos. *R. Bras. Zootec.* 44(11).
- HERAZO, R. y MORELO, C. (2008). *Evaluación del crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad del cultivo de pasto Guinea Mombasa (Panicum maximum, Jacq.) bajo cuatro*

fuentes de abonamientos en la finca Pekín, municipio de Sincé, Sucre – Colombia (tesis de pregrado). Universidad de Sucre, Sincelejo.

HODGKINSON, K.; LUDLOW, M.; MOTT, J. & BARUCH, Z. (1989). Comparative responses of the Savanna grasses *Cenchrus ciliaris* and *Themeda triandra* to defoliation. *Oecologia*. 79, 45-52.

HOLDRIDGE, L. (1967). Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. *Science*. 105(2727), 367- 368.

IZURIETA, W. (2015). *Determinación del rendimiento forrajero y valor nutritivo del Pasto Saboya (Panicum maximum Jacq.) Sujeto a cuatro frecuencias de corte durante la época seca en Quevedo* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil - Ecuador.

JANK, L. (2003). La historia de *Panicum maximum* en Brasil. Centro Nacional de Investigación de los ganados vacunos. EMBRAPA, Campo Grande.

MARTÍNEZ, M. (2008). Agricultura Biológica. Facultad de ciencias agropecuarias. Bogotá, D.C. 143-149.

MARTÍNEZ, A. (2001). Comparación de los cultivares Tobiata y Tanzania del pasto Guinea (*Panicum maximum*, Jacq.). Honduras.

MARQUES, B., CHIARI, L., AGNES, DC., JANK, L. & PAGLIARINI, MS. (2015). Los marcadores moleculares ligados a la apomixis en *Panicum maximum* Jacq. *African Journal of Biotechnology*, 13 (22).

MORDELET, P. & MENAUT, J. (1995). Influence of trees on above-ground production dynamics of grasses in a humid savanna. *Journal of Vegetation Science*, 6(2), 223-228.

- NAVARRO, L. y VÁSQUEZ, D. (1997). Efecto del nitrógeno y la edad del rebrote sobre la producción de materia seca y el contenido de proteína cruda en *B. decumbens*. *Zootec Trop*; 15 (2), 109 – 124.
- NAVARRO, O. y VILLAMIZAR, I. (2012). Evaluación de diferentes frecuencias de corte en guinea Mombaza (*Panicum maximum*, Jacq), bajo condiciones de sol y sombra natural influenciada por el dosel de Campano (*Pithecellobium saman*) en Sampués, Sucre. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.* 4(2), 377-395.
- OJEDA, P., RESTREPO, J., VILLADA, D. Y CESÁREO, J. (2003). Sistemas silvopastoriles, una opción para el manejo sustentable de la ganadería. Manual de capacitación. Fundación para la investigación y desarrollo agrícola – FIDAR. Santiago de Cali.
- PAGLIARICCI, H. y BONVILLANI, J. (2008). Morfofisiología de plantas forrajeras. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- PEÑAHERRERA, A. (2015). *Producción y calidad forrajera de pasto Soboya (Panicum maximum Jacq) a diferentes edades y alturas de corte* (tesis de pregrado). Universidad de las fuerzas armadas, Santo Domingo de los Tsáchilas.
- PERALTA, A., CARRILLO, S., HERNÁNDEZ, H. y PORFIRIO, N. (2007). Características morfológicas y productivas en etapa de producción, para ocho gramíneas forrajeras tropicales. Sitio Argentino de Producción Animal. APPA - ALPA - Cusco, Perú.
- PETERS, M., FRANCO, L., SCHMIDT, y HINCAPIÉ, B. (2010). Especies forrajeras multipropósito. Opciones para productores del trópico Americano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali.
- POORTER, H. & BERGKOTTE, M. (2012). Chemical composition of 24 wild species differing in relative growth rate. *Plant, Cell and Enviroment*, 15, 221-229.

- RODRIGUES, O., FONTANELI, R., COSTENARO, E., MARCHESE, J., NOVAES, A., SACCARDO, E y PIASECKI, C. (2012). Bases fisiológicas para o manejo de forrageiras. En R. FONTANELI, H. PEREIRA y R. FONTANELI. (Eds.), *Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira* (pp. 59-126). Brasília: Embrapa.
- RODRÍGUEZ, M. (2009). *Rendimiento y valor nutricional del pasto Panicum maximun cv. Mombasa a diferentes edades y alturas de corte* (tesis de pregrado). Instituto Tecnológico De Costa Rica, Sede Regional San Carlos.
- ROMERO, L. (2014). Pasturas templadas y tropicales. XXI curso internacional de lechería para profesionales de América Latina. Recuperado de <http://www.infortambo.com/admin/upload/arch/pasturastt.pdf>
- RUÍZ, F., RODRÍGUEZ, E., ANZOLA, H. y CASTRO, L. (2015). Establecimiento y evaluación del guinea *Megathyrus maximus, Jacq.* cv. Massai en la hacienda Guachicono del Bordo, Patía (Cauca). *Revista Ciencia Animal*. 9, 125-154.
- SÁNCHEZ, J. (2007). Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. Conferencia presentada el día 13 de abril de 2007 en el XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto, Venezuela.
- SILVA, D. y QUEIROZ, A. (2002). Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 235p.
- THOMAS, D. y DA ROCHA, C. (Eds: LASCANO, C. y PIZARRO, E). (1984). *Manejo de pasturas y evaluación de la producción animal. Evaluación de pasturas con animales. Alternativas metodológicas*. Cali, Colombia.

- URUETA, E. (2006). *La producción agrícola bajo el modelo de revolución verde, su impacto ambiental y alternativas para mitigar sus efectos* (monografía). Universidad de Sucre, Sincelejo.
- VÉLEZ, V. (2011). *Evaluación de un sistema de pastoreo continuo sobre la gramínea natural Colosiana *Brothriochloa pertusa** (tesis de pregrado). Corporación Universitaria La Sallista, Caldas-Antioquia.
- VERA, R. (2004). Perfiles por país del recurso forraje/pasto. FAO. Disponible en <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/PDF%20files/Colombia-Spanish.pdf>
- VILLAMIZAR, I. y SALGADO, S. (2011). *Evaluación de diferentes frecuencias de corte a una altura de 30 cm en pasto Guinea Mombaza (*Panicum maximum*, Jacq), en condiciones de sol y sombra natural influenciada por el dosel del árbol de Campano (*Pithecellobium saman*) en el municipio de Sampués, Sucre* (tesis de pregrado). Universidad de Sucre, Sincelejo - Sucre.
- VILLASEÑOR, J. y ESPINOSA, F. (1998). Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- VILLAREAL. M. (1998). Alternativas forrajeras para el mejoramiento de los sistemas de producción ganadera. M. Sc. Alajuela, Costa Rica. ITCR.
- YRAUSQUN, X., PÁEZ, A., VILLASMIL, J. y URDANETA, M. (1995). Comportamiento fisiológico del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) sometido a diferentes frecuencias y alturas de corte. I. Distribución de biomasa y análisis de crecimiento. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 12, 313 – 323.

WONG, C. (1991). Shade tolerance of tropical forages: a review. In: Proceedings of workshop Forages for Plantation Crops, Shelton, H.M. and Stur, W.W. (ed.). Sanur Beach, Bali, Indonesia. ACIAR Proceedings No. 32, 64–69.