



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**EDAD DE REBROTE SOBRE LA PRODUCCIÓN FORRAJERA Y COMPOSICIÓN  
QUÍMICA EN CUATRO VARIEDADES DE *Pennisetum***

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el Grado de  
**Magíster en Producción Animal**

**Autora**

Ximena Alexandra Carranza Benalcázar

**Directora**

Eugenia Guadalupe Cienfuegos Rivas, Ph.D.

Santo Domingo - Ecuador

Abril – 2014

TEMA DE TESIS:

**EDAD DE REBROTE SOBRE LA PRODUCCIÓN FORRAJERA Y COMPOSICIÓN  
QUÍMICA EN CUATRO VARIEDADES DE *PENNISETUM***

Dra. Eugenia Guadalupe Cienfuegos Rivas, Ph.D.

\_\_\_\_\_

DIRECTORA DE TESIS

APROBADO:

Dra. Luz María Martínez Buñay, M.Sc.

\_\_\_\_\_

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. José Herminio Jiménez Anchatuña, MSc

\_\_\_\_\_

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Juan Humberto Avellaneda Cevallos, Ph.D.

\_\_\_\_\_

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo 11 de abril del 2014

## **CERTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE DE AUTORÍA DEL TRABAJO**

Yo, Ximena Alexandra Carranza Benalcázar, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional.

Además; y, que de acuerdo a la Ley de propiedad intelectual, el presente Trabajo de Investigación pertenecen todos los derechos a la Universidad Tecnológica Equinoccial, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Ximena Alexandra Carranza Benalcázar**

**C.I. 1714090469**

## **INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**

### **APROBACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de Directora del Trabajo de Grado presentado por Ximena Alexandra Carranza Benalcázar, previo a la obtención del Grado de Magíster en Producción Animal, considero que dicho Trabajo reúne los requisitos y disposiciones emitidas por la Universidad Tecnológica Equinoccial por medio de la Dirección General de Posgrado para ser sometido a la evaluación por parte del Tribunal examinador que se designe.

En la Ciudad de Santo Domingo de Los Colorados, a los 11 del mes de abril de 2014.

---

**Eugenia Guadalupe Cienfuegos Rivas, Ph.D.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme una familia que siempre me apoyado en todos los proyectos de mi vida. Me refiero a mis padres, hermanos, sobrinos y esposo por su comprensión, por su paciencia, por darme una mano inclusive, con el trabajo de campo de esta investigación, y sobre todo por cuidar de mi pequeña el tiempo que me ausentaba.

A la Dirección General de Posgrados de la Universidad Tecnológica Equinoccial, a los docentes que me impartieron su conocimiento durante todo este tiempo, al personal docente e investigador relacionado con el Programa de Mejoramiento Ovino en especial a la Dra. Eugenia Cienfuegos, directora de esta tesis, por ser una maestra muy entregada, por compartir sus conocimientos, por sus consideraciones y a la vez por su exigencia. A los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria con quienes iniciamos este reto, al Dr. Marco Acosta por invitarme a trabajar en el proyecto.

A las Universidades UTE, ESPOCH y ULEAM extensión El Carmen, por darme cabida en sus instalaciones y brindarme apoyo con sus implementos de laboratorio.

También agradezco a los profesores que se encargaron de la revisión de esta tesis y sus acertadas correcciones y sugerencias para lograr un documento más entendible y útil.

Mi agradecimiento extensivo, al Ing. Carlos Farfán, docente y especialista en pasturas tropicales del Ecuador, por sus enseñanzas y por ayudarme a identificar y conseguir el material vegetativo para el trabajo de esta tesis.

## ***DEDICATORIA***

A Dios y el regalo máspreciado de mi vida:

mi familia y a su nueva integrante...

mi hija

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
Portada .....	i
Índice general.....	vii
Índice de cuadros.....	xi
Índice de figuras .....	xiii
Resumen.....	xiv
Summary.....	xv
 <b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Problemática.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Alcance de la investigación.....	4
1.4. Objetivos de la investigación.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis.....	5
 <b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Pastos de corte .....	6
2.3 Género <i>Pennisetum</i> .....	7
2.3.1 Clasificación taxonómica del género <i>Pennisetum</i> .....	7
2.3.2 <i>Pennisetum purpureum</i> .....	8
2.4 Factores que influyen en la producción de forraje.....	9
2.4.1 Factores climáticos.....	9
2.4.2 Altura de corte.....	10

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
2.4.3 Edad de rebrote.....	10
2.5 Dinámica de crecimiento de los pastos.....	12
2.6 Indicadores de crecimiento y rendimiento de los pastos.....	12
2.7 Valor nutritivo de los pastos.....	15
2.8 <i>Pennisetum purpureum</i> (Pasto Elefante común).....	17
2.9 <i>Pennisetum purpureum</i> (Camerún).....	18
2.10 <i>Pennisetum purpureum</i> (King Grass) .....	19
2.11 <i>Pennisetum purpureum</i> (Maralfalfa).....	20
 <b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1 Sitio de estudio.....	23
3.2 Técnicas, procedimientos, instrumentos y recursos.....	24
3.3 Diseño experimental, factores y variables de estudio.....	26
3.3.1 Modelo estadístico.....	26
3.3.2 Factores en estudio.....	27
3.3.3 Variables de estudio.....	27
3.4 Manejo del experimento.....	30
3.4.1 Preparación del área experimental.....	30
3.4.2 Establecimiento del cultivo.....	30
3.4.3 Control de malezas.....	30
3.4.4 Fertilización.....	31
3.4.5 Cortes de uniformidad.....	31
3.4.6 Cortes evaluativos.....	32
3.4.7 Determinación de la materia seca (MS) .....	32

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
3.4.8 Determinación de área foliar.....	33
3.4.9 Determinación de la composición química.....	34
3.4.10 Experimento de crecimiento inicial.....	34
3.5 Análisis económico.....	34
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
4.1. Crecimiento inicial.....	35
4.1.1. Tasa de crecimiento del cultivo.....	35
4.1.2 Altura de planta, largo de raíz y materia seca de hoja y tallo.....	36
4.2 Cortes evaluativos.....	37
4.2.1 Tasa de crecimiento del cultivo.....	37
4.2.2. Altura de planta (AP).....	37
4.2.3. Número de brotes (NB).....	41
4.2.4. Proporción de hojas.....	42
4.2.5. Proporción de tallos.....	43
4.2.6. Área foliar (AF).....	45
4.2.7. Rendimiento de materia verde (MV, t ha <sup>-1</sup> corte <sup>-1</sup> ).....	47
4.2.8. Rendimiento de materia seca (MS, t ha <sup>-1</sup> corte <sup>-1</sup> ).....	48
4.3. Materia seca (MS).....	55
4.3.1. Materia seca en hojas.....	55
4.3.2. Materia seca en tallos.....	57
4.4. Proteína cruda (PC) en hojas.....	59
4.5. Proteína cruda (PC) en tallos.....	61
4.6. Fibra cruda (FC) en hojas.....	62
4.7. Fibra cruda (FC) en tallos.....	64

**ÍNDICE GENERAL**

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
4.8. Grasa o extracto etéreo (EE) en hojas.....	<b>65</b>
4.9. Grasa o extracto etéreo (EE) en tallos.....	<b>66</b>
4.10. Ceniza en hojas.....	<b>67</b>
4.11. Ceniza en tallos.....	<b>69</b>
4.12. Análisis económico.....	<b>70</b>
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>83</b>
5.1. Conclusiones.....	<b>83</b>
5.2. Recomendaciones.....	<b>84</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Título	Página
<b>Cuadro 1.</b> Producción de forraje y calidad nutricional del <i>P. purpureum</i> cv Camerún (adaptado de Araya y Boschini, 2005).....	19
<b>Cuadro 2.</b> Composición química del pasto <i>P. purpureum</i> (Maralfalfa) a diferentes edades de corte.....	22
<b>Cuadro 3.</b> Definición de los tratamientos (variedad y edad de rebrote).....	24
<b>Cuadro 4.</b> Fuentes de variación y grados de libertad.....	29
<b>Cuadro 5.</b> Variables agronómicas y de rendimiento por corte en cuatro variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	51
<b>Cuadro 6.</b> Variables agronómicas y de rendimiento por corte de <i>Pennisetum purpureum</i> según la edad de rebrote.....	52
<b>Cuadro 7.</b> Variables agronómicas de <i>Pennisetum purpureum</i> por tratamiento (Variedad y edad de rebrote).....	53
<b>Cuadro 8.</b> Variables de rendimiento por corte de <i>Pennisetum purpureum</i> por tratamiento (Variedad y edad de rebrote).....	54
<b>Cuadro 9.</b> Contenido de materia seca (MS), en cuatro variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	71
<b>Cuadro 10.</b> Contenido de materia seca (MS) de <i>Pennisetum purpureum</i> , según la edad de rebrote.....	71
<b>Cuadro 11.</b> Composición química en cuatro variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	72
<b>Cuadro 12.</b> Composición química de <i>Pennisetum purpureum</i> según la edad de rebrote.....	73
<b>Cuadro 13.</b> Composición química de <i>Pennisetum purpureum</i> por tratamiento (Variedad y edad de rebrote).....	74
<b>Cuadro 14.</b> Composición química de <i>Pennisetum purpureum</i> por tratamiento (Variedad y edad de rebrote).....	75

<b>Cuadro 15.</b> Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de MS, PC y FC en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	76
<b>Cuadro 16.</b> Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de MS, PC y FC según la edad de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	77
<b>Cuadro 17.</b> Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de PC y FC por tratamiento de <i>P. purpureum</i> .....	78
<b>Cuadro 18.</b> Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de grasa y ceniza en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	79
<b>Cuadro 19.</b> Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de grasa y ceniza según la edad de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	80
<b>Cuadro 20.</b> Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de grasa y ceniza por tratamiento de <i>P. purpureum</i> .....	81
<b>Cuadro 21.</b> Costos de producción (USD) de una hectárea de forraje verde de cultivares de <i>Pennisetum purpureum</i> a tres edades de corte.....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
<b>Figura 1.</b> Medias mensuales de precipitación y temperatura (máxima y mínima) durante el año 2012. Estación climatológica de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Extensión Santo Domingo.....	23
<b>Figura 2.</b> Distribución de los tratamientos en el campo.....	25
<b>Figura 3.</b> Tasa de crecimiento del cultivo en materia seca total, $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ durante las primeras trece semanas de crecimiento del cultivo.....	35
<b>Figura 4.</b> Variables agronómicas para cuatro variedades de <i>Pennisetum</i> en crecimiento inicial.....	36
<b>Figura 5.</b> Tasa de crecimiento del cultivo en materia seca total, $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ durante los tres cortes evaluativos a diferentes edades de rebrote.....	38
<b>Figura 6.</b> Altura de planta según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	40
<b>Figura 7.</b> Número de brotes según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	42
<b>Figura 8.</b> Proporción de hojas según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	43
<b>Figura 9.</b> Proporción de tallos según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	44
<b>10.</b> Área Foliar según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	46
<b>Figura 11.</b> Rendimiento de MV por hectárea según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	48
<b>Figura 12.</b> Rendimiento de MS por hectárea según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	49
<b>Figura 13.</b> Contenido de MS según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	55

Título	Página
<b>Figura 14.</b> Contenido de MS en hojas según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	56
<b>Figura 15</b> Producción de MS en hojas según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	57
<b>Figura 16.</b> Contenido de MS en tallos según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	58
<b>Figura 17</b> Producción de MS en tallos según la edad de rebrote en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	59
<b>Figura 18.</b> Proteína Cruda (t ha <sup>-1</sup> ) de hojas en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	60
<b>Figura 19.</b> Proteína Cruda (t ha <sup>-1</sup> ) de tallos en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	62
<b>Figura 20.</b> Fibra Cruda (t ha <sup>-1</sup> ) de hojas en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	63
<b>Figura 21.</b> Fibra Cruda (t ha <sup>-1</sup> ) de tallos en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	64
<b>Figura 22.</b> Grasa (t ha <sup>-1</sup> ) de hojas en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	66
<b>Figura 23.</b> Grasa (t ha <sup>-1</sup> ) de tallos en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	67
<b>Figura 24.</b> Cenizas (t ha <sup>-1</sup> ) de hojas en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	69
<b>Figura 25.</b> Cenizas (t ha <sup>-1</sup> ) de tallos en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	70

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental El Oasis perteneciente a la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), Extensión Santo Domingo, con el fin de evaluar el efecto de la edad de rebrote (30, 45 y 60 días) sobre la producción forrajera y composición química en cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* (Camerún, Maralfalfa, Elefante común y King Grass) durante el primer año de establecimiento, para lo cual se analizó el comportamiento forrajero desde el crecimiento inicial (época de lluvia), hasta tres cortes evaluativos (época seca). Se evaluaron variables agronómicas y de valor nutritivo con un diseño de bloques al azar, con dos factores (edad y variedad) en análisis grupal con cuatro repeticiones y tres ciclos de evaluación. Las variables agronómicas fueron altura de planta (AP), número de brotes (NB), proporción de hojas y tallos, área foliar (AF) y rendimiento de materia verde (MV) y materia seca (MS) por corte, y las variables de composición química fueron porcentaje de materia seca (MS%), de proteína (PC%), de fibra cruda (FC%), de grasa (EE%) y de ceniza (Cen%). Para el análisis de los datos se utilizaron los programas estadísticos Infostat y Minitab, se empleó la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ) para la comparación de las medias. Se realizaron ecuaciones de regresión lineal y cuadrática dentro de la edad de rebrote entre las variedades de pasto para cada variable. Se encontró diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) para la edad de rebrote en las variables altura de planta (AP), proporción de hojas y tallos, área foliar (AF), materia verde (MV), materia seca (MS) y la composición química en las cuatro variedades estudiadas. Se determinó que la producción de MV y MS fue mayor en *P. purpureum* King Grass ( $25,58 \text{ t ha}^{-1}$  MV y  $3,55 \text{ t MS ha}^{-1}$ ), seguida de *P. purpureum* Elefante común ( $21,76 \text{ t ha}^{-1}$  MV y  $3,05 \text{ t MS ha}^{-1}$ ), *P. purpureum* Maralfalfa ( $21,36 \text{ t ha}^{-1}$  y  $2,83 \text{ t MS ha}^{-1}$ ) y *P. purpureum* Camerún ( $21,40 \text{ t ha}^{-1}$  MV y  $2,57 \text{ t MS ha}^{-1}$ ), sin diferencia ( $P > 0,05$ ) entre las variedades, excepto entre *P. purpureum* King Grass y Camerún ( $P < 0,05$ ). Durante el crecimiento inicial las variedades *P. purpureum* Elefante común y Maralfalfa obtuvieron las mayores alturas ( $P < 0,05$ ) en las primeras trece semanas de crecimiento del cultivo.

**Palabras clave:** Ecuador, edad de rebrote, *Pennisetum purpureum*.

## SUMMARY

The following research was conducted on the Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), Extension Santo Domingo, experimental farm "Oasis" in order to evaluate the effect of age of regrowth (30, 45 and 60 days) on forage production, and chemical composition in four varieties of *Pennisetum purpureum* (Camerún, Maralfalfa, Elefante común. and King Grass) during the first year of crop establishment. The forage was analyzed from the initial growth (during the rainy season), through three evaluation cuts (during the dry season). The agronomical variables and nutritional value were evaluated with a model of random blocks design, using two factors (variety and age) in group analysis with four replications and three evaluation cycles. The agronomical variables by cutting were plant height (AP), number of sprouts (NB), relation of leaves and stems, the leaf to stem ratio (AF), green matter yield (MV), and dry matter yield (MS). The chemical composition variables by percentage were dry matter (MS %), protein (PC %), crude fiber (FC %), fat (EE %), and ash (Cen %). For data analysis the statistical programs Infostat and Minitab. The Tukey test ( $P < 0,05$ ) were used for comparison of means. Linear and quadratic regression equations were used on the age of regrowth between varieties of grass, for each variable. There were significant differences ( $P < 0,05$ ) for regrowth in the variables of plant height (AP), leaf to stem ratio (H:T), leaf area (AF), green matter (MV), dry matter (DM) and in chemical composition of the four varieties studied. It was determined that the production of MV and MS was higher in the *P. purpureum* King Grass (25,58 t ha<sup>-1</sup> MV y 3,55 t MS ha<sup>-1</sup>) followed by the *P. purpureum* Elefante común (21,76 t ha<sup>-1</sup> MV y 3,05 t MS ha<sup>-1</sup>), *P. purpureum* Maralfalfa (21,36 t ha<sup>-1</sup> y 2,83 t MS ha<sup>-1</sup>) and *P. purpureum* Camerún (21,40 t ha<sup>-1</sup> MV y 2,57 t MS ha<sup>-1</sup>), with no significant difference ( $P > 0,05$ ) between varieties, except between *P. purpureum* King Grass and Camerún ( $P < 0,05$ ). During the initial growth it was found that the *P. purpureum* Elefante común and Maralfalfa varieties achieved the highest heights ( $P < 0,05$ ) in the first thirteen weeks of crop growth.

**Keywords:** Ecuador, age of regrowth, *Pennisetum purpureum*

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Problemática

El ganado representa el 40% del valor mundial de la producción agropecuaria, es la base de la seguridad alimentaria de casi mil millones de personas y aporta cerca del 15% de la energía alimentaria total y el 25% de la proteína de la dieta (FAO, 2009). La ganadería es una actividad del sector productivo trascendental para el desarrollo social y económico, debido a que es fuente de empleo y producción de alimentos (Holmann *et al.*, 2004), pues el bovino es una de las fuentes principales de proteína animal para la población de un gran número de países latinoamericanos. En Latinoamérica la mayoría de los sistemas de producción pecuario están basados en el pastoreo ya que los pastos constituyen la principal y más económica fuente de alimento de los rumiantes (Ramírez *et al.*, 1996), por lo tanto, estas plantas deben de poseer suficiente capacidad para producir forraje de buena calidad que aporte nutrientes a los sistemas de alimentación (Church *et al.*, 2004).

En general, lo anterior es muy importante porque a nivel mundial los sistemas de producción basados en pastoreo cubren cerca del 26% de la superficie sin hielo terrestre (FAO, 2009) y en particular porque Ecuador es un país predominantemente agropecuario, con una superficie de labor agropecuaria (pastos, cultivos permanentes, transitorios y barbecho) de 7,1 millones de ha, de las cuales cerca del 67% corresponden a pastos cultivados y a pastos naturales, que sustentan a un promedio de 5,3 millones de cabezas de ganado bovino (ESPAC-INEC, 2011).

Los factores más relevantes que limitan la producción animal en las regiones con marcadas épocas de lluvia y seca como es en el trópico ecuatoriano, son el suministro de nutrimentos y de agua por parte del suelo y el manejo de la planta

forrajera para que produzca en estas condiciones ambientales (Ramírez *et al.*, 1996; Ramírez *et al.*, 2008)

El manejo de la edad de rebrote es uno de los factores a considerar para que cualquier pasto exprese su máximo potencial productivo, ya que la edad a la que se corta la planta determina la producción de rebrotes, el rendimiento y la calidad del forraje obtenido (Madera *et al.*, 2013).

En las regiones tropicales y subtropicales del Ecuador se tienen plantas forrajeras, que se caracterizan por ser tolerantes a la sequía y por producir cantidades voluminosas de forraje para la alimentación animal, por lo cual pueden ser aprovechadas mediante el corte, un ejemplo de ellas son las del género y especie *Pennisetum purpureum* (variedades Maralfalfa, King grass, Camerún y Elefante común). Sin embargo, no hay disponible información científica en las condiciones climáticas del trópico húmedo del Ecuador, que permita determinar si con manejo se puede incrementar el valor nutritivo del forraje producido sin comprometer la producción de materia verde por hectárea.

## **1.2 Justificación**

La capacidad de los rumiantes para aprovechar alimentos fibrosos como los forrajes permite establecer sistemas de producción animal basados en pastoreo (extensivos) o alimentación en corral con forrajes de corte (intensivo). La alimentación del ganado bovino y ovino en las regiones tropicales depende casi totalmente de los forrajes por ser el recurso vegetal disponible más abundante, durante todo el año, convirtiéndose así en una alternativa económica y amigable con el ambiente que no compiten con los alimentos destinados al consumo humano (Herrera, 2009).

En las condiciones tropicales, los factores de clima (precipitaciones, temperatura, radiación solar), de manejo (edad de rebrote, fertilización, riego) y de suelo (variabilidad y características) tienen gran influencia en la adaptación y productividad

de los pastos (Fernández *et al.*, 2012). La edad de rebrote es un factor de manejo que influye considerablemente en el rendimiento y valor nutritivo de los pastos, ya que a medida que aumenta la edad se incrementa la producción de materia seca (MS) pero se reduce la calidad nutricional al incrementarse la concentración de componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) y reducirse el porcentaje de proteína y carbohidratos no estructurales (Cáceres *et al.*, 2007), por lo que el manejo de la edad de rebrote es importante para encontrar el punto de equilibrio entre la producción ( $t\ ha^{-1}$ ) y la calidad (proteína) del forraje producido.

En la última década, los establecimientos ganaderos de las regiones tropicales se han visto en la necesidad, de mejorar la calidad y cantidad de los pastos empleando sistemas de producción intensivos que incluyen pastos de corte, siendo estos una herramienta de bajo costo para la alimentación animal en épocas de escasez de alimentos. Lo anterior debido a que al cortar el forraje y ofrecerlo a los animales en el corral se minimiza el daño a la planta y al suelo por el pisoteo, se evita el gasto energético de los animales al desplazarse durante el pastoreo y se disminuye la selección por parte del animal (Dávila y Urbano, 2005).

Los pastos del género *Pennisetum purpureum* se han utilizado en forma generalizada en los sistemas de producción intensivos en las regiones tropicales (Araya y Boschini, 2005). Sin embargo, en Ecuador no existe una caracterización productiva que defina el comportamiento fisiológico, la producción y el valor nutritivo promedio de las variedades existentes en el país, con un manejo controlado de la edad de rebrote.

Por lo anterior se propuso una investigación que tuvo como objetivo determinar el comportamiento productivo y la calidad nutritiva de cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* (Maralfalfa, King Grass, Camerún y Elefante común) con tres edades de rebrote, con el fin de conocer la mejor edad de cosecha que presente las características físico-químicas más aptas para el aprovechamiento del pasto por parte del animal.

### **1.3 Alcance de la investigación**

El sector agropecuario es de vital importancia para el desarrollo social y económico de países como el Ecuador, debido a que soporta la seguridad alimentaria del país, la producción de materias primas para la industria y además, genera divisas por exportación de productos y subproductos derivados de esta actividad. A pesar de su importancia, existen restricciones socio-culturales, económicas e institucionales para planificar el desarrollo sustentable del sector, esto se refleja en los bajos rendimientos de los cultivos y en la baja producción pecuaria (Haro, 2003; Neira, 2010).

Por lo tanto la Universidad debe contribuir a la generación de conocimiento, tecnología y de actividades responsables frente al ambiente. En este sentido la Universidad Tecnológica del Ecuador ha desarrollado proyectos que vinculan dicha Institución con el sector agropecuario, social y económico de la región.

De esta manera, con la presente investigación se pretende tener un respaldo científico sobre el manejo de la edad de rebrote y su efecto sobre la producción forrajera y la composición bromatológica de las cuatro variedades que han sido introducidas en los sistemas de producción agropecuarios hace varios años atrás y que dependen de estas plantas forrajeras para sustentar a los animales, principalmente en la temporada seca. La publicación de dicha información será un valioso aporte para el sector agropecuario y contribución a la ciencia.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la edad de rebrote sobre la producción forrajera y la composición química en cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* (Maralfalfa, King Grass, Camerún y Elefante común).

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las curvas de crecimiento de las cuatro variedades de *P. purpureum*: Maralfalfa, King Grass, Camerún y Elefante común, durante los primeros 90 días luego de la siembra.
- Evaluar el comportamiento agronómico y rendimiento forrajero de las cuatro variedades de *Pennisetum* con tres diferentes edades de rebrote: 30, 45 y 60 días.
- Determinar el efecto de la edad de rebrote sobre la composición química de las cuatro variedades en estudio.

### 1.5 Hipótesis

#### Hipótesis alternativa

La edad de rebrote afecta el comportamiento agronómico y rendimiento forrajero en las variedades de *P. purpureum* en estudio.

La edad de rebrote afecta la composición química en las variedades de *P. purpureum* en estudio.

#### Hipótesis nula

La edad de rebrote no afecta el comportamiento agronómico y rendimiento forrajero de ninguna de las variedades de *P. purpureum* en estudio.

La edad de rebrote no afecta la composición química de ninguna de las variedades de *P. purpureum* en estudio.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Antecedentes

En el trópico de América Latina donde existen grandes extensiones de tierra dedicadas a la explotación bovina, los forrajes son la fuente disponible más económica para la alimentación de los rumiantes. Las condiciones climáticas favorables de los trópicos promueven la producción de abundante biomasa, condición que junto al adecuado manejo del suelo permiten el establecimiento y desarrollo de sistemas de producción animal eficientes y rentables (Bernal y Espinosa, 2003). Es importante mencionar que el crecimiento de la actividad agropecuaria depende principalmente de la intensificación y tecnificación de los sistemas de producción (Lascano *et al.*, 2002), por lo que la cosecha intensiva de forrajes de corte debe considerarse como una herramienta de bajo costo para incrementar la producción de los animales (Márquez *et al.*, 2007) y la rentabilidad de la empresa ganadera.

#### 2.2. Pastos de corte

Los pastos de corte son especies vegetales cuyas características botánicas les permiten ser cultivadas y aprovechadas mediante el corte manual o mecanizado antes que del pastoreo directo. Mediante el corte se minimiza el desperdicio del forraje por el pisoteo, se evita el gasto energético durante el pastoreo y se disminuye la selección por parte del animal (Dávila y Urbano, 2005).

El cultivo de pastos de corte, por producir una alta cantidad de biomasa, es una alternativa para minimizar la escasez de alimento en la época seca. Entre los forrajes de corte más utilizados en los sistemas de producción de las regiones tropicales se encuentran los del género *Pennisetum* (Valenciaga *et al.*, 2001) que son

relativamente tolerantes a la sequía y producen cantidades voluminosas de forraje (Araya y Boschini, 2005).

### 2.3. Género *Pennisetum*

El género *Pennisetum* fue introducido en Latinoamérica en los años 70, tiene muy alta productividad y ha sido utilizado como alimento para el ganado y como biocombustible (Espinoza *et al.*, 2001).

Entre las 80 especies de que consta el género se encuentran hierbas cespitosas, estoloníferas y postradas, con una amplia diversidad de alturas (entre 15-800 cm) y hojas de anchuras que varían entre 3 y 35 cm. Son plantas bisexuales con florecillas hemafroditas. La inflorescencia en forma de espiga densa de hasta 25 cm, compuesta de numerosas espiguillas (McVaugh, 1983; citado por Heike 2009).

#### 2.3.1. Clasificación taxonómica del género *Pennisetum*

Reino	Plantae
Subreino	<i>Traqueobionta</i> (plantas vasculares)
Superdivisión	<i>Spermatophyta</i> (plantas con semillas)
División	<i>Magnoliophyta</i> (plantas con flor)
Clase	<i>Liliopsida</i> (monocotiledóneas)
Subclase	<i>Commelinidae</i>
Orden	<i>Cyperales</i> ( <i>Poales</i> )
Familia	<i>Poaceae</i>
Subfamilia	<i>Panicoidae</i>
Tribu	<i>Paniceae</i>
Género	<i>Pennisetum ssp</i>

Heike (2009)

### 2.3.2. *Pennisetum purpureum*

El *P. purpureum* es originario de África tropical y fue introducido en el trópico y subtropical del resto del mundo en los años 60. Existen muchas variedades e híbridos y entre los más destacados por su adaptabilidad y rendimiento están *P. purpureum* Elefante cv. mineiro var. Merkeri, Merker, Merkeron, Camerún, Taiwan, Cubano (Guzmán, 1996). En el Ecuador esta gramínea de corte de tipo perenne, ocupa el segundo lugar luego del *Panicum máximum* (Saboya) considerando la superficie destinada al cultivo (Cardarelli, 1999).

La principal característica del *P. purpureum* es que posee originalmente en su componente genético un gen recesivo que le da una coloración púrpura de donde obtiene su segundo nombre en la clasificación de la respectiva especie. El *Pennisetum purpureum*, es una especie forrajera perenne llamada comúnmente hierba de elefante, búfalo, gigante, merkerón, pasto de Napier o pasto de Uganda. Las plantas de esta especie son robustas, forman macollos grandes, con tallos erectos o suberectos, de 2 a 4,5 m de altura, poco ramificados, densamente pubescentes debajo de la panícula y con hojas aserradas de 30 a 120 cm de longitud y 1 a 5 cm de ancho. Se caracterizan por producir una alta cantidad de biomasa y en forma general son pastos rústicos. Algunas variedades han sido mejoradas para resistir épocas de sequía prolongada y el ataque de plagas. Aun cuando se adaptan a un amplio rango de suelos altitudinales de 0 a 1800 msnm, no toleran las heladas ni los suelos anegados (Rúa, 2008).

De acuerdo con Cardarelli (1999) esta gramínea crece mejor en regiones cálidas 30-35 °C que en temperaturas por debajo de 10 °C donde se ha reportado que detiene el desarrollo. Es tolerante a la sequía, se adapta a gran variedad de suelos, desarrollándose mejor en suelos francos y arenosos, ricos en materia orgánica. Prospera con precipitaciones de 700-800 mm en adelante. Debido a que esta especie ha sido cultivada en todos los países tropicales, se han diferenciado muchas variedades que en varios casos son ecotipos. En Ecuador la variedad presente en

mayor cantidad es la Merkeri; otra variedad introducida es la Merkeron, mucho más vigorosa y de alta producción.

El *P. purpureum* es uno de los géneros forrajeros de corte más utilizados para la alimentación de rumiantes en los sistemas de explotación intensiva y como alternativa en la época de escasez de pasto en las regiones tropicales durante la época seca, por su gran potencial productivo y producción estacional. Sus rendimientos van entre 13 y 26,7 t de MS ha<sup>-1</sup> y de 50 a 250 t MV ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Cardarelli, 1999; Ramírez *et al.*, 2008; Herrera, 2009).

El método de establecimiento de las praderas del género *Pennisetum* se lo realiza con material vegetativo. La siembra puede ser con estacas de aproximadamente 30 cm de largo que contengan tres nudos o colocando cañas enteras deshojadas en el fondo de los surcos y luego se tapa con tierra. Otra forma de siembra, menos común, es usando fragmentos de macollos adultos o sea esquejes enraizados a distancia de 80x80 cm (Cardarelli, 1999).

## **2.4. Factores que influyen en la producción de forraje.**

### **2.4.1. Factores climáticos.**

En los países tropicales la producción de pasto está influenciada por las condiciones climáticas como temperatura, radiación solar y principalmente por la distribución anual de las precipitaciones. La cantidad y distribución de las lluvias tienen gran influencia en la curva de crecimiento anual de las plantas forrajeras, debido a su estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan este proceso biológico de gran complejidad que hacen que los rendimientos de los pastos no sean estables durante todo el año (Jiménez, 2008).

A este respecto Córdor (2012), menciona que además de los factores climáticos, otros factores como el manejo del cultivo, utilización de riego y fertilizantes,

intensidad de corte o pastoreo, época del año y edad del pastizal afectan la producción de materia seca de las especies forrajeras. Sin embargo, aun cuando las precipitaciones, la temperatura y la radiación solar ayudan a determinar las condiciones en las cuales se desenvolverá la planta, también el suelo es un factor importante de donde la planta adquiere la mayoría de nutrientes. Paretas *et al.* (1984); citado por Dios (2012) señalan que todos los *P. purpureum* se adaptan a un amplio rango de suelos, con pH entre ligeramente ácidos y neutros, buen drenaje y resisten poca erosión, requieren temperaturas altas y precipitaciones no menores de 1000 mm.

#### **2.4.2. Altura de corte**

Uno de los aspectos de manejo que influye notablemente en la producción y persistencia del forraje es la altura a la cual se corta el pasto. La altura de corte es un elemento determinante en la dinámica de crecimiento de las plantas, por su estrecha relación con la remoción de los puntos de crecimiento durante la cosecha y el balance de carbohidratos de reserva necesarios para garantizar un buen rebrote (Jiménez, 2008).

En un estudio realizado por Clavero y Pulgar (1995), con pasto *P. purpureum* variedad Elefante enano determinaron que defoliaciones a 10 cm de altura reducen en un 58% el número de tallos aéreos en relación a cortes a 40 cm, que cuando las plantas son cosechadas a 10 cm, los tallos rebrotan de yemas basales de la corona de la planta. y que defoliaciones por encima de 10 cm producen un elevado número de tallos aéreos, desarrollados de yemas axilares.

#### **2.4.3. Edad de rebrote**

Otro factor que ha sido reportado que influye en el rendimiento de MS de las gramíneas forrajeras es la edad de rebrote (Del Pozo, 2002). Este es un factor muy importante porque tiene una relación directamente proporcional con la calidad

nutritiva del pasto, debido a los cambios que se producen en la morfología y constituyentes químicos en los diferentes estados fisiológicos de la planta (Jiménez, 2008).

En el trópico, el estado fisiológico de las gramíneas cambia en corto tiempo (las plantas son de rápido crecimiento y maduración) en respuesta al estrés hídrico y calórico al que son sometidas por las condiciones ambientales prevalecientes en estas regiones. Debido a lo anterior, la calidad nutritiva cambia rápidamente, porque con la edad la planta experimenta modificaciones sensibles y graduales en su composición química, ya que conforme crece, se aumenta la necesidad de tejidos de sostén y carbohidratos estructurales, se disminuye el contenido de sustancias nitrogenadas y otras sustancias orgánicas, y por consiguiente se afecta negativamente el valor nutricional del forraje, afectando de esta forma la eficiencia de utilización de los forrajes por parte de los animales (Márquez *et al.*, 2007; Valenciaga *et al.*, 2009). A este respecto, Guzmán (1996), menciona que la digestibilidad de la materia orgánica de estas plantas forrajeras puede alcanzar el 80% en pastos tiernos y descender hasta el 50% o menos en los pastos de mayor edad; concluyendo que durante el periodo previo a la floración, el porcentaje de digestibilidad se mantiene constante para posteriormente decrecer bruscamente (Guzmán, 1996).

En el género *Pennisetum*, las plantas manifiestan un crecimiento rápido desde edades muy tempranas, alcanzando su máxima velocidad a las cuatro semanas de edad y su máximo rendimiento a las 20 semanas, con producciones de 23 a 30 t MS ha<sup>-1</sup>, dependiendo de la variedad, siendo el momento óptimo para la utilización del forraje (Martínez, 1995; citado por Del Pozo, 2002). De igual forma, Clavero y Razz (2009), en un estudio llevado a cabo con *P. purpureum* Maralfalfa reportaron que la calidad de este pasto es afectada negativamente a medida que avanza la madurez de la planta, debido a la acumulación de material muerto y la lignificación de las paredes celulares.

## 2.5. Dinámica de crecimiento de los pastos

El conocimiento de la dinámica de crecimiento de los pastos es indispensable para saber cómo manejar una pradera, debido a que la tasa de crecimiento del pasto es la expresión del nivel de equilibrio de los factores suelo-clima-planta. En otras palabras, la tasa de crecimiento se dará en la medida en que los factores de producción externos como nutrientes y condiciones físicas del suelo, humedad ambiental relativa, luz y calor, interaccionen favorablemente con los factores o mecanismos con los que dispone la planta para crecer (León, 2003).

En términos generales, el rebrote de los pastos después del pastoreo o corte se ajusta a una curva sigmoidea de crecimiento y consiste básicamente en la formación de macollos y hojas nuevas, sin embargo, este proceso depende mucho de las reservas de carbohidratos que el pasto pudo acumular en sus órganos de reserva como la raíz, la presión y duración del pastoreo y el tiempo de rebrote entre pastoreos o cortes (Bernal, 1994; Bernal y Espinosa, 2003) por lo que deben de ser considerados en cualquier programa de manejo de gramíneas forrajeras.

## 2.6. Indicadores de crecimiento y rendimiento en los pastos

– **Altura de planta (AP).** La AP es un indicador de crecimiento que está significativamente influido por la cantidad y distribución de las lluvias durante el año. En un estudio llevado a cabo en Las Tunas, Cuba, en un suelo pardo grisáceo, en el período poco lluvioso, se encontraron en dos cortes evaluativos AP promedio de 60,7 y 74 cm para *P. purpureum* King Grass y de 71,2 y 87 cm para el *Pennisetum* mejorado Cuba OM-22 (Miranda *et al.*, 2012).

– **Número de brotes (NB).** Al NB o número de macollas también se lo considera un indicador de crecimiento, un gran número de gramíneas de corte se pueden propagar mediante la división de sus macollas, ya que sus vástagos provistos de fuertes y abundantes raíces arraigan nuevamente sin gran dificultad, de tal manera

que de los nuevos brotes depende la persistencia y permanencia del cultivo (Miranda *et al.*, 2012).

– **Relación hoja: tallo.** Este indicador es la relación de biomasa de hojas o tallos y la biomasa total de la planta (Valladares, 2004). La relación hoja: tallo está estrechamente relacionada con la calidad del forraje, esto se debe a que los animales no pueden aprovechar en su totalidad los nutrientes del tallo, por ello a medida que aumenta la cantidad de tallo disminuye la calidad del forraje. Cuando aumenta la edad del pasto, aumenta la proporción del tallo, partes senescentes y muertas y disminuye la proporción de hojas por ende la relación hoja: tallo (Lopes, 2003).

En gramíneas tropicales, la relación hoja: tallo varía de acuerdo a las condiciones ambientales, debido a que la duración de las hojas depende principalmente de la disponibilidad de agua y temperatura. En la época seca, con altas temperaturas las hojas alcanzan su máxima expansión en un tiempo relativamente corto, pero empiezan a morir rápidamente (Wilson y Mannerje, 1978). El comportamiento estacional diferenciado de las tasas de aparición, duración de la hoja expandida y la senescencia se traducen en un igual número total de hojas verdes por tallo durante todo el año. Conociendo el funcionamiento de estas características morfo genéticas es posible estimar el momento de máxima proporción de hojas verdes de la pastura, tiempo en el cual comienza a aumentar la tasa de senescencia y disminuye la acumulación neta de tejido verde (Busqué y Herrero, 2001).

– **Área foliar (AF).** El AF es un indicador de la capacidad fotosintética de la planta. La acumulación de MS depende fundamentalmente de la cantidad de C, O e H que la planta consigue incorporar a través de la fotosíntesis. El crecimiento de la planta depende principalmente de la cantidad de azúcar disponible, que a su vez es la materia prima para la síntesis de todos los compuestos orgánicos (Jiménez, 2008). El máximo crecimiento ocurre cuando las hojas interceptan alrededor del 90 y 95% de la luz incidente. Por lo tanto, el AF es de primordial importancia para la producción de las plantas forrajeras. Una medida bastante útil es el índice de área foliar (IAF),

que se define como el área foliar presente por unidad de superficie de suelo (Bernal y Espinosa, 2003).

– **Rendimiento de materia verde (MV) y materia seca (MS).** La MV y la MS son indicadores del rendimiento. La producción de MS es una de las mejores medidas cuantitativas de productividad (Clavero y Pulgar, 1995), puesto que los nutrientes que los animales necesitan están contenidos en la porción seca de un alimento.

Márquez *et al.* (2007), evaluaron tres genotipos de *P. purpureum* (Taiwan A-146, Morado y Maralfalfa) y sus rendimientos fueron 40,9; 29,7 y 37,7 t MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> respectivamente a los 63 días de edad de rebrote. La investigación la realizaron en el estado de Mérida, Venezuela, en una zona de vida bosque húmedo tropical a 67 msnm, la precipitación promedio anual fue de 1901 mm y temperatura media mensual de 27°C.

Miranda *et al.* (2012), quienes reportaron rendimientos de MS acumulada para *P. purpureum* King Grass y Cuba OM-22 de 2,5 t ha<sup>-1</sup> y 4,1 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, en un suelo pardo en el período poco lluvioso.

– En un estudio llevado a cabo en Yucatán, México, se encontraron diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) en producción de materia seca (MS) entre tres variedades de forraje (*P. purpureum* King Grass y los clones CT- 115 y OM- 22), donde el mayor rendimiento fue para el OM- 22 con 155 y 160 t MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> con el uso de urea y ARP (agua residual porcina), respectivamente, seguido del *P. purpureum* King Grass con un rendimiento de 131 y 140 t de MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. El trabajo se realizó durante un año, con clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano, precipitación media anual de 1056 mm, temperatura de 24,7°C y 15 msnm (Ramos *et al.*, 2012).

## 2.7. Valor nutritivo de los pastos

El valor nutritivo es la capacidad de los pastos de garantizar o no los requerimientos nutritivos de los animales (para mantenimiento, crecimiento y reproducción) y resulta de la ocurrencia de factores intrínsecos de la planta (la composición química, digestibilidad), factores ambientales, factores propios del animal y la interacción entre las pasturas, el animal y el ambiente (Pirela, 2005).

– **Composición química.** Indica la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes (pero no de su disponibilidad para el animal), según Pirela (2005). El método de evaluación convencionalmente usado para determinar las sustancias nutritivas de un alimento es el llamado análisis proximal Weende o análisis inmediato de los alimentos. Este método asocia combinaciones orgánicas que responden a determinadas reacciones analíticas. Las fracciones o grupos nutritivos que se determinan son: agua, materia seca y dentro de esta, la materia orgánica (PC, FC, EE y ELN) e inorgánica (minerales) tal como lo señala Grijalva (2008).

La composición química de los alimentos depende de toda una serie de condiciones, como las geográficas y meteorológicas, composición del suelo, agrotécnica de cultivo, época y forma de cosecha de las plantas, entre otras. De ahí la necesidad que para estudiar la composición química de los alimentos se los haya dividido según el método de Weende y más modernamente por el sistema de Van Soest (Grijalva, 2008).

Rodríguez y Blanco (1970), determinaron la composición química en las hojas y los tallos de 21 cultivares de *Pennisetum purpureum*, en tres etapas de crecimiento: 30, 60 y 90 días, obteniendo un promedio de PC de 10,74; 6,02 y 3,60% respectivamente, FC 29,24; 34,52 y 37,45%, Calcio 0,37; 0,29 y 0,28% y Fósforo 0,47; 0,46 y 0,33%, respectivamente. Estos cambios de valores en la composición química se deben a que las gramíneas tropicales en general son de rápido

crecimiento y maduración, siendo la edad un factor importante en la calidad nutricional de los forrajes (Valenciaga *et al.*, 2009).

– **Proteína cruda (PC).** La proteína es el factor más importante del alimento, al considerarla como una medida indirecta de sus nutrientes digestibles, puesto que los componentes proteicos son altamente digestibles en comparación con los carbohidratos brutos (Grijalva, 2008). En forma general, los pastos tropicales tienen menos digestibilidad que los de clima templado, debido a que al elevarse la temperatura, se incrementa la lignina y los taninos en las gramíneas y leguminosas, respectivamente. En tanto que, la solubilidad de las proteínas es mayor que la de los pastos templados y puede llegar hasta un 66%, lo cual significa que hay menos proteína de sobrepaso debido a su degradación completa en el rumen (Van Soest, 2004).

Según Pirela (2005), un contenido bajo de proteínas da lugar a una disminución del consumo de forraje. El nivel crítico de la proteína en forrajes tropicales está establecido en 7% (base seca).

– **Fibra cruda (FC).** Son los carbohidratos insolubles que quedan en un alimento después de hervirlo en ácidos y álcalis durante el análisis inmediato; esta fracción representa la parte del alimento no digerida completamente por los animales. La fibra se encuentra formada por tres fracciones principales: celulosa, hemicelulos y lignina, en cantidades muy variables que dependen principalmente del tipo de material vegetal y de la edad de este. La fibra tiene valor nutritivo para los rumiantes puesto que sus componentes (celulosa y hemicelulosa) son digeridos y aprovechados gracias a las enzimas producidas por la flora ruminal, mientras que la lignina limita la disponibilidad de estos componentes para los microorganismos ruminales. La FC en los pastos se incrementa a medida que avanza la edad de los mismos (Hernández, 2010).

A continuación se describen algunas variedades o cultivares del género *Pennisetum*, existentes en el país.

## 2.8. *Pennisetum purpureum* (Pasto Elefante común)

**Origen.** Como ya se citó anteriormente es un pasto originario de África, cuyo valor agrícola fue dado a conocer en esa región por los trabajos realizados por un Coronel Napier (Torrealba *et al.*, 2011) razón por la cual en algunos lugares lo denominan también como pasto Napier. Según Benítez (1980; citado por León, 1996) la variedad Merkeri corresponde al pasto Elefante (*Pennisetum purpureum* Shum) que está ampliamente cultivado en Ecuador. Para evitar confusiones, en el presente trabajo, a esta variedad se la denominó Pasto Elefante común.

**Características.** Es una planta de gran desarrollo con hojas abundantes y tallo erguido, robusto y vigoroso, parecida a la caña de azúcar en su hábito vegetativo, adaptación y sistema de propagación. Puede alcanzar entre 3 a 4 m de altura, presenta rizomas profundos, raíces largas y notable macollamiento por lo que adquiere un aspecto de mata formada por 20 a 50 tallos macizos de 2 cm o más de diámetro en su base. Cada tallo termina su crecimiento en una panoja erguida de contorno cilíndrico y color dorado. Su semilla es un cariopsis pequeño de color pardo claro. Las hojas miden de 2 a 4 cm de ancho y 60 a 100 cm de largo, tienen vainas pubescentes, ásperas y muy desarrolladas (León, 1996; Cardarelli, 1999). Se diferencia de las otras variedades, principalmente, porque sus hojas no presentan pubescencia (Farfán, comunicación personal, 4 de enero del 2012).

**Rendimiento.** Las producciones de forraje van desde 50 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y en condiciones excepcionales de suelo, fertilidad y humedad algunas variedades sobrepasan las 200 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Cardarelli, 1999). Según León (1996) el rendimiento de materia verde según la variedad es de 300 a 500 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

**Valor nutritivo.** En una investigación realizada por distintos autores en Puerto Rico, Colombia y Venezuela en 21 cultivares de *P. purpureum* Elefante se reporta para la variedad o cultivar Merker un porcentaje de MS de 22,77% en hojas y 12,13% en tallos, con un contenido de proteína en planta entera de 11,24% a los 30 días, 6,07% a los 60 días y 3,56% a los 90 días (Rodríguez y Blanco, 1970).

## 2.9. *Pennisetum purpureum* (Camerún)

**Origen.** África. El cultivar *P. purpureum* Camerún también se lo conoce como King Grass Morado. Cáceres *et al.* (2007), lo define como *Pennisetum purpureum*-Schum, Pasto Elefante Morado cv. Camerún. Según Madera *et al.* (2013) este pasto es obtenido por selección de una progenie autopolinizada del pasto Merkeron (híbrido seleccionado del cruce del pasto Elefante enano y el pasto Elefante alto).

**Características.** Este pasto se caracteriza por poseer un color morado tanto en hojas como en los tallos, es un pasto perenne y robusto que se propaga por medio de estacas o esquejes. La planta tiene tallos erectos y gruesos que miden de 300 a 350 cm de altura y hojas de 50 a 120 cm de largo y 2,5 a 3,5 cm de ancho (Cáceres *et al.*, 2007).

**Rendimiento.** La producción de *P. purpureum* Camerún por unidad de área se encuentra en un rango que varía, según la región y época del año, entre 60 y 90 t de MV ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, así lo menciona Cáceres *et al.* (2007) en un trabajo realizado en dos estaciones (otoño e invierno) en la Costa central de Perú. Araya y Boschini (2005) en Costa Rica, reportan una producción para *P. purpureum* (Camerún) de 35,45 t ha<sup>-1</sup> MV y 6,9 t ha<sup>-1</sup> MS en época lluviosa y recomiendan los cortes cada 65 a 70 días.

**Valor nutritivo.** El pasto *P. purpureum* Camerún puede alcanzar porcentajes para MS de 17,5%, para PC de 8,6% y para ENI de 1,1% (Sánchez, 2010), en un trabajo realizado en Costa Rica. Similares valores encontraron Araya y Boshini (2005) en el mismo país (**Cuadro 1**).

**Cuadro 1. Producción de forraje y calidad nutricional del *P. purpureum* cv Camerún (adaptado de Araya y Boschini, 2005).**

Órgano	Producción		MS	PC	Cenizas
	MV	MS			
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----	-----	-----	----- % -----	-----
Hoja	12,10	2,46	21,08	13,69	21,73
Tallo	23,57	4,47	14,71	7,08	13,81
Planta entera	25,35	6,93	17,17	9,65	16,81

### 2.10. *Pennisetum purpureum* (King Grass)

**Origen.** África del Sur. Algunos autores lo citan como un híbrido entre *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides* (León, 1996) y otros, simplemente como *Pennisetum purpureum* (Espinoza *et al.*, 2001; Araya y Boschini, 2005).

**Características.** La principal característica del *P. purpureum* King Grass, es la alta talla que posee, pudiendo propasar los 4 m de altura. Sus hojas son muy largas y anchas con abundante vellosidad en el haz y en sus bordes. Esta variedad es perenne y de crecimiento erecto. Debido a su altura, el ápice (punta) de la hoja por efecto de la gravedad se dobla hacia abajo cuando ya no es capaz de soportar su propio peso. Sus tallos son largos, erectos y gruesos (León, 1996). Según Guzmán (1996), se necesitan para su establecimiento entre 900 y 1400 kg de estacas ha<sup>-1</sup> y se puede usar distancias entre surcos de 70 a 100 cm.

**Rendimiento.** El *P. purpureum* (King Grass) es el cultivar del género *Pennisetum* con mayor rendimiento anual de materia seca (20 a 28 t ha<sup>-1</sup>) en comparación a otras variedades como el Napier, enano y San Carlos con producciones de 14 a 16 t ha<sup>-1</sup> (Herrera y Ramos 1990; citado por Espinoza *et al.*, 2001). A este respecto Araya y Boschini (2005) en Costa Rica, en época lluviosa, obtuvieron producciones promedio de 86,93 t MV ha<sup>-1</sup> y 15,3 t MS ha<sup>-1</sup>, a los 70 días.

Esta variedad puede maximizar su rendimiento al aplicar fertilización, como lo indican Tergas *et al.* (1982); citado por Guzmán (1996), quienes en un estudio llevado a cabo en Venezuela obtuvieron una producción anual de 44,73 t ha<sup>-1</sup> de MS al aplicar en un suelo Utisol 150, 100 N y P y 44 kg de cal.

Mientras los contenidos de proteína y los nutrientes digestibles totales disminuyen a través del tiempo el contenido de fibra cruda aumenta, determinándose el período más adecuado de corte entre los 42 y 56 días (Guzmán, 1996)

**Valor nutritivo.** La calidad nutritiva de *P. purpureum* King Grass es variable. El contenido promedio de proteína cruda (PC) es 9.08%, variando entre 4.7 y 5.3 % en los tallos, a 8.8 y 9.5% en las hojas (Araya y Boschini, 2005). En un estudio llevado a cabo en Venezuela, por Guzmán (1996) se reportaron porcentajes promedio de PC, FC, NDT, Ca y P de 10,58; 30,74; 66,74; 0,55 y 0,22% respectivamente a los 49 días de edad, con contenidos promedios de FDN, FDA y lignina de 77,3; 53 y 9,3% y valores promedios de digestibilidad *in vitro* de 59,7 y 56,6% en las épocas seca y lluviosa respectivamente.

### 2.11. *Pennisetum purpureum* (Maralfalfa)

**Origen.** Las referencias bibliográficas sobre el origen y clasificación de *P. purpureum* Maralfalfa son contradictorias. Según Hanna *et al.* (1984); citado por Correa (2004), este pasto es un híbrido entre el *Pennisetum americanum* (L.) Leeke y el *Pennisetum purpureum* Schum. Clavero y Razz (2009), hacen referencia a la Maralfalfa como *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*. Otros autores la mencionan como *Pennisetum sp.* (Ramírez y Pérez, 2006; Sosa *et al.*, 2006), o como un genotipo específico de *Pennisetum purpureum* (Márquez *et al.*, 2007). La confusión taxonómica se origina en los diferentes nombres asignados al género *Pennisetum* y sus diferentes especies e híbridos. Por tales razones algunos autores sugieren identificarlo de manera genérica como *Pennisetum sp* (Correa, 2004).

**Características** Las raíces del pasto *P. purpureum* Maralfalfa son fibrosas y forman raíces adventicias que surgen de los nudos inferiores de las cañas. Estas cañas conforman el tallo superficial y está compuesto por entrenudos, los cuales en la base del tallo son muy cortos, mientras que los de la parte superior del tallo son más largos. Los tallos no poseen vellosidades, sin embargo, es muy común encontrar bordes pilosos y presencia de pelos en el borde de las hojas, estos son elementos fundamentales en la descripción de esta especie. La inflorescencia se presenta en forma de panícula la cual es muy característica del género *Pennisetum* (Häfliger y Scholz, 1980; citados por Correa, 2004).

El *P. purpureum* (Maralfalfa) es un pasto de corte de alto rendimiento que permite incrementar la producción por hectárea y por lo tanto la capacidad de carga; su calidad nutricional cambia con la edad de corte (Correa, 2006). El tiempo óptimo de corte de este pasto, al igual que todos los pastos depende de muchos factores y su respuesta a dichos estímulos externos.

**Rendimiento.** En el cantón Chambo en Riobamba, a 2700 msnm, temperatura de 14°C y precipitación anual de 714 mm, Cruz (2008), obtuvo producciones de MV de 27,33 t ha<sup>-1</sup> sin fertilización y hasta 38 t ha<sup>-1</sup> con fertilización, a los 75 días de rebrote y a los 105 días alcanzó rendimientos de 39,33 y 55,33 t ha<sup>-1</sup>. Guzmán (2009) en el cantón Bolívar en Carchi obtuvo rendimientos de 54 a 94 t MV ha<sup>-1</sup> y 9 a 14 t MS ha<sup>-1</sup> con distintas dosis de fertilizantes foliares.

**Valor nutritivo.** El valor nutritivo del *P. purpureum* (Maralfalfa) declinó de 3 a 9 semanas de crecimiento en un estudio realizado por Clavero y Razz (2009) y sugieren que debe ser cosechado alrededor de las seis semanas de crecimiento para optimizar su valor nutritivo. Ramírez y Pérez (2006) en Venezuela, presentan valores de PC de 5,83 y 7,6% a los 45 y 60 días. Mientras que Correa (2006), en Colombia, reporta contenidos de PC de 21,80 y 22,05% y promedios de EE de 2,51 y 1,66% a los 56 y 105 días de corte, respectivamente. Por su parte, Carulla *et al.* (2004); citado

por Correa (2004), reporta el contenido de nutrientes (MS, PC, FDN y FDA) de este pasto cosechado a diferentes edades (**Cuadro 2**).

**Cuadro 2. Composición química del pasto *P. purpureum* Maralfalfa a diferentes edades de corte.**

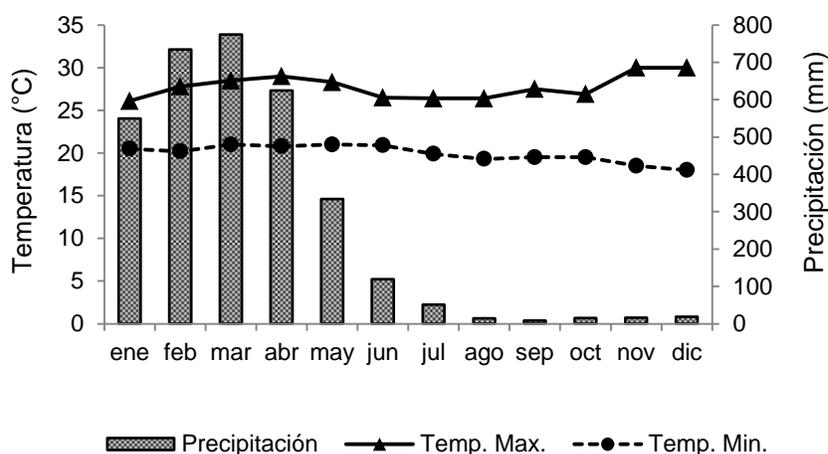
Fracción Química	Edad (días)					
	120	90	64	60	51	47
MS %	-	26	-	10,7	9,7	9,41
PC %	4,8	3,3	15,7	11,4	9,8	11,8
FDN %	69,8	81,9	64,5	68,3	66,3	64,6
FDA %	50,5	61,7	42,9	46,6	46,8	47,3

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Sitio de estudio.

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental El Oasis, que es una explotación agropecuaria perteneciente a la Unidad Académica de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Extensión Santo Domingo. La Granja El Oasis se encuentra ubicada en el km 4, margen izquierdo de la carretera a San Jacinto del Búa y está localizada a 0°13,29' de latitud sur, 79° 15,83' de longitud oeste y a 416 msnm. Los suelos se formaron sobre depósitos de ceniza volcánica y son clasificados como Andisoles. El clima prevalente se caracteriza por tener una temperatura media anual de 23,5 °C, humedad relativa de 85% y precipitaciones anuales de 2,600 a 2,800 mm durante los seis primeros meses del año que luego dan paso a una época seca que se acentúa a medida que pasan los meses (**Figura 1**) (Estación climatológica, UTE, 2012).



**Figura 1. Medias mensuales de precipitación y temperatura (máxima y mínima) durante el año 2012. Estación climatológica de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Extensión Santo Domingo.**

### 3.2 Técnicas, procedimientos, instrumentos y recursos

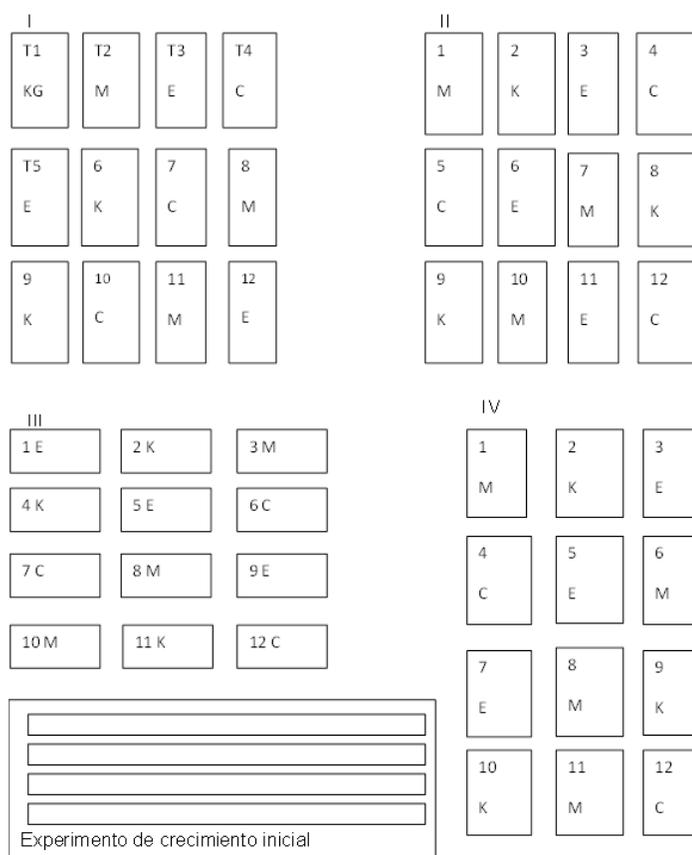
Con el objetivo de conocer el efecto de la edad de rebrote sobre la producción forrajera y composición química de *Pennisetum* se instaló un experimento en campo en el cual se sembraron aleatoriamente cuatro variedades de *P. purpureum* (Maralfalfa, King Grass, Elefante común y Camerún) combinadas con tres edades de rebrote (30, 45 y 60 días) para lo cual se delimitaron 48 parcelas experimentales (12 tratamientos y 4 repeticiones), cada una con un tamaño de 5 x 10 m (**Cuadro 3**) distribuidas en campo de acuerdo a la pendiente. Paralelamente se estableció una parcela de 4 x 50 m para el experimento de crecimiento inicial (**Figura 2**).

**Cuadro 3.** Definición de los tratamientos (variedad y edad de rebrote).

Tratamiento	Variedad forrajera	Edad
1	<i>P. purpureum</i> (Maralfalfa)	30
2	<i>P. purpureum</i> (Maralfalfa)	45
3	<i>P. purpureum</i> (Maralfalfa)	60
4	<i>P. purpureum</i> (King Grass)	30
5	<i>P. purpureum</i> (King Grass)	45
6	<i>P. purpureum</i> (King Grass)	60
7	<i>P. purpureum</i> (Camerún)	30
8	<i>P. purpureum</i> (Camerún)	45
9	<i>P. purpureum</i> (Camerún)	60
10	<i>P. purpureum</i> (Elefante común)	30
11	<i>P. purpureum</i> (Elefante común)	45
12	<i>P. purpureum</i> (Elefante común)	60

La investigación se realizó durante el primer año de establecimiento, para lo cual se analizó el comportamiento forrajero desde el crecimiento inicial hasta tres cortes evaluativos de 30, 45 y 60 días, posteriores al corte de igualación.

Para evaluar el crecimiento inicial, durante los primeros 90 días posterior a la siembra, se utilizó la metodología funcional (Carranza *et al.*, 2009), la cual comprende la toma de datos a intervalos de tiempos frecuentes y en un pequeño número de plantas. Para este efecto se sembró cinco cañas (de tres nudos) para cada una de las cuatro variedades, estableciéndose un total de 13 tratamientos (uno para cada semana) y se realizaron los muestreos destructivos semanalmente, para observar los componentes morfológicos de la planta (Amaro *et al.*, 2004; Ramírez *et al.*, 2009). En este ensayo, no se efectuó corte de igualación y se tomaron datos como altura de planta, peso de hojas, largo y peso de raíz y tallo. Se registró su peso en húmedo y en seco. Este experimento inicial se lo realizó en invierno, de enero a marzo del 2012 y sirvió para estimar la tasa de crecimiento del cultivo según la metodología de Amaro *et al.* (2004) y Ramírez *et al.* (2009).



**Figura 2. Distribución de tratamientos en área experimental**

En la evaluación del comportamiento agronómico y rendimiento forrajero en las cuatro variedades de *P. purpureum*, se midieron las variables (AP, NB, H:T, AF, t ha<sup>-1</sup> de MV y MS), según la metodología de varios autores, descritas más adelante.

Para determinar el efecto de la edad de rebrote sobre la composición química, se midieron variables de (%) MS, PC, FC, EE y Cen, según los métodos oficiales de la AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*), descritos por la FAO (2003).

### 3.3 Diseño experimental, factores y variables de estudio

La distribución de los tratamientos en campo fue de acuerdo a un Diseño de Bloques al Azar (DBCA) con dos Factores (edad y variedad) para ser evaluado en análisis grupal, con 4 repeticiones y tres ciclos de evaluación. Se utilizó la prueba de comparación de Tukey al 5%. Con modelos de regresión lineal y cuadrática para el factor edad de rebrote dentro de variedad. Dado que el tiempo de cosecha fue prolongado y la orografía o relieve del sitio experimental no fue uniforme, se controló la variación generada por este factor con DBCA, con el fin de buscar precisión, bajo el siguiente modelo:

#### 3.3.1 Modelo Estadístico

$$Y_{ijklm} = \mu + \beta_i + C_j + V_k + R_{l(k)} + \varepsilon_{ijklm}$$

Donde:

$Y_{ijklm}$  = Es la m-ésima observación de la l-ésima edad a rebrote dentro de la k-ésima variedad en el j-ésimo corte del i-ésimo bloque

$\mu$  = Media General

$\beta_i$  = Efecto del i-ésimo bloque

$C_j$  = Efecto del j-ésimo corte

$V_k$  = Efecto de la k-ésima variedad de *Pennisetum*

$R_{l(k)}$  = Efecto de la k-ésima edad a rebrote dentro de la l-ésima variedad

$\varepsilon_{ijklm}$  = Error aleatorio

### 3.3.2 Factores en estudio

Factor A: Edad de rebrote (30, 45 y 60 días).

Factor B: Variedades de *Pennisetum* (*P. purpureum* Maralfalfa, *P. purpureum* King Grass, *P. purpureum* Elefante común y *P. purpureum* Camerún).

### 3.3.3 Variables de estudio

**Altura de la planta.** La medición de la altura de la planta (AP), se realizó desde el nivel del suelo hasta el punto más alto de la hoja en su estado natural, es decir, sin estirla. Se utilizaron tres plantas por tratamiento (Clavero y Pulgar, 1995).

**Número de brotes.** Se contó el número de brotes (NB), hijuelos o ahijamientos de cada planta, cada planta estuvo constituida por una semilla con tres nudos. Asimismo, se utilizaron tres plantas por tratamiento (Clavero y Pulgar, 1995).

**Materia verde** (peso fresco x superficie (ha) /0,76). Para la determinación del rendimiento de MV expresado en  $t\ ha^{-1}\ corte^{-1}$ , se procedió de la siguiente manera: se tomó una muestra de tres plantas por parcela, se pesó y se promedió, finalmente se relacionó este peso a una hectárea, de acuerdo con la metodología de Ramírez y Pérez (2006). El factor 0,76 es el área aproximada de suelo que ocupa la planta proveniente de una semilla de tres nudos.

**Materia seca** (peso seco x superficie (ha) /0,76). Es la relación de peso seco y el peso fresco de la planta. La MS, se la expresó en porcentaje y rendimiento por hectárea ( $t\ ha^{-1}\ corte^{-1}$ ). Para obtenerla, se colocó la muestra fresca, por separado hojas y tallos, en fundas de papel con su respectiva etiqueta y luego de

deshidratarlas al ambiente (por 24 h aproximadamente), se las llevó a estufa a 60 °C hasta obtener un peso constante (Ramírez y Pérez, 2006).

**Tasa de crecimiento del cultivo (kg de MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).** Es el resultado de dividir el rendimiento por corte entre el período de cada edad de rebrote (30, 45 y 60 días). Esto se realizó para la producción de materia seca total y para la materia seca de hojas y tallos (Amaro *et al.*, 2004; Ramírez *et al.*, 2009).

**Proporción hojas** (hojas peso seco x 100 / peso seco total de la muestra). Es la relación de biomasa de hojas y la biomasa total de la planta (Valladares, 2004). Se separó los tallos de las hojas y se los pesó en verde y en base seca (Correa *et al.*, 2004). Los cálculos para este indicador se los realizó en base seca.

**Proporción tallos** (tallos peso seco x 100 / peso seco total de la muestra). Es la relación de biomasa de tallo y biomasa total de la planta (Valladares, 2004). Una vez obtenidas las proporciones de hojas y tallos se obtuvo la relación hoja:tallo, dividiendo el peso seco de las hojas entre el peso seco de los tallos (Correa *et al.*, 2004).

**Área foliar** (Peso hojas total de la planta x área calculada con Imagen de la hoja escaneada / peso de hoja escaneada). Se estimó escaneando primero una hoja y esta imagen se procesó mediante el software IMAGEJ (versión 1.45). Con esta información se procedió a calcular el área foliar (Rincón *et al.*, 2012). Con esto se determina la proporción de hojas que cubren la proyección de ellas en el suelo y es un indicador de la capacidad fotosintética de la planta.

**Contenido de materia seca (MS, %).** Para obtener el porcentaje de MS se estableció una relación del peso seco y el peso fresco de la planta (peso seco x 100/peso fresco). La estimación del % MS es de suma importancia para establecer las cantidades de nutrientes que los animales consumirán (Petruzzi *et al.*, 2005).

**Contenido de proteína cruda (PC, %).** El contenido de proteína de un alimento es una medida indirecta de sus nutrientes digestibles. La proteína ha sido el parámetro principal para medir la calidad de los forrajes tropicales (Cowan y Lowe, 1998). Su análisis se efectuó mediante el método de Kjeldahl (1883; citado por FAO, 2003) mismo que evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra, después de ser digerida con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador.

**Contenido de fibra cruda (FC, %).** Este método permite determinar el contenido de fibra en la muestra, después de ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación indica la cantidad de fibra presente

**Contenido de cenizas (cenizas, %).** En el análisis clásico de los alimentos se incinera la matriz orgánica en un horno de mufla (Wills, Balmer y Greenfield, 1980; citado por FAO, 2003) y se pesa el residuo inorgánico resultante a fin de obtener un valor para la ceniza en el sistema proximal de análisis. Corresponde al residuo inorgánico o contenido de minerales.

**Contenido de grasa o extracto etéreo (EE, %).** En este método, las grasas de la muestra fueron extraídas con éter de petróleo y evaluadas como porcentaje del peso después de evaporar el solvente.

En el **Cuadro 4** se presenta el esquema del análisis de varianza con el que se evaluaron las variables en estudio.

**Cuadro 4.** Fuentes de variación y grados de libertad.

FUENTES DE VARIACIÓN	GL
Total	143
Repeticiones	3
Corte	2
Tratamientos	(11)
Entre Variedades	3

Dentro Variedad 1 ( <i>P. purpureum</i> Maralfalfa)	(2)
Edad lineal	1
Edad cuadrática	1
Dentro Variedad 2 ( <i>P. purpureum</i> King Grass)	(2)
Edad lineal	1
Edad cuadrática	1
Dentro Variedad 3 ( <i>P. purpureum</i> Camerún)	(2)
Edad lineal	1
Edad cuadrática	1
Dentro Variedad 4 ( <i>P. purpureum</i> Elefante común)	(2)
Edad lineal	1
Edad cuadrática	1
Error	127

### 3.4 Manejo del experimento

#### 3.4.1 Preparación del área experimental

El ensayo se lo estableció en un terreno de un cuarto de hectárea aproximadamente, el cual fue ocupado anteriormente por pasto brachiaria. Se asperjó con un herbicida sistémico (glifosato). Una vez eliminado el pasto, se pasó una mano de rastra. Posteriormente se distribuyeron aleatoriamente las cuatro variedades de *Pennisetum*, delimitándose 48 parcelas, cada una de 5 x 10 m, con pasillos de 2 m, para facilitar las labores de cultivo y paso de los técnicos evaluadores.

#### 3.4.2 Establecimiento del cultivo

En cada parcela de 50 m<sup>2</sup> se realizaron 6 surcos a un metro de distancia entre ellos. La caña (que previamente fue seleccionada, limpiada, cortada en bicel y que contenía 3 nudos) fue sembrada a una distancia de 50 cm entre una y otra caña, enterrada a unos 3 a 5 cm de profundidad, cuidando que no queden bolsas de aire.

El mismo método de siembra se utilizó para las cuatro variedades. La siembra se la realizó en la temporada lluviosa. Se efectuaron tres resiembras debido a inundaciones imprevistas.

### **3.4.3 Control de malezas**

El control de malezas (manual) se realizó a los ocho días de haber realizado el corte de igualación. Posteriormente, durante la evaluación se realizó el control químico con un herbicida comercial 2-4D amina, para hoja ancha utilizando 150 mL/bomba de 20 litros. Debido a la presencia de gramíneas durante la investigación, se empleó además un herbicida de contacto (Paraquat), utilizando una dosis de 80 mL en 20 L de agua.

### **3.4.4 Fertilización**

Para que no existiera ninguna limitación del suelo y poder evaluar el comportamiento forrajero en ese ambiente, se realizó dos fertilizaciones, previo un análisis de suelo. Se emplearon los siguientes fertilizantes, previo al corte de uniformidad o igualación (dosis por ha): Urea 56 kg, DAP 43 kg, cloruro (muriato) de potasio (KCl) 33 kg, sulfato de magnesio (SMg) 60 kg. Posteriormente al corte se aplicó urea, N-P-K-Mg-S (21-12-15-3-4) y SMg, en dosis de 180, 450 y 272 kg por hectárea, respectivamente.

### **3.4.5 Cortes de uniformidad**

Este corte se realizó con el objetivo de que todas las plantas tengan un tamaño homogéneo, ya que las siembras de cada variedad se realizaron en diferentes días y además se efectuaron resiembras.

El primer corte de uniformidad fue el 12 de junio del 2012 (a los 90 días luego de la resiembra). Los posteriores cortes de igualación se los realizó inmediatamente luego

del muestreo de 30, 45 y 60 días, a una altura aproximada de 5 cm del suelo, para repetir el experimento en 3 ocasiones.

#### **3.4.6 Cortes evaluativos**

Se evaluó el comportamiento agronómico de las cuatro variedades de *P. purpureum*: Maralfalfa, King Grass, Camerún y Elefante común a los 30, 45 y 60 días de corte, en 3 ocasiones o ciclos de muestreo: el primer muestreo fue entre julio (parcelas de 30 días) y agosto (parcelas de 60 días) del 2012, es decir al iniciar la época seca. El segundo muestreo se lo hizo entre septiembre y octubre del mismo año (época seca). Finalmente, el tercero se realizó a inicios de la época lluviosa, entre los meses de diciembre y enero del 2013.

La metodología del muestreo fue la siguiente:

- Se tomaron en forma aleatoria tres plantas de cada parcela, en las cuales se midió la altura de planta desde el suelo hasta la parte más alta, luego se cosechó el forraje realizando el corte a una altura de 5 cm del suelo aproximadamente.
- El forraje cosechado se pesó inmediatamente con la finalidad de determinar la cantidad de MV producida. Luego se procedió a tomar submuestras del material cosechado.
- Se separó de la submuestra las hojas de los tallos y se pesó por separado para determinar la MV de cada uno de ellos, posteriormente fueron llevados a estufa a 65°C hasta lograr peso constante.
- Paralelamente, se pesó una hoja y se la escaneó para determinar el AF.

### 3.4.7 Determinación de la materia seca (MS)

Una vez separadas las hojas de los tallos, se procedió a cortarlos en pedazos pequeños para poder obtener su peso en fresco y posteriormente se deshidrataron al ambiente aproximadamente por 24 horas e inmediatamente fueron llevados a estufa a 60°C hasta lograr peso constante, el cual se lo registró y de esta manera se obtuvo la MS, de cada una de las muestras. Para obtener el porcentaje de MS se estableció una relación del peso seco y el peso fresco de la planta. Mientras que para expresar el rendimiento de MS se relacionó este peso seco a la producción de MS en una hectárea.

### 3.4.8 Determinación de área foliar

El procedimiento utilizado para determinar el AF fue el siguiente:

- Primero se determinó el peso de MV de la hoja (lámina foliar y vaina).
- Luego se digitalizó la hoja usando un escáner común (HP office jet 6700 A plus), colocando un cuadrado de papel de 5 cm junto a la hoja para referencia. Esto permitió lograr una imagen de 100 ppi que se guardó en formato JPEG.
- Basándose en la metodología reportada por Rincón *et al.* (2012), se utilizó el software de procesamiento de imágenes IMAGEJ (versión 1.45), para determinar el área foliar de la hoja. Con los datos de peso y área foliar de la hoja se procedió a realizar los cálculos para estimar el IAF.

Con el AF se determina la proporción de hojas que cubren la proyección de ellas en el suelo y esto es un indicador de la capacidad fotosintética de la planta. Se lo estimó escaneando primero la hoja muestreada y esta imagen se procesó mediante el software IMAGEJ (versión 1.45). Con esta información se procedió a calcular el área foliar (AF) mediante la siguiente fórmula:

$$AF = \frac{ph \times AFm}{phs}$$

AF = área foliar

ph = peso de submuestra hojas

AFs = área foliar de la hoja escáner

phs = peso de hoja a escáner

### **3.4.9 Determinación de la composición química**

Se utilizaron las submuestras en base seca del tercer corte, de tres repeticiones, se molieron hasta obtener aproximadamente 50 g para proceder a realizar los respectivos análisis (25-03-2013), en las instalaciones del laboratorio de la UTE, donde se determinó el contenido de PC, FC, EE y Cen (análisis proximal).

### **3.4.10 Experimento de crecimiento inicial**

Para evaluar el crecimiento inicial durante 90 días luego de la siembra (sin previo corte de igualación) de cada una de las variedades de *P. purpureum* se establecieron en campo 13 tratamientos. Cada tratamiento contenía cinco cañas (de tres nudos) para cada variedad. Se realizaron muestreos destructivos semanales, durante 13 semanas. Se tomaron datos como altura de planta, peso de hojas, largo y peso de raíz y tallo. Se registró su peso en húmedo y en seco. Este experimento se lo realizó en invierno y sirvió para estimar la tasa de crecimiento del cultivo.

### **3.4 Análisis económico**

Se evaluaron los costos de establecimiento y mantenimiento del pastizal, mediante el método de costos ABC y se comparó con el costo total de producción de forraje verde a los 30, 45 y 60 días, para conocer el beneficio/ costo.

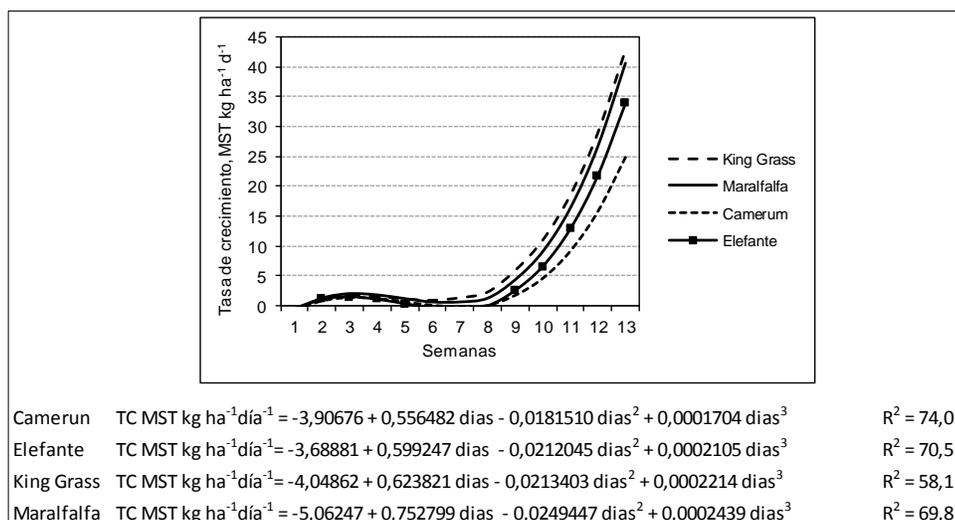
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Crecimiento inicial

##### 4.1.1. Tasa de crecimiento del cultivo

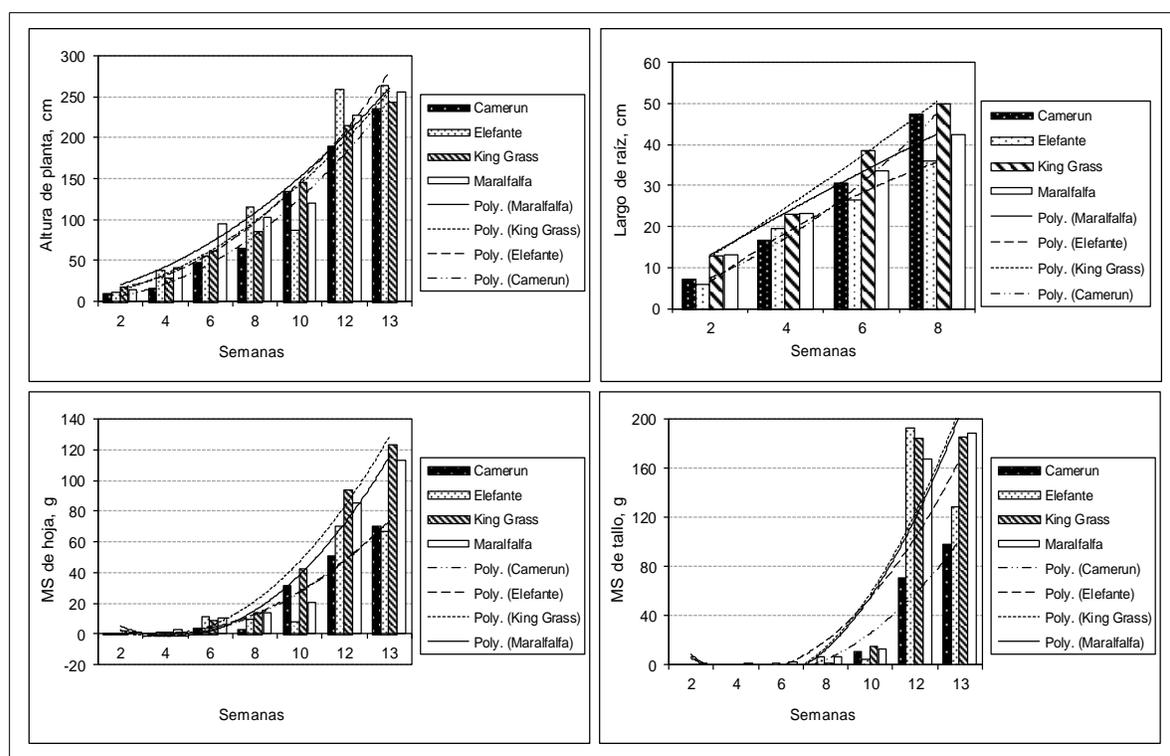
En el crecimiento inicial se observó una tendencia cuadrática de crecimiento a partir de la séptima semana de edad ( $P < 0,05$ ), donde las variedades *P. purpureum* King Grass y Maralfalfa tuvieron un comportamiento similar ( $P > 0,05$ ), seguidas de *P. purpureum* Elefante común y Camerún, siendo esta última la que obtuvo la menor tasa de crecimiento (**Figura 3**).



**Figura 3.** Tasa de crecimiento del cultivo en materia seca total (MST), kg ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> durante las primeras trece semanas de crecimiento del cultivo.

#### 4.1.2. Altura de planta, largo de raíz y materia seca de hoja y tallo

Durante el crecimiento inicial se observó que durante las primeras cinco semanas posteriores a la emergencia, el sistema radicular se desarrolló significativamente ( $P < 0,05$ ) para posteriormente dar soporte al crecimiento de tallos y hojas (**Figura 4**). El comportamiento de la altura de la planta fue cuadrático positivo durante las primeras trece semanas de crecimiento ( $P < 0,05$ ), observándose que la variedad *P. purpureum* Elefante común luego de la semana diez tuvo un crecimiento exponencial significativo ( $P < 0,05$ ). La AP de la semana 12 a la semana 13 mostró el potencial de crecimiento que tienen las plantas del género *Pennisetum* en el crecimiento inicial.



**Figura 4. Variables agronómicas para cuatro variedades de *Pennisetum* en crecimiento inicial.**

## 4.2. Cortes evaluativos

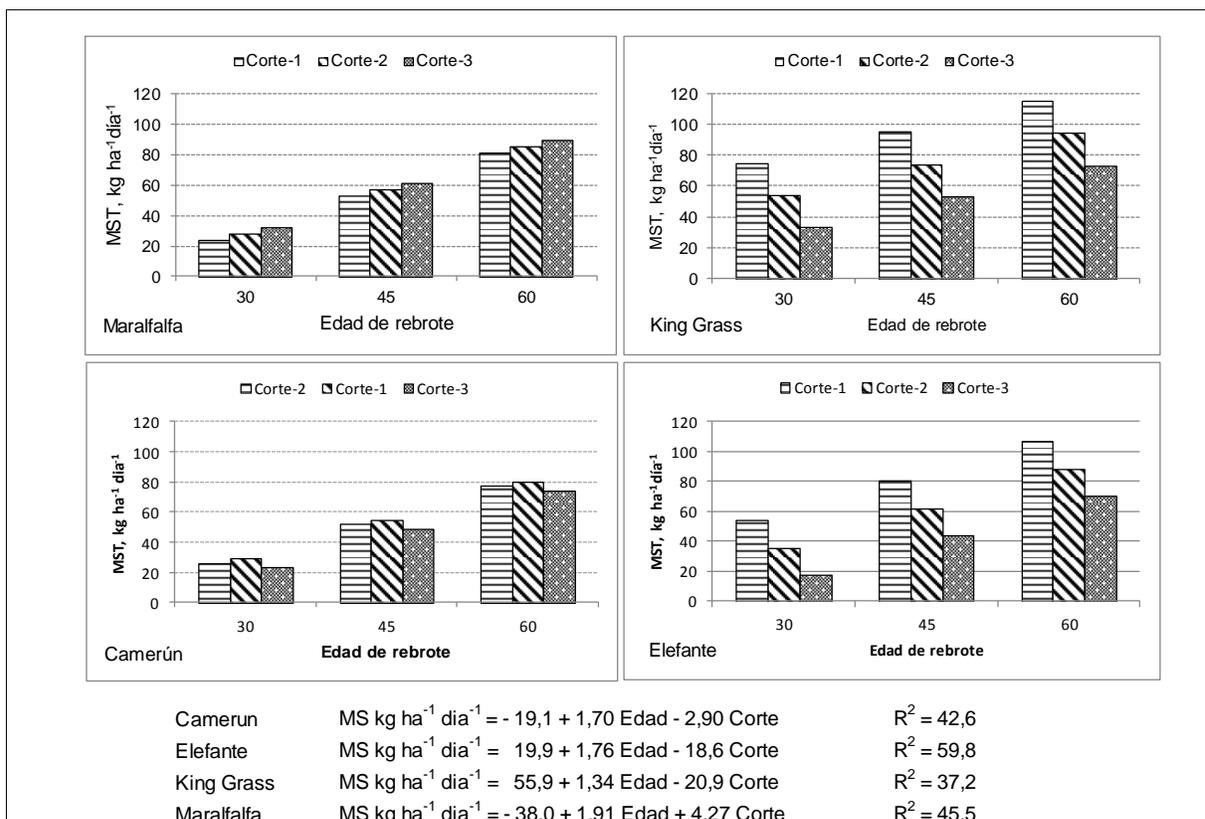
### 4.2.1. Tasa de crecimiento del cultivo

Al evaluar la tasa de crecimiento ( $\text{MS kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ), en cada uno de los tres cortes evaluativos se observó que la variedad *P. purpureum* Maralfalfa tuvo un comportamiento lineal positivo ( $P > 0,05$ ) entre cortes, lo cual indica la capacidad de esta variedad para el rebrote después del corte o cosecha. Para las variedades *P. purpureum* King Grass y Elefante común se observó un comportamiento lineal negativo dentro de edad de rebrote para los tres cortes ( $P < 0,05$ ), lo cual puede ser un indicador de que estas variedades reducen su tasa de crecimiento en respuesta al corte o la cosecha durante la época de verano. Para el primer corte se observó que la variedad *P. purpureum* King Grass fue un 27, 15 y 7 % superior en las edades de rebrote de 30, 45 y 60 días respectivamente en la tasa de crecimiento con respecto a la variedad *P. purpureum* Elefante común ( $P < 0,05$ ). La variedad *P. purpureum* Camerún tuvo un comportamiento cuadrático ( $P > 0,05$ ) en la tasa de crecimiento en respuesta al corte dentro de cada una de las edades de rebrote evaluadas, lo cual puede ser un indicador de que en la época de verano esta variedad tuvo buenas reservas de carbohidratos para el segundo rebrote pero su tasa de crecimiento se redujo en el tercero debido posiblemente al estrés hídrico (**Figura 5**).

### 4.2.2. Altura de planta (AP)

Para la variable AP no se observaron diferencias ( $P > 0,05$ ) entre las variedades *P. purpureum* Maralfalfa, King Grass y Elefante común, pero si con respecto a *P. purpureum* Camerún que fue la variedad que presentó menor AP (135,52 cm), como lo demuestra el **Cuadro 5**. En cuanto a las edades de rebrote hubo diferencias ( $P < 0,05$ ) a los 30, 45 y 60 días (**Cuadro 6**). Se encontró una tendencia lineal ( $P < 0,05$ ) para edad de rebrote dentro de la variedad Maralfalfa pero no así para las variedades *P. purpureum* Camerún, King Grass y Elefante común. La tendencia cuadrática de edad de rebrote dentro de variedad no fue significativa ( $P > 0,05$ ) para ninguna de las

variedades (**Anexo A Cuadro A1**). En la **Figura 6** se observa un incremento proporcional de AP con la edad de rebrote, notándose que la variedad *P. purpureum* Camerún fue la que tuvo la menor AP y la variedad *P. purpureum* Maralfalfa la mayor AP.



**Figura 5. Tasa de crecimiento del cultivo en materia seca total, kg ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> durante los tres cortes evaluativos a diferentes edades de rebrote.**

Los resultados observados en el presente estudio durante el primer año de establecimiento para la variedad *P. purpureum* Maralfalfa a los 30, 45 y 60 días de rebrote (101,56; 172,47; y 222,97 cm, respectivamente), como se observa en el **Cuadro 7**, son superiores a los encontrados por Cruz (2008) en un estudio llevado a cabo en el cantón Chambo en Riobamba, a 2700 msnm, temperatura de 14°C y precipitación anual de 714 mm, quien reportó AP de 133,17; 173,50 y 112,50 cm a los 75, 105 y 135 días de rebrote, respectivamente. Estos resultados pueden ser

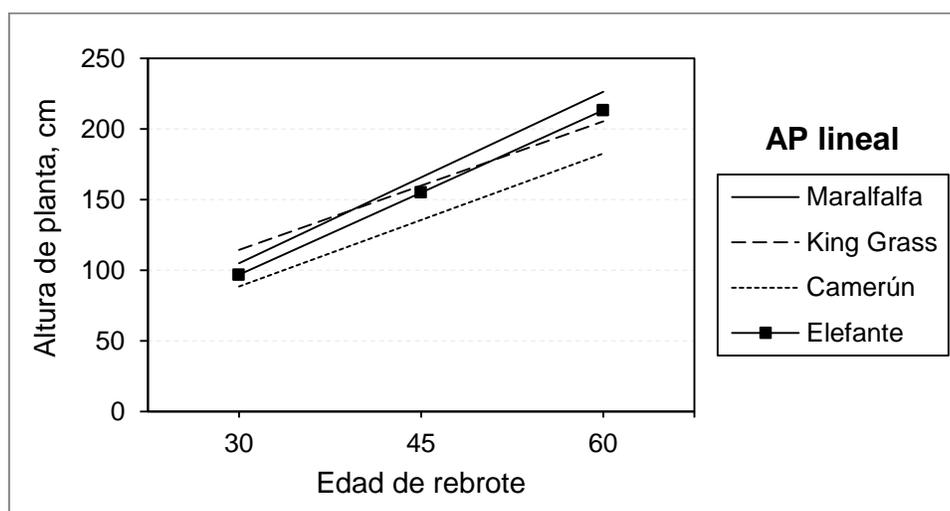
explicados por la influencia de la temperatura ambiental sobre el crecimiento de las plantas. En general, el rango óptimo para los pastos tropicales va entre 25 y 35°C para que puedan expresar su potencial de producción (Jiménez, 2008).

Con respecto a la variedad *P. purpureum* Camerún, la AP para los 30, 45 y 60 días de rebrote fue de 87,22, 137,97 y 181,36, respectivamente (**Cuadro 7**), siendo superior a lo reportado por Cáceres *et al.* (2007) en un trabajo realizado en dos estaciones (otoño e invierno) en la Costa central de Perú quienes reportaron para esta misma variedad AP de 83,1; 134,1; 148; 164,2 y 160,1 cm a diferentes edades (4, 5, 6, 7 y 8 semanas de edad de rebrote) en otoño (con temperaturas entre de 16 y 23,7°C). De igual forma Madera *et al.* (2013), en sus ensayos con el pasto *P. purpureum* Camerún en Yucatán, México, con un clima cálido subhúmedo, con temperatura y precipitación de 26,1°C y 800 mm, obtienen AP de 74,75 y 87,50 cm a los 45 y 60 días, respectivamente. Lo anterior es un indicador de que el clima y la altitud, probablemente podrían ser factores que afectan significativamente el desarrollo (AP) de las plantas de esta variedad de *Pennisetum*.

En un estudio llevado a cabo por Sarmiento (2012), en el cantón La Independencia provincia del Azuay con tres pastos de corte del género *Pennisetum*, reporta diferencias significativas en la variable AP con promedios de 222, 241, 281 y 298 cm a los 45, 60, 75 y 90 días respectivamente. De igual forma Álvarez (2004), en sus ensayos realizados en el departamento de Antioquía en Colombia caracterizado como bosque húmedo premontano con *P. purpureum*, *Schumacher* en la fase de establecimiento, reportó alturas entre 230 cm y 250 cm a los 120 días de edad de rebrote. Evidentemente la edad de rebrote afecta la AP existiendo una relación proporcional entre ambas variables. Si las condiciones ambientales son favorables, los *P. purpureum*, son especies que poseen un rápido crecimiento, esta característica botánica general de estos forrajes, les permite ser aprovechados para corte.

En Venezuela en el Estado de Zulia Clavero y Pulgar (1995), realizaron un experimento en una región caracterizada como bosque muy seco tropical con la variedad *P. purpureum* cv. Mott cosechada a 10 cm de corte reportando AP de 65,38; 98,89 y 126,24 cm a los 28, 42 y 56 días, respectivamente. Similar a lo encontrado por Faria *et al.* (1997) en el mismo Estado Zulia, con un suelo franco arenoso, quienes al evaluar el efecto de cuatro niveles de N y tres de P en la variedad *P. purpureum* cv. Mott, encontraron para la variable AP valores entre 70,55 y 90,87 cm a los 45 días de rebrote.

Se han realizado un sinnúmero de trabajos en estas especies forrajeras en distintos sitios de Latinoamérica y del resto del mundo para observar su adaptabilidad, producción y persistencia. Las diferencias en los resultados, ponen en evidencia la acción conjunta de los elementos que conforman el clima y que ejercen sobre el desarrollo de las plantas en general. El trópico húmedo es propicio para que estas especies puedan expresar su potencial de crecimiento. Asimismo, los factores tales como: suelo, manejo y sitio del experimento, son otras variables a considerarse.

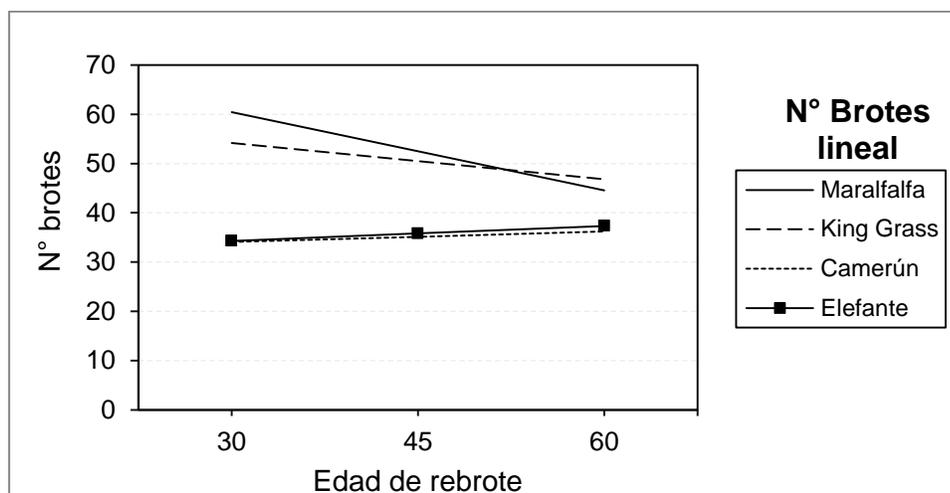


**Figura 6. Altura de planta según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

### 4.2.3. Número de brotes (NB)

En el **Cuadro 5** se observa que las variedades *P. purpureum* Maralfalfa y King Grass son similares ( $P > 0.05$ ) en cuanto al NB (con 52,51 y 50,49 brotes, respectivamente), siendo superiores ( $P < 0,05$ ) con respecto a *P. purpureum* Camerún y Elefante (con un promedio de 35 brotes). En lo referente a la edad de rebrote, esta no tuvo mayor efecto ( $P > 0.05$ ) sobre el NB (**Cuadro 6**), similar a lo encontrado por Madera *et al.* (2013), quienes tampoco obtuvieron diferencias en el número de hijuelos. En la **Figura 7**, se observa que el NB para *P. purpureum* Maralfalfa y King Grass disminuye con respecto a la edad de rebrote, probablemente porque gran parte de las reservas energéticas utilizadas para la formación de nuevos brotes, son empleadas para el mantenimiento y desarrollo de los componentes morfológicos de la planta (Del Pozo, 2002).

Miranda *et al.* (2012), reportaron a los 90 días un promedio de brotes de 34,7 y 36 para *P. purpureum* King Grass y de 41,3 y 43 para *P. purpureum* x *P. glaucum* (Cuba OM-22), en el primer y segundo corte respectivamente. Una respuesta similar hubo en el presente estudio, encontrándose un mayor ( $P < 0,05$ ) NB en el segundo corte (**Anexo A Cuadro A4**), esto gracias a la capacidad de las gramíneas de propagarse mediante división de sus macollas que arraigan con gran facilidad, debido a que sus vástagos están provistos de fuertes y abundantes raíces, tal como lo describe León y Ravelo (2007); citado por Miranda *et al.* (2012).

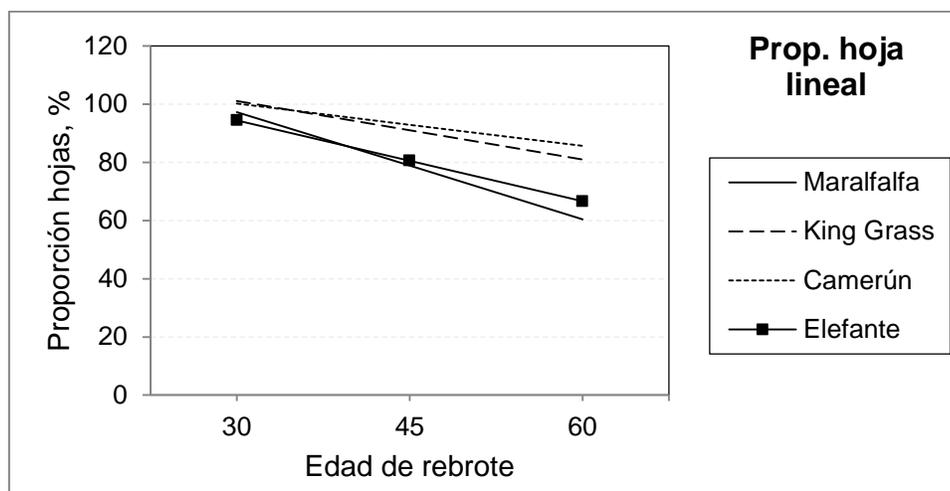


**Figura 7. Número de brotes según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

#### 4.2.4 Proporción de hojas

La proporción de hojas, en las variedades *P. purpureum* Camerún y King Grass fueron similares ( $P > 0,05$ ), tal como lo indica el **Cuadro 5**, observándose una mayor ( $P < 0,05$ ) proporción de hojas para *P. purpureum* Camerún y King Grass (92,93% y 90,95, respectivamente), con respecto a *P. purpureum* Elefante común y Maralfalfa (80,57% y 78,88%). Además, se encontró que existen diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre edades de rebrote (97,77%, 86,70% y 73,03%, a los 30,45 y 60 días, respectivamente), como lo demuestra el **Cuadro 6**.

No se encontró una tendencia lineal significativa ( $P > 0,05$ ) para edad de rebrote dentro de ninguna de las variedades. La tendencia cuadrática de la edad de rebrote dentro de la variedad *P. purpureum* Elefante común fue significativa ( $P < 0,05$ ), mientras que para el resto de variedades no fue significativa ( $P > 0,05$ ) (**Anexo A Cuadro A5**). En la **Figura 8** se observa una disminución de la proporción de hoja, a medida que aumenta la edad.



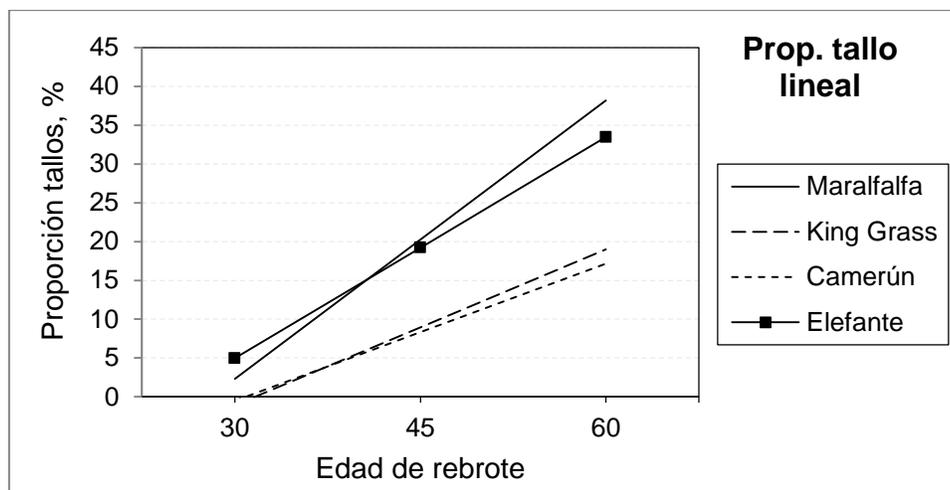
**Figura 8. Proporción de hojas según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

En el estudio de Martínez y Herrera (2006; citados por Herrera, 2009), obtuvieron porcentajes de hojas del 31,6% para *P. purpureum* King Grass y 40% para Cuba CT-115, por debajo de los resultados del presente estudio, probablemente porque las edades de rebrote eran mayores y consecuentemente la proporción de las hojas tiende a disminuir con la edad.

#### 4.2.5 Proporción de tallos

Para la variable proporción de tallos, se observó un comportamiento inverso al de la proporción de hojas, es decir que las variedades que tuvieron menor proporción de hojas, presentaron mayor proporción de tallos, así *P. purpureum* Maralfalfa y Elefante común obtuvieron 21,21% y 19,73%, respectivamente, siendo similares ( $P > 0.05$ ) entre sí, pero diferentes ( $P < 0.05$ ) con respecto a *P. purpureum* King Grass, que alcanzó un 8,90% en la proporción de tallos (**Cuadro 5**). El **Cuadro 6** indica que existieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las edades de 30, 45 y 60 días. Asimismo, en la **Figura 9**, está representada la variable proporción de tallos, donde se puede observar que existe un incremento proporcional con la edad de rebrote.

Para poder comparar los resultados obtenidos con otros trabajos de investigación, se determinó la relación entre hoja y tallo.



**Figura 9. Proporción de tallos según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

La relación hoja:tallo (H:T) en promedio a los 30, 45 y 60 días en *P. purpureum* Maralfalfa fue de 3,71. Correa *et al.* (2004) en una zona fría de Antioquia Colombia, quien obtuvo para *P. purpureum* Maralfalfa, valores de 0,87 y 1,88 (en promedio de 40 a 110 días de corte) con y sin fertilización, respectivamente. La diferencia de la relación H:T probablemente se debe a las distintas edades de corte en las que se efectuaron dichos ensayos (a mayor edad mayor proporción de tallos y menor de hojas).

En cuanto a la variedad *P. purpureum* Camerún la relación H:T a los 60 días de rebrote fue de 5,83, siendo similar al valor alcanzado por Cáceres *et al.* (2007) a la misma edad (5,4) en un estudio realizado en dos estaciones (otoño e invierno) en la costa central de Perú, en el cual reportaron para *P. purpureum* Camerún una relación H:T de 1,6; 1,5; 1,1; 1,0 y 1,5 (a las 4, 5, 6, 7 y 8 semanas, respectivamente) en otoño y 14,1; 4,9; 4,5; 6,1 y 5,4 (a las 4, 5, 6, 7 y 8 semanas, respectivamente) en

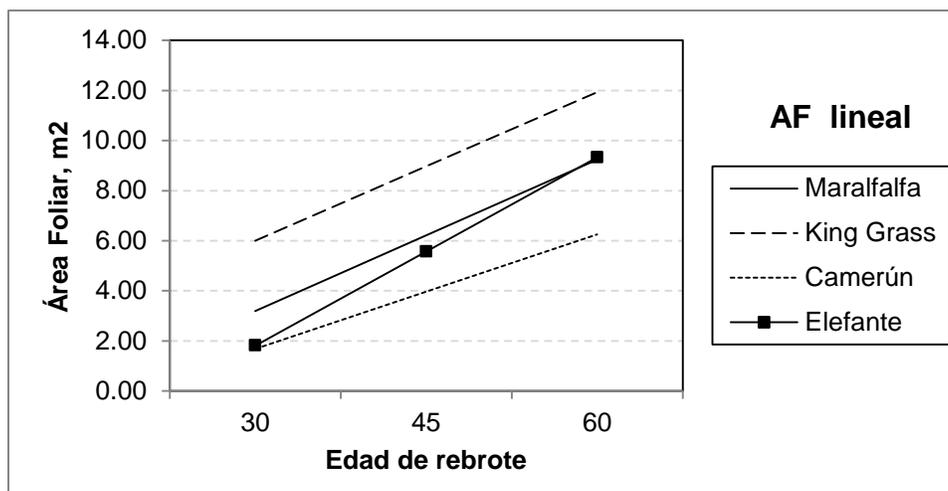
invierno. Por otro lado, Araya y Boschini (2005) en Costa Rica, reporta una relación H:T de 0,93 para esta variedad, a los 70 días.

Para la variedad *P. purpureum* King Grass, se encontró una relación H:T de 3,85 a los 60 días de rebrote, mostrando resultados superiores a los de Araya y Boschini (2005) en Costa Rica, quienes reportan el valor de 1 para esta variedad, a los 70 días. En tanto que Espinoza *et al.* (2005) en Maracay Venezuela reportaron para *P. purpureum* King Grass a los 60 días una relación H:T de 8,3; 4,1; 7,1; 6,5 (en época seca, transición seca-lluvia, lluvia y transición lluvia-seca, respectivamente), siendo superiores a los encontrados en el presente trabajo.

En forma general, las cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* presentaron una mayor producción de hojas y tallos conforme avanzó la edad, sin embargo la producción de tallos superó a la producción de hojas a los 60 días, observándose de esta manera, una relación H:T menor conforme avanza la edad de rebrote y por consiguiente una inferior calidad del pasto, ya que los nutrientes están concentrados en las hojas. Es así como se destaca la importancia de esta variable por ser un indicador indirecto del valor nutritivo de la planta.

#### 4.2.6 Área foliar (AF)

Para la variable AF se encontraron diferencias ( $P < 0,05$ ) entre *P. purpureum* King Grass y las demás variedades, asimismo, hubo diferencias ( $P < 0,05$ ) entre las edades de rebrote. En el **Cuadro 5** se observa que la variedad *P. purpureum* King Grass obtuvo mayor ( $P < 0,05$ ) AF seguida de *P. purpureum* Maralfalfa, Elefante común y Camerún (8,97; 6,21; 5,60 y 4,00 m<sup>2</sup>, respectivamente), las cuales no presentaron diferencias ( $P > 0,05$ ) entre sí. Dentro de edades de rebrote se encontraron diferencias ( $P < 0,05$ ) con promedios de 3,14; 6,35 y 9,10 m<sup>2</sup> a los 30, 45 y 60 días (**Cuadro 6**). En la **Figura 10** está representado el incremento del AF a medida que avanza la edad de rebrote.



**Figura 10. Área Foliar según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

Correa *et al.* (2004), obtiene para *P. purpureum* Maralfalfa, valores promedio para AF de 447 y 331,53 cm<sup>2</sup> con y sin fertilización, respectivamente, en un periodo de 40 a 110 días de corte. Similares resultados obtuvieron Nava *et al.* (2013), para CT-115 con una AF de 360,5 y 360 cm<sup>2</sup> en dos densidades de siembra, en un trabajo realizado en una zona semiárida de México, con precipitación y temperatura promedio anual de 528 mm y 22°C. Estos autores indican la relación del área foliar y el peso de una hoja (área específica foliar), mientras que en el presente estudio se determinó la relación del área foliar y el peso total de las hojas de una planta. Ambas variables sirven como indicadores de la capacidad fotosintética de las plantas, ya que el mantenimiento de una AF capaz de interceptar la cantidad de luz necesaria para la acumulación de elementos (C, O, H) a través del proceso de fotosíntesis, los cuales son la materia prima para la síntesis de todos los compuestos orgánicos de las plantas, es responsable del crecimiento de las mismas (Jiménez, 2008).

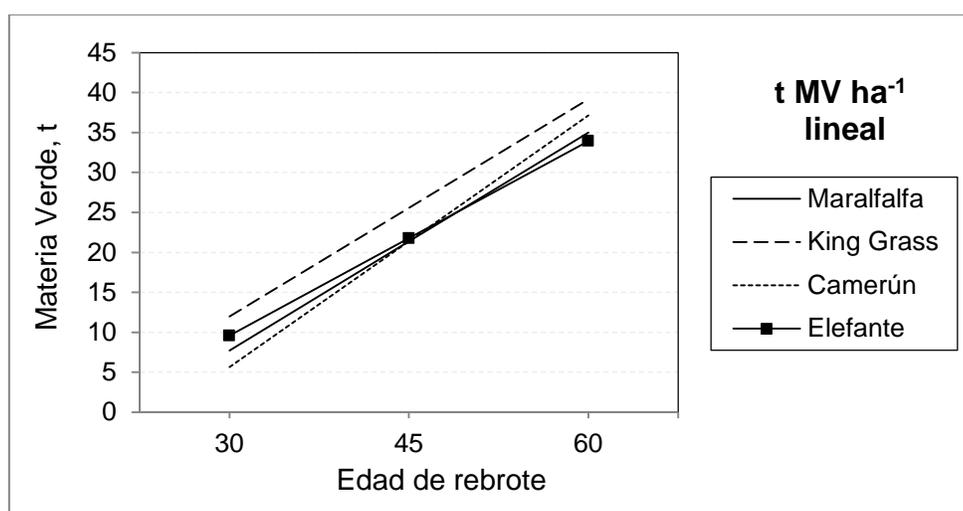
#### 4.2.7 Rendimiento de materia verde (MV, t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>)

No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre variedades en lo referente a esta variable de producción (**Cuadro 5**), pero si hubo diferencias ( $P < 0,05$ ) entre las edades de rebrote. En el **Cuadro 6** se observa los diferentes ( $P < 0.05$ ) promedios de las cuatro variedades, por edad de rebrote 8,39; 23,24 y 36,95 t ha<sup>-1</sup> MV para 30, 45 y 60 días, respectivamente. Para la interacción de edad de rebrote por variedad se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la mayoría de las combinaciones, debido a la fuerte influencia de la edad sobre el rendimiento de MV, siendo la variedad *P. purpureum* King Grass la de mayor ( $P < 0.05$ ) producción de MV (11,23; 27,10 y 38,40 t ha<sup>-1</sup> MV a los 30, 45 y 60 días, respectivamente (**Cuadro 8**). La **Figura 11**, muestra el incremento en la producción de MV a medida que aumenta la edad.

Los resultados obtenidos para la variable rendimiento de MV en la variedad *P. purpureum* Maralfalfa a los 30, 45 y 60 días de rebrote fueron 7,90; 21,02 y 35,17 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (**Cuadro 8**). Los valores alcanzados a los 60 días fueron similares a los de Cruz (2008), quien obtuvo a los 75 días de rebrote, un rendimiento promedio de MV de 33,80 y hasta 38 t ha<sup>-1</sup> con fertilización. Correa *et al.* (2004), en esta misma variedad alcanza (entre los 40 y 110 días de rebrote) un promedio de 32,40 y hasta 117,5 t ha<sup>-1</sup> con fertilización. Lo cual podría ser un indicativo de que estas gramíneas de corte son muy extractivas, poniendo de manifiesto los altos requerimientos de agua y nutrientes del suelo (Rúa, 2008).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo en *P. purpureum*: Maralfalfa 21,36; Camerún 21,40; Elefante común 21,76 y King Grass 25,58 t ha<sup>-1</sup> (promedio de 30, 45 y 60 días) (**Cuadro 5**), están por debajo del potencial de producción de los *Pennisetum* en el clima tropical húmedo, debido a que las evaluaciones se realizaron inmediatamente luego del establecimiento de la pradera, destacándose que hubo una fuerte influencia de la época seca (corte 2), en la cual hubo, lógicamente, una

menor producción (**Anexo A Cuadro A11**). Cabe mencionar también, que las producciones de MV reportadas por otros autores, corresponden a edades mayores de 60 días de rebrote, donde la producción de tallos se incrementa exponencialmente con la edad. Así pues, Araya y Boschini (2005) reportan a los 70 días para varios ecotipos de *P. purpureum* una producción de 18,99 y 32,39 t ha<sup>-1</sup> para hojas y tallos, respectivamente.

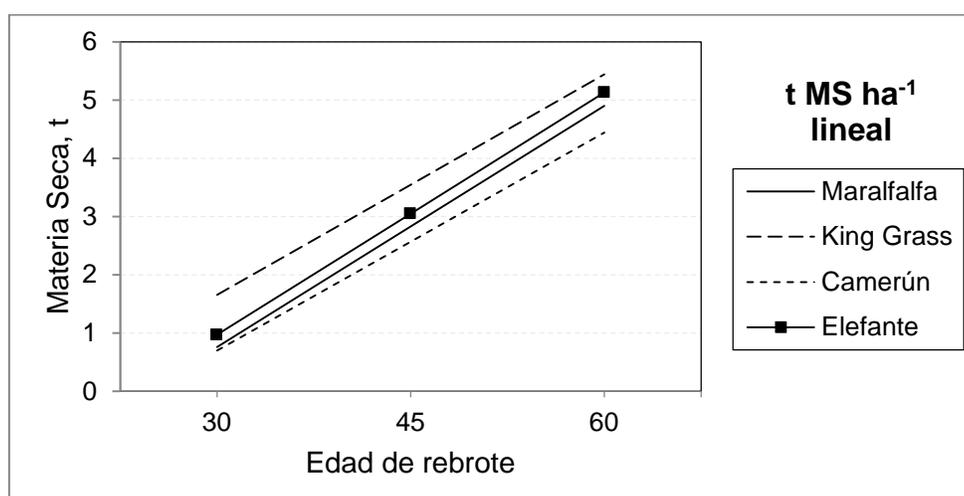


**Figura 11. Rendimiento de MV por hectárea según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

#### 4.2.8. Rendimiento de materia seca (MS, t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>)

Para esta variable, fueron similares ( $P > 0,05$ ) las variedades *P. purpureum* Maralfalfa, Elefante común y King Grass, siendo esta última superior ( $P < 0,05$ ) a *P. purpureum* Camerún, observándose producciones en el orden que a continuación se mencionan: *P. purpureum* King Grass con 3,55; seguida de *P. purpureum* Elefante común con 3,05; *P. purpureum* Maralfalfa con 2,83 y *P. purpureum* Camerún con 2,57 t MS ha<sup>-1</sup> (**Cuadro 5**). En el **Cuadro 6**, se aprecia que hubo efecto ( $P < 0,05$ ) de la edad de rebrote sobre la producción de MS (0,9; 3,2 y 4,9 t MS ha<sup>-1</sup> a los 30, 45 y 60 días, respectivamente). Se encontró una tendencia lineal ( $P < 0,05$ ) para edad de

rebrote dentro de la variedad *P. purpureum* King Grass, pero no ( $P > 0,05$ ) para las variedades *P. purpureum* Maralfalfa, Camerún y Elefante común (**Anexo A Cuadro A12**). En la **Figura 12** se observa el incremento proporcional de la producción de MS con respecto a la edad de rebrote.



**Figura 12. Rendimiento de MS por hectárea según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

Los resultados obtenidos para la variedad *P. purpureum* Maralfalfa a los 30, 45 y 60 días fueron de 0,71; 2,93; y 4,86 t MS ha<sup>-1</sup> (**Cuadro 8**), siendo el rendimiento obtenido a los 60 días similar al encontrado por Cruz (2008) a los 75 días con 5,66 t MS ha<sup>-1</sup> y al reportado por Ávalos (2009) de 5,06 t MS ha<sup>-1</sup> a los 52 días.

Para las variedades *P. purpureum* King Grass y Camerún se obtuvieron rendimientos de MS a los 60 días de 5,16 y 4,43 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (**Cuadro 8**), inferiores a los encontrados por Araya y Boschini (2005), quienes obtuvieron en época lluviosa a los 75 días, producciones de 7,3 t MS ha<sup>-1</sup> para la variedad *P. purpureum* King Grass, mientras que para *P. purpureum* Camerún las producciones fueron de 4,94 t MS ha<sup>-1</sup>, siendo similares, a las encontradas en el presente estudio. Asimismo, Ramírez *et al.*

(2008), en la provincia de Granma, en el período poco lluvioso, reportó 4,92 t MS ha<sup>-1</sup> para *P. purpureum* Cuba CT 169.

En cuanto a la edad de rebrote Herrera (2009), en un trabajo realizado en un suelo de mediana a baja salinidad y en período poco lluvioso, sin riego ni fertilización obtuvo para los clones de *Pennisetum* CT-115 y RS-508, rendimientos de MS de 0,52 y 0,62 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, a la edad de 30 días y 1,29 y 1,48 t ha<sup>-1</sup> para cada clon respectivo, a los 60 días, siendo inferiores a los del presente estudio. El mismo autor, obtuvo en el período lluvioso rendimientos de 0,70 y 0,72 t ha<sup>-1</sup> de MS a los 30 días, similares a los encontrados en el presente trabajo a la misma edad (0,9 t ha<sup>-1</sup>), mientras que a los 60 días si hubo diferencias, siendo inferiores las producciones de los clones mencionados (1,21 y 1,62 t ha<sup>-1</sup> de MS). De esta manera, se observa que este género *Pennisetum* para alcanzar altas producciones requiere de humedad, fertilidad y manejo.

Miranda *et al.* (2012), obtienen a los 113 días del establecimiento rendimientos de 11 t ha<sup>-1</sup> de MS para Cuba OM-22 (*Pennisetum Purpureum* x *Pennisetum Glaucum*) y posteriormente, rendimientos de 1,6 y 2,5 t ha<sup>-1</sup> MS (primer y segundo corte, respectivamente), a los 90 días, en el periodo menos lluvioso. Rodríguez *et al.* (1973), obtuvieron promedios de 9,3 y 7,1 t MS ha<sup>-1</sup> en época de lluvia y sequía, respectivamente, en 6 cultivares de *Pennisetum Purpureum*. Destacándose en forma general, que las precipitaciones son factores determinantes para la producción forrajera, siendo el parámetro climático más importante en el trópico.

**Cuadro 5.** Variables agronómicas y de rendimiento por corte en cuatro variedades de *Pennisetum purpureum*.

Variedad	AP, cm		Número de brotes		Proporción de hojas, %		Proporción de tallos, %		Área foliar, m <sup>2</sup>		MV, t ha <sup>-1</sup>		MS, t ha <sup>-1</sup>	
	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	36	165,67 <sup>b</sup> (5,02)	36	52,51 <sup>b</sup> (2,44)	35	78,88 <sup>a</sup> (1,47)	31	21,21 <sup>b</sup> (1,45)	36	6,21 <sup>a</sup> (0,68)	36	21,36 <sup>a</sup> (1,73)	36	2,83 <sup>ab</sup> (0,22)
<i>P. purpureum</i> King Grass	36	159,97 <sup>b</sup> (5,02)	36	50,49 <sup>b</sup> (2,44)	35	90,95 <sup>b</sup> (1,47)	26	8,90 <sup>a</sup> (2,13)	36	8,97 <sup>b</sup> (0,68)	36	25,58 <sup>a</sup> (1,73)	36	3,55 <sup>b</sup> (0,22)
<i>P. purpureum</i> Camerún	36	135,52 <sup>a</sup> (5,02)	36	35,15 <sup>a</sup> (2,44)	35	92,93 <sup>b</sup> (1,47)	24	15,92 <sup>b</sup> (8,25)	35	4,00 <sup>a</sup> (0,69)	36	21,40 <sup>a</sup> (1,73)	36	2,57 <sup>a</sup> (0,22)
<i>P. purpureum</i> Elefante común	35	155,16 <sup>b</sup> (5,10)	35	35,78 <sup>a</sup> (2,47)	36	80,57 <sup>a</sup> (1,44)	33	19,73 <sup>b</sup> (1,36)	35	5,60 <sup>a</sup> (0,69)	36	21,76 <sup>a</sup> (1,73)	36	3,05 <sup>ab</sup> (0,22)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

**Cuadro 6.** Variables agronómicas y de rendimiento por corte de *Pennisetum purpureum* según la edad de rebrote.

Edad de rebrote	AP, cm		Número de brotes		Proporción de hojas,%		Proporción de tallos,%		Área foliar, m <sup>2</sup>		MV, t ha <sup>-1</sup>		MS, t ha <sup>-1</sup>	
	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
30 días	47	99,18 <sup>a</sup> (4,40)	47	43,94 <sup>ab</sup> (2,13)	46	97,77 <sup>c</sup> (1,28)	18	8,61 <sup>a</sup> (1,96)	46	3,14 <sup>a</sup> (0,60)	48	8,39 <sup>a</sup> (1,50)	48	0,94 <sup>a</sup> (0,19)
45 días	48	158,27 <sup>b</sup> (4,35)	48	47,09 <sup>b</sup> (2,11)	48	86,70 <sup>b</sup> (1,25)	48	13,30 <sup>b</sup> (1,12)	48	6,35 <sup>b</sup> (0,59)	48	23,24 <sup>b</sup> (1,50)	48	3,16 <sup>b</sup> (0,19)
60 días	48	204,79 <sup>c</sup> (4,35)	48	39,42 <sup>a</sup> (2,11)	47	73,03 <sup>a</sup> (1,27)	48	27,41 <sup>c</sup> (1,12)	48	9,10 <sup>c</sup> (0,59)	48	35,95 <sup>c</sup> (1,50)	48	4,90 <sup>c</sup> (0,19)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

**Cuadro 7.** Variables agronómicas de *Pennisetum purpureum* por tratamiento (Variedad y edad de rebrote)

	Variedad	Edad de rebrote	AP, cm		NB		Proporción hojas, %		Proporción tallos, %		Área foliar, m <sup>2</sup>	
			n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
1	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	30	12	101,56 <sup>ab</sup> (8,70)	12	57,89 <sup>c</sup> (4,22)	12	98,30 <sup>e</sup> (2,50)	7	4,08 <sup>a</sup> (2,98)	12	3,56 <sup>a</sup> (1,18)
2	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	45	12	172,47 <sup>cde</sup> (8,70)	12	57,67 <sup>c</sup> (4,22)	12	76,89 <sup>bc</sup> (2,50)	12	22,41 <sup>c</sup> (2,23)	12	5,48 <sup>abc</sup> (1,18)
3	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	60	12	222,97 <sup>g</sup> (8,70)	12	41,97 <sup>abc</sup> (4,22)	11	61,50 <sup>a</sup> (2,62)	12	37,13 <sup>d</sup> (2,23)	12	9,6 <sup>bcd</sup> (1,18)
4	<i>P. purpureum</i> King Grass	30	12	108,36 <sup>ab</sup> (8,70)	12	52,94 <sup>bc</sup> (4,22)	11	99,33 <sup>e</sup> (2,62)	2	0,32 <sup>a</sup> (5,55)	12	4,93 <sup>ab</sup> (1,18)
5	<i>P. purpureum</i> King Grass	45	12	172,30 <sup>cde</sup> (8,70)	12	52,94 <sup>bc</sup> (4,22)	12	94,24 <sup>de</sup> (2,50)	12	5,76 <sup>a</sup> (2,23)	12	11,10 <sup>d</sup> (1,18)
6	<i>P. purpureum</i> King Grass	60	12	199,31 <sup>efg</sup> (8,70)	12	45,59 <sup>abc</sup> (4,22)	12	79,39 <sup>c</sup> (2,50)	12	20,61 <sup>c</sup> (2,23)	12	10,87 <sup>c</sup> (1,18)
7	<i>P. purpureum</i> Camerún	30	12	87,22 <sup>a</sup> (8,70)	12	33,42 <sup>ab</sup> (4,22)	11	99,90 <sup>e</sup> (2,62)			11	1,76 <sup>a</sup> (1,23)
8	<i>P. purpureum</i> Camerún	45	12	137,97 <sup>bc</sup> (8,70)	12	36,53 <sup>ab</sup> (4,22)	12	93,42 <sup>de</sup> (2,50)	12	7,28 <sup>ab</sup> (2,23)	12	3,84 <sup>a</sup> (1,18)
9	<i>P. purpureum</i> Camerún	60	12	181,36 <sup>def</sup> (8,70)	12	35,50 <sup>ab</sup> (4,22)	12	85,46 <sup>cd</sup> (2,50)	12	17,69 <sup>bc</sup> (2,23)	12	6,32 <sup>abcd</sup> (1,18)
10	<i>P. purpureum</i> Elefante común	30	11	99,58 <sup>ab</sup> (9,09)	11	31,49 <sup>a</sup> (4,41)	12	93,64 <sup>de</sup> (2,50)	9	7,25 <sup>ab</sup> (2,60)	11	2,13 <sup>a</sup> (1,23)
11	<i>P. purpureum</i> Elefante común	45	12	150,40 <sup>cd</sup> (8,70)	12	41,22 <sup>abc</sup> (4,22)	12	82,25 <sup>cd</sup> (2,50)	12	17,75 <sup>bc</sup> (2,23)	12	4,97 <sup>ab</sup> (1,18)
12	<i>P. purpureum</i> Elefante común	60	12	215,53 <sup>fg</sup> (8,70)	12	34,64 <sup>ab</sup> (4,22)	12	65,80 <sup>ab</sup> (2,50)	12	34,20 <sup>d</sup> (2,23)	12	9,62 <sup>bcd</sup> (1,18)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

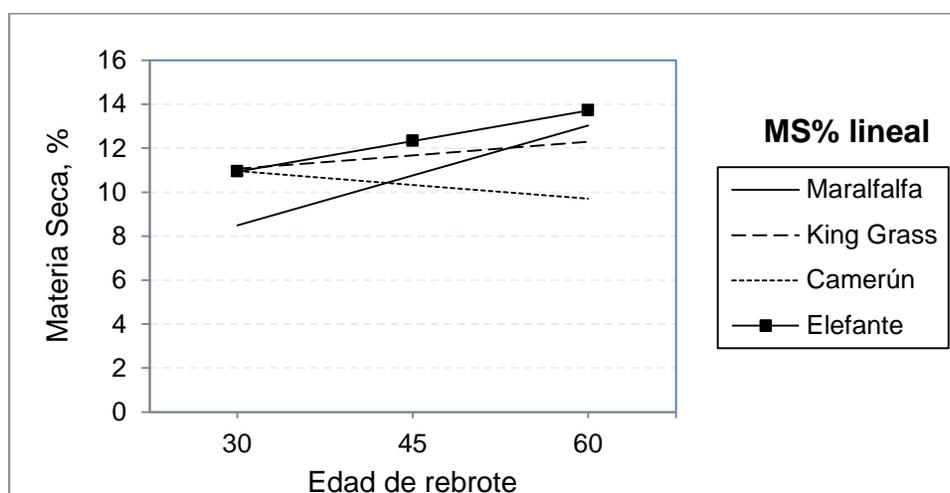
**Cuadro 8.** Variables de rendimiento por corte de *Pennisetum purpureum* por tratamiento (Variedad y edad de rebrote)

T	Variedad	Edad Rebrote	t MV ha <sup>-1</sup>		t MS ha <sup>-1</sup>		t MS ha <sup>-1</sup> hojas		t MS ha <sup>-1</sup> tallos	
			n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
1	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	30	12	7,90 <sup>ab</sup> (2,99)	12	0,71 <sup>a</sup> (0,39)	12	0,65 <sup>a</sup> (0,28)	5	0,01 <sup>a</sup> (0,27)
2	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	45	12	21,02 <sup>bcd</sup> (2,99)	12	2,93 <sup>cde</sup> (0,39)	12	1,67 <sup>abc</sup> (0,28)	12	0,63 <sup>ab</sup> (0,17)
3	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	60	12	35,17 <sup>e</sup> (2,99)	12	4,86 <sup>f</sup> (0,39)	12	2,77 <sup>cde</sup> (0,28)	12	1,74 <sup>c</sup> (0,17)
4	<i>P. purpureum</i> King Grass	30	12	11,23 <sup>abc</sup> (2,99)	12	1,37 <sup>abc</sup> (0,39)	12	1,41 <sup>ab</sup> (0,28)	2	0,02 <sup>a</sup> (0,42)
5	<i>P. purpureum</i> King Grass	45	12	27,10 <sup>de</sup> (2,99)	12	4,11 <sup>def</sup> (0,39)	12	3,16 <sup>de</sup> (0,28)	12	0,26 <sup>ab</sup> (0,17)
6	<i>P. purpureum</i> King Grass	60	12	38,40 <sup>e</sup> (2,99)	12	5,16 <sup>f</sup> (0,39)	12	3,47 <sup>e</sup> (0,28)	12	1,00 <sup>bc</sup> (0,17)
7	<i>P. purpureum</i> Camerún	30	12	6,44 <sup>a</sup> (2,99)	12	0,69 <sup>a</sup> (0,39)	12	0,69 <sup>ab</sup> (0,28)		
8	<i>P. purpureum</i> Camerún	45	12	19,85 <sup>abcd</sup> (2,99)	12	2,59 <sup>bcd</sup> (0,39)	12	1,95 <sup>abcd</sup> (0,28)	11	0,20 <sup>ab</sup> (0,18)
9	<i>P. purpureum</i> Camerún	60	12	37,90 <sup>e</sup> (2,99)	12	4,43 <sup>ef</sup> (0,39)	12	2,89 <sup>cde</sup> (0,28)	12	0,67 <sup>ab</sup> (0,17)
10	<i>P. purpureum</i> Elefante Común	30	12	7,98 <sup>ab</sup> (2,99)	12	0,99 <sup>ab</sup> (0,39)	12	0,76 <sup>ab</sup> (0,28)	7	0,62 <sup>a</sup> (0,23)
11	<i>P. purpureum</i> Elefante Común	45	12	25,00 <sup>cde</sup> (2,99)	12	3,03 <sup>cde</sup> (0,39)	12	1,99 <sup>bcd</sup> (0,28)	12	0,64 <sup>ab</sup> (0,17)
12	<i>P. purpureum</i> Elefante Común	60	12	32,32 <sup>de</sup> (2,99)	12	5,15 <sup>f</sup> (0,39)	12	3,12 <sup>de</sup> (0,28)	12	1,63 <sup>c</sup> (0,17)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

### 4.3. Materia seca (MS)

Los contenidos de MS en planta entera, hojas y tallos se presentan en los **cuadros 9 y 10**. Los mayores contenidos de MS se presentaron en las hojas. No se encontraron diferencias ( $P > 0,05$ ) entre variedades en cuanto a la MS en planta entera, pero si hubo diferencias ( $P < 0,05$ ) en cuanto a la MS en hojas entre las variedades *P. purpureum* Elefante común (con el mayor contenido) vs. *P. purpureum* Maralfalfa y Camerún, mientras que en los tallos, se encontró diferencias ( $P < 0,05$ ) en la variedad *P. purpureum* Camerún, con el menor contenido de MS en tallos vs. las demás variedades. En la **Figura 13**, se observa un incremento del contenido de MS con la edad, excepto en *P. purpureum* Camerún, posiblemente porque esta variedad va acumulando agua en los tallos, a medida que transcurre el tiempo (Farfán 2012, comunicado personal).



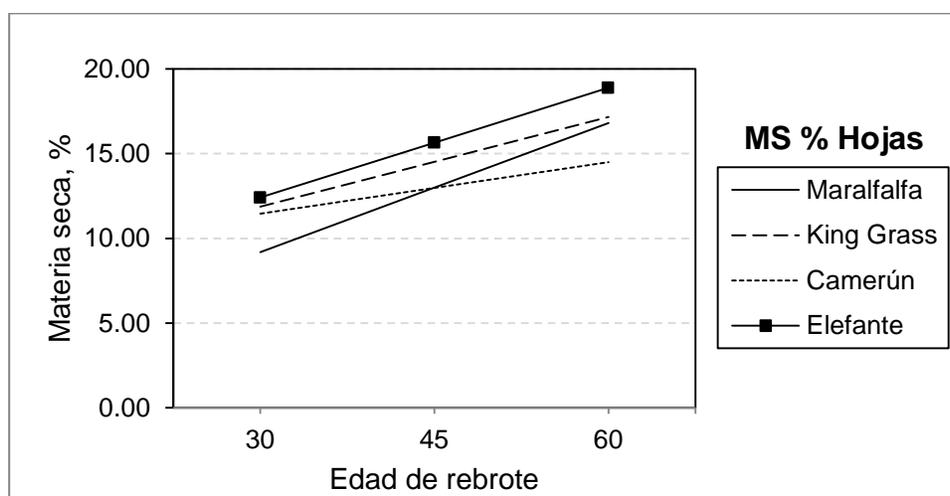
**Figura 13. Contenido de MS según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

#### 4.3.1 Materia seca (MS) en hojas

Los valores de MS en hojas de las variedades evaluadas no presentaron diferencias ( $P > 0,05$ ), excepto en *P. purpureum* Elefante común, el cual presentó el mayor valor

( $P < 0,05$ ). Asimismo, se encontraron diferencias ( $P < 0,05$ ) en el contenido de MS (hojas), entre las tres edades de rebrote en estudio (**Cuadro 10**).

Por otro lado, el mayor ( $P < 0,05$ ) rendimiento de MS (hojas) por hectárea lo obtuvo *P. purpureum* King Grass, tal como lo indica el **Cuadro 15**. Asimismo hubo diferencias ( $P < 0,05$ ) entre las tres edades de rebrote (**Cuadro 16**). En las **figuras 14 y 15** se observa que la MS de las hojas se incrementa con la edad.



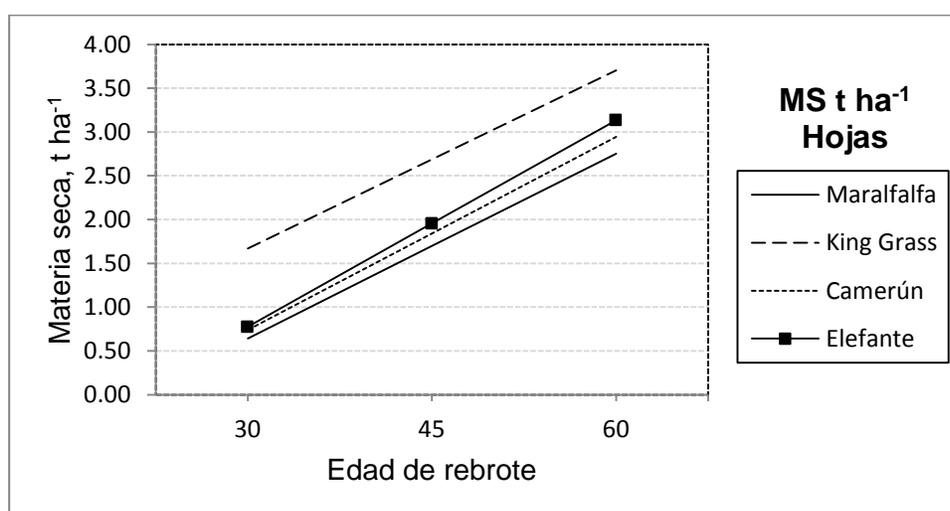
**Figura 14. Contenido de MS en hojas según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

Rodríguez y Blanco (1970), presentaron como promedio en 21 cultivares de *Pennisetum Purpureum* contenidos de MS en hojas de 16,52; 21,44 y 31,69% a los 30, 60 y 90 días, respectivamente. Estos resultados están por encima de los obtenidos en el presente trabajo. Asimismo, Araya y Boschini (2005) presentaron valores de 14,71; 17,82; 21,01; 24,00; 25,69 y 23,38 % a los 70, 84, 98, 112, 126 y 140 días, respectivamente.

Miranda *et al.* (2012) obtuvieron para Cuba OM-22 un contenido de MS en hojas de 35% en dos cortes y para *P. purpureum* King Grass 36 y 31% (en el primero y segundo corte, respectivamente) a los 90 días. Estos valores son más altos que los

alcanzados en este trabajo, con 16,57% de MS en hojas para *P. purpureum* King Grass a los 60 días (**Cuadro 13**), posiblemente debido a la diferencia de la edad de corte.

El contenido de MS es una de las mejores medidas cuantitativas de productividad, puesto que los nutrientes que los animales necesitan están contenidos en la porción seca de un alimento, siendo la humedad un factor limitante para el consumo de MS (Clavero y Pulgar, 1995).



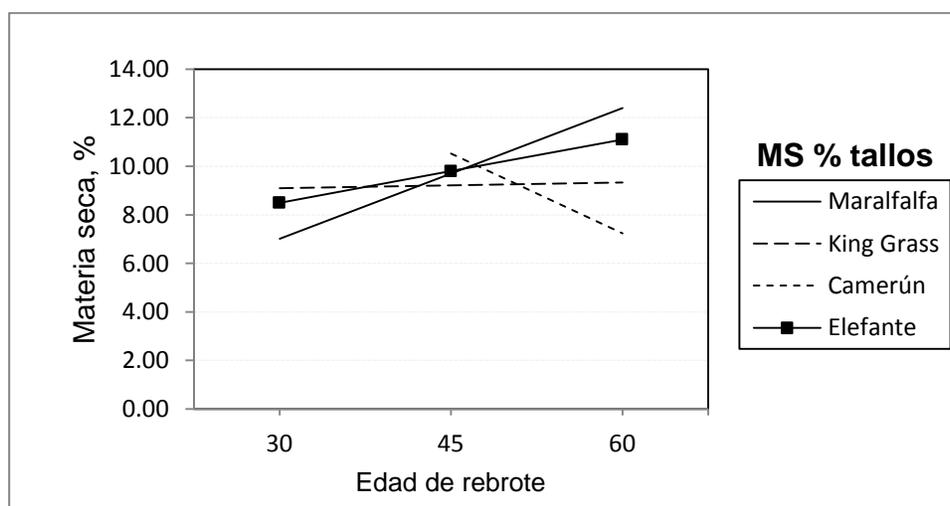
**Figura 15. Producción de MS en hojas según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

#### 4.3.2. Materia seca (MS) en tallos

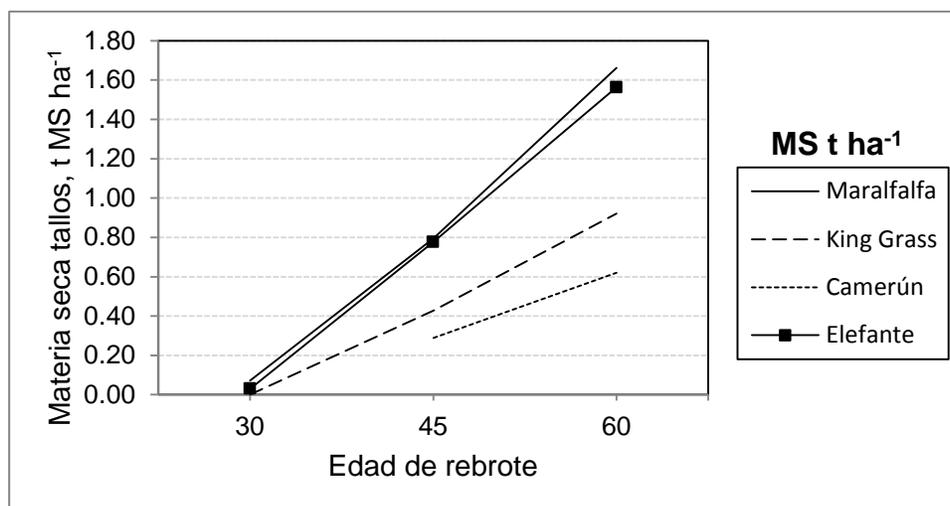
El contenido de MS en los tallos fue similar ( $P > 0.05$ ) en tres variedades *P. purpureum* (Maralfalfa, King Grass y Elefante común), pero diferente ( $P < 0.05$ ) en *P. purpureum* Camerún, el cual presentó el menor ( $P < 0.05$ ) contenido de MS (**Cuadro 9**). El rendimiento de MS por hectárea fue mayor en *P. purpureum* Maralfalfa y Elefante común ( $0,79$  y  $0,78 \text{ t ha}^{-1}$ ), pero sin diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre las 4 variedades (**Cuadro 15**). En las **figuras 16 y 17** se observa un incremento de la MS en tallos con la edad, excepto en el contenido de MS de *P. purpureum* Camerún,

que podría asociarse, posiblemente, al incremento del grosor del tallo por la acumulación de agua y una menor concentración de MS.

Rodríguez y Blanco (1970), obtuvieron como promedio en 21 cultivares de *Pennisetum Purpureum* valores de 8,94, 13,33 y 22,31% de MS en tallos, a los 30, 60 y 90 días, respectivamente. Por otro lado, Araya y Boschini (2005), presentaron valores de MS (tallos) en *P. purpureum* King Grass y Camerún a los 70 días, de 7,30 y 10,73%, respectivamente. Mientras que en el presente estudio se obtuvieron a los 60 días, para *P. purpureum* King Grass un valor de 8,65% y para *P. purpureum* Camerún, 7,04% de MS en tallos (**Cuadro 13**).



**Figura 16. Contenido de MS en tallos según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**



**Figura 17. Producción de MS en tallos según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

#### 4.4. Proteína cruda (PC) en hojas

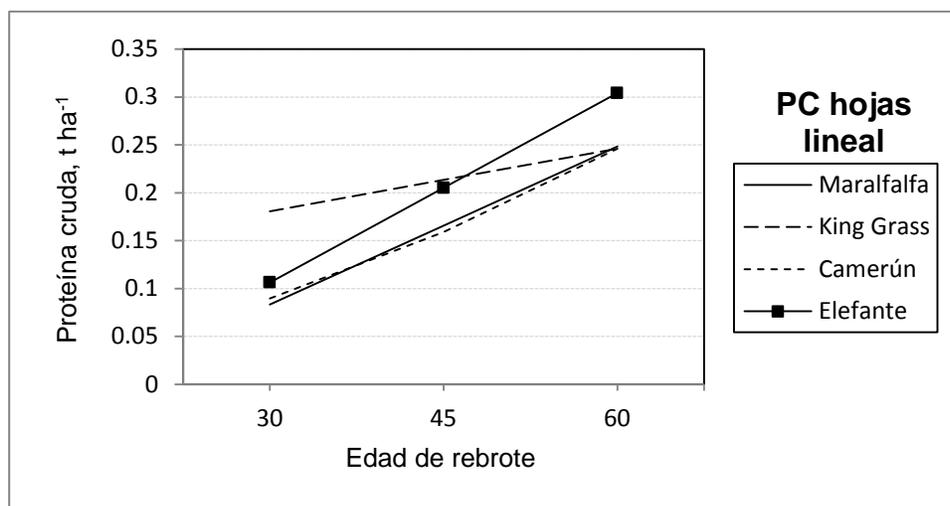
Para la variable PC (hojas) se observaron diferencias ( $P < 0,05$ ) en el contenido (%), pero no ( $P > 0,05$ ) en el rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) entre las variedades en estudio. En el **Cuadro 11**, se observa el porcentaje más alto ( $P < 0,05$ ) de PC (hojas) en la variedad *P. purpureum* Elefante común, seguida ( $P < 0,05$ ) de *P. purpureum* Maralfalfa, Camerún y King Gras (11,94; 11,46; 10,58 y 9,02%, respectivamente). En tanto que el rendimiento de PC por hectárea fue mayor ( $P > 0,05$ ) en la variedad *P. purpureum* King Grass, seguida de *P. purpureum* Elefante común, Maralfalfa y Camerún con 0,24; 0,23; 0,19 y 0,19  $t\ ha^{-1}$ , respectivamente (**Cuadro 15**). La **Figura 18** ilustra un incremento del rendimiento por hectárea de la PC en hojas a medida que aumenta la edad de rebrote.

En cuanto a la variedad *P. purpureum* Maralfalfa se alcanzaron promedios para PC (hojas) de 15,61; 9,08 y 9,71%, a los 30, 45 y 60 días, respectivamente (**Cuadro 13**), siendo inferiores a los reportados por Carulla (2004; citado por Correa *et al.*, 2004), de 11,8% a los 47 días y de 11,4% a los 60 días.

Para la variedad *P. purpureum* Camerún se obtuvieron porcentajes de PC en hojas de 14,71; 8,78 y 8,24% a los 30, 45 y 60 días, respectivamente (**Cuadro13**), siendo similar el valor de PC a los 30 días, al presentado por Cáceres *et al.* (2007), quienes obtuvieron valores de 14,3; 14,1; 11,3 y 11,4 % en la semana 4, 6, 7 y 8, respectivamente, en la estación de otoño. En tanto que, el valor a los 45 días fue inferior al obtenido por Ramírez (2012), con 14,93% a la misma edad de rebrote.

En la variedad *P. purpureum* King Grass se alcanzó 12,34; 7,58 y 7,14% a los 30, 45 y 60 días, respectivamente (**Cuadro13**), tomando en cuenta que la PC disminuye con la edad, estos valores son inferiores a los reportados por Araya y Boschini (2005), quienes obtuvieron a los 70 días, 14,81% de PC en hojas. Por otro lado, Martínez y Herrera (2006; citados por Herrera, 2009), obtuvieron 11,4% para PC en hojas, para esta misma variedad, sin indicar la edad de corte. Además, el mismo autor reporta valores de 11,5 y 12,1% de PC (hojas) para los clones CT-169 y 115.

En cuanto a la edad de rebrote, en el presente estudio, se obtuvieron para los *P. Purpureum* valores de PC en hojas de 14,10; 9,23 y 8,93%, a los 30, 45 y 60 días (**Cuadro 12**); siendo superior al valor de PC (hojas) obtenido a los 30 días por Rodríguez y Blanco (1970), quienes presentaron como promedio en 21 cultivares de *P. Purpureum* contenidos de 12,75, 9,18 y 6,14% a los 30, 60 y 90 días, respectivamente y, fue inferior al valor de 60 días, obtenido por Araya y Boschini (2005) de 16,56 % a los 70 días, observándose en los tres trabajos una disminución del contenido de proteína a medida que avanza la edad.



**Figura 18. Proteína Cruda (t ha<sup>-1</sup>) de hojas en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

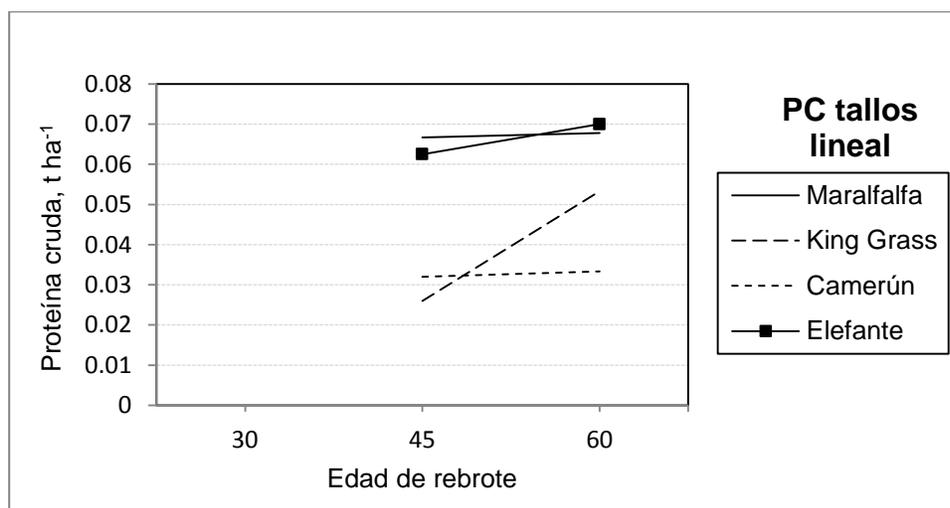
#### 4.5. Proteína cruda (PC) en tallos

Se observaron diferencias ( $P < 0,05$ ) en el contenido de PC en tallos entre las variedades, así pues, *P. purpureum* Camerún fue la variedad que obtuvo mayor porcentaje de PC en tallos con 9,14% (**Cuadro 11**). Además, se encontraron diferencias ( $P < 0,05$ ) entre las edades de rebrote, siendo mayor el porcentaje de PC a los 45 días con respecto a los 60 días (**Cuadro 12**). Sin embargo, en la **Figura 19** se puede apreciar que el rendimiento de PC (tallos), fue mayor a los 60 días. La producción de tallos (en base seca) a los 30 días fue casi nula por lo que no se pudo realizar los análisis (PC, FC, EE y Cen) a esta edad. En el **Cuadro 15** se observa que el rendimiento de PC (tallos) en *P. purpureum* Maralfalfa fue mayor ( $P < 0,05$ ) al de *P. purpureum* King Grass, siendo este último, similar ( $P > 0,05$ ) a *P. purpureum* Camerún y Elefante común. También se registra similitud ( $P > 0,05$ ) en el rendimiento de PC (tallos) en cuanto a la edad de rebrote (**Cuadro 16**).

En la variedad *P. purpureum* King Grass, se obtuvo en tallos PC de 6,70 y 5,30% a los 45 y 60 días, respectivamente (**Cuadro 13**), asimismo, Martínez y Herrera (2006; citados por Herrera, 2009), obtuvieron 5,3% de PC en tallos, sin indicar la edad de

corte. Además, el mismo autor reporta valores de 5,8 y 5,6% de PC (tallos) para los clones CT-169 y 115. Resultados similares obtuvieron Rodríguez *et al.* (1973) en 6 cultivares de *Pennisetum Purpureum* con un promedio de 5,34% PC.

En cuanto a la edad de rebrote, se obtuvieron en general para las cuatro variedades de *Pennisetum Purpureum* valores de PC en tallos de 8,21 y 5,08%, a los 45 y 60 días (**Cuadro 12**), siendo superiores a los resultados presentados por Rodríguez y Blanco (1970) en 21 cultivares del mismo género (7,54, 3,52 y 2,07% a los 30, 60 y 90 días, respectivamente). Araya y Boschini (2005) presentaron valores para PC (tallos) de 10,53; 8,69; 7,63; 6,24; 5,23 y 4,68 % a los 70, 84, 98, 112, 126 y 140 días, respectivamente. Se puede observar en los tres trabajos, una disminución de la PC en los tallos a medida que aumenta la edad de rebrote.



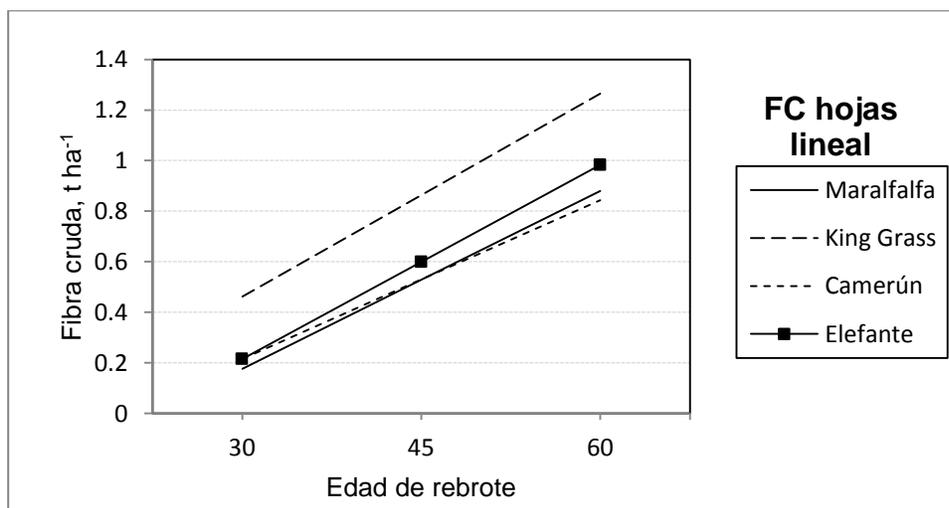
**Figura 19. Proteína Cruda (t ha<sup>-1</sup>) de tallos en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

#### 4.6. Fibra cruda (FC) en hojas

En el **Cuadro 11** se presentan los porcentajes de FC, observándose un mayor ( $P < 0,05$ ) contenido de FC (hojas), en *P. purpureum* King Grass seguida de *P. purpureum*

Elefante común, Maralfalfa y Camerún con diferencias ( $P < 0,05$ ) entre si. De igual forma, en cuanto al rendimiento, esta misma variedad fue superior ( $P < 0,05$ ) con  $0,94 \text{ t ha}^{-1}$  vs. las demás variedades, las cuales fueron similares ( $P > 0,05$ ) entre sí (**Cuadro 15**). En los **cuadros 12 y 16** se puede observar el efecto de la edad de rebrote sobre el contenido y rendimiento de la FC en las hojas, encontrándose diferencias ( $P < 0,05$ ) entre las tres edades de rebrote. En la **Figura 20**, se observa un incremento proporcional de FC ( $\text{t ha}^{-1}$ ) con la edad de rebrote.

Rodríguez y Blanco (1970) en su trabajo en 21 cultivares de *P. purpureum*, obtuvieron contenidos de FC (hojas) de 28,81, 31,81 y 32,81% a los 30, 60 y 90 días, respectivamente, siendo similares a los encontrados en el presente trabajo, con 29,65; 32,03 y 33,23% a los 30, 45 y 60 días (**Cuadro 12**). De esta manera se observa, que al contrario que la proteína, el contenido de FC se incrementa con la edad de rebrote, lo cual es un indicador de que el valor nutritivo del pasto disminuye al avanzar la edad (Correa, 2006).

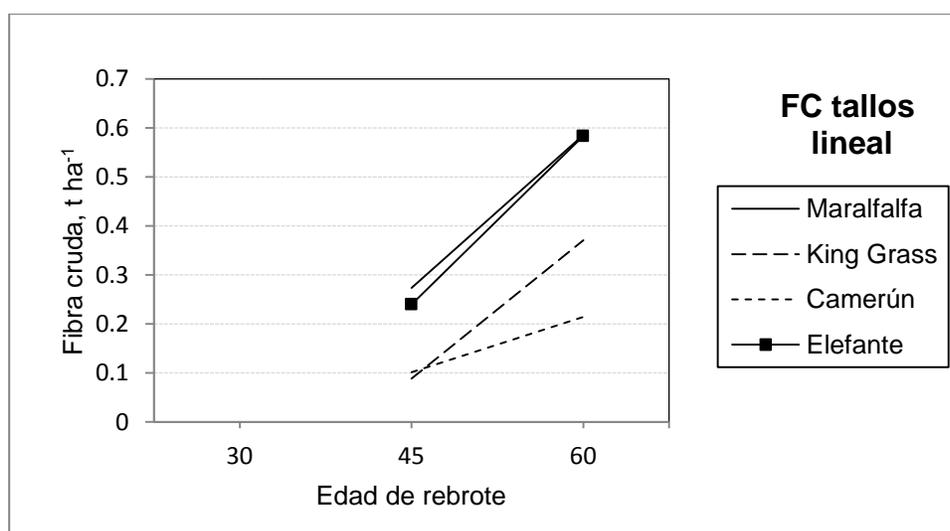


**Figura 20. Fibra Cruda ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de hojas en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

#### 4.7. Fibra cruda (FC) en tallos

En el contenido y rendimiento (**Cuadro 15**) de FC en tallos se observaron similitudes ( $P > 0,05$ ) entre variedades, sin embargo hubo un menor ( $P < 0,05$ ) porcentaje de FC en *P. purpureum* Camerún (**Cuadro 11**). Por otro lado, se encontraron diferencias ( $P < 0,05$ ) en el contenido y rendimiento de FC tallos, entre las edades de rebrote, siendo mayor a los 60 días (**cuadros 12 y 16**).

Los resultados de FC en tallos para las cuatro variedades de *P. Purpureum* fueron 35,70 y 37,29%, a los 45 y 60 días (**Cuadro 12**), siendo similares a los valores presentados por Rodríguez y Blanco (1970), con contenidos de FC (tallos) de 30,27, y 36,40% a los 30 y 60 días. De esta manera, al igual que en las hojas, se puede notar el incremento de FC conforme avanza la edad (**Figura 21**). Los incrementos de esta fracción y reducción de PC son los principales cambios que se presentan en las plantas a medida que envejecen y en los forrajes, influyen directamente sobre la digestibilidad y eficiencia de su utilización por parte de los animales (Valenciaga *et al.* 2009).



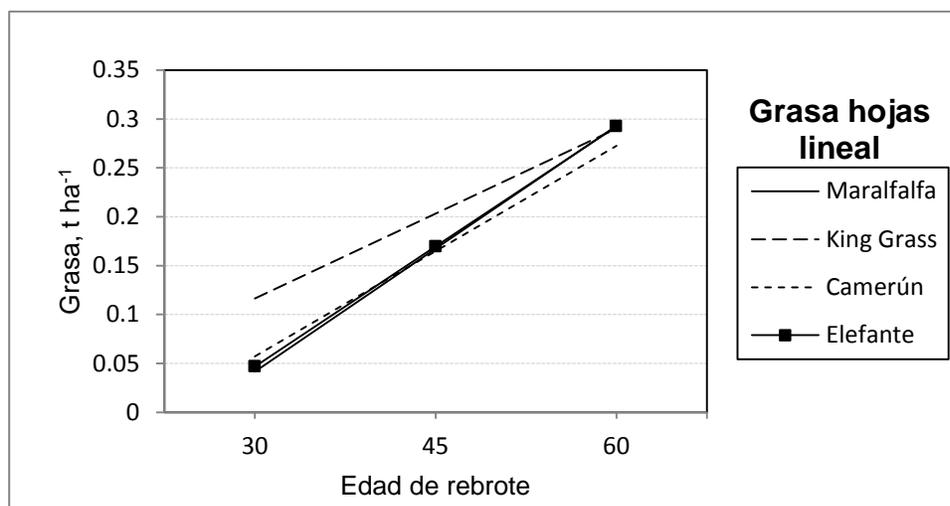
**Figura 21. Fibra Cruda (t ha<sup>-1</sup>) de hojas en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

#### 4.8. Grasa o extracto etéreo (EE) en hojas

Se observa en los **cuadros 11 y 18**, que para la variable EE (hojas) hubo diferencias ( $P < 0,05$ ) en el contenido (%), pero no ( $P > 0,05$ ) en el rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) entre las variedades en estudio. El mayor contenido de EE en hojas, lo obtuvo la variedad *P. purpureum* Maralfalfa seguida de *P. purpureum* Camerún, Elefante común y King Grass con 9,36; 8,94; 8,54 y 7,94%, respectivamente. Por otro lado, se observó el efecto de la edad de rebrote sobre el contenido y rendimiento de EE en las hojas, al encontrar diferencias ( $P < 0.05$ ) entre las tres edades evaluadas (**cuadros 12 y 19**). La **Figura 22** representa el incremento proporcional de EE ( $t\ ha^{-1}$ ) en hojas a medida que aumenta la edad de rebrote.

En cuanto a la variedad *P. purpureum* Maralfalfa se alcanzaron promedios para EE (hojas) de 7,24; 9,69 y 11,27%, a los 30, 45 y 60 días, respectivamente (**Cuadro 14**), siendo superiores a los reportados por Correa *et al* (2004), de 2,9 y 3,4% (con y sin fertilización), en edades comprendidas entre los días 40 y 110.

En lo referente a la edad de rebrote, se obtuvieron para las cuatro variedades de *Pennisetum Purpureum* valores de EE en hojas de 7,45; 8,75 y 9,88%, a los 30, 45 y 60 días (**Cuadro 12**); de la misma manera, Rodríguez y Blanco (1970) presentaron como promedio en 21 cultivares de este género, contenidos de EE (hojas) de 2,18, 2,33 y 2,33 % a los 30, 60 y 90 días, respectivamente. Observándose en los dos trabajos un incremento de EE proporcional con la edad de rebrote.

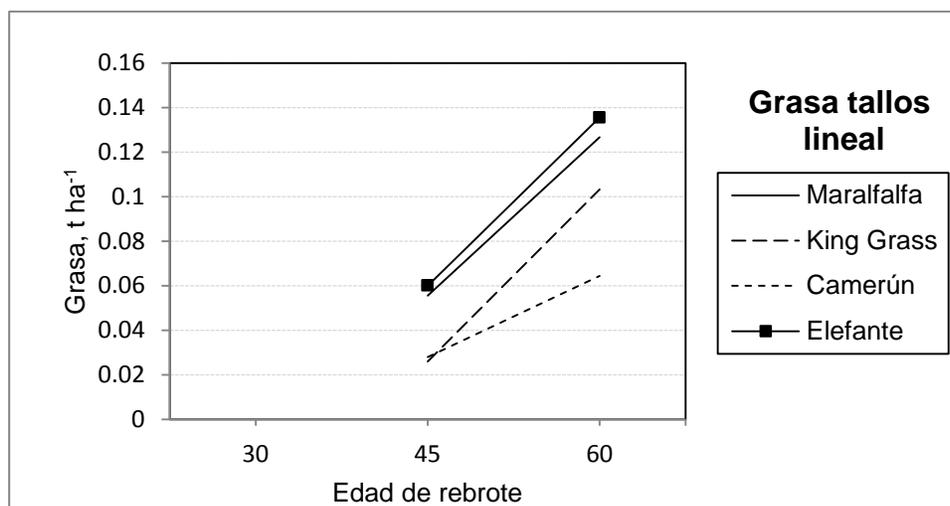


**Figura 22. Grasa (t ha<sup>-1</sup>) de hojas en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

#### 4.9. Grasa o extracto etéreo (EE) en tallos

El mayor contenido de EE en tallos ( $P < 0.05$ ) lo obtuvo la variedad *P. purpureum* Camerún (**Cuadro 11**), seguido de *P. purpureum* King Grass, Elefante y Maralfalfa. En el **Cuadro 18** se observa que no hubo diferencia ( $P > 0.05$ ) entre las variedades en cuanto a la producción de EE por hectárea.

Hubo efecto ( $P < 0.05$ ) de la edad de rebrote sobre el contenido y rendimiento de EE en tallos (**cuadros 12 y 19**). También se puede observar esta correlación positiva en la **Figura 23**. Los resultados de EE en tallos para las cuatro variedades de *Pennisetum Purpureum* fueron 7,11 y 9,48%, a los 45 y 60 días, respectivamente (**Cuadro 12**), superiores a los encontrados por Rodríguez y Blanco (1970) con contenidos de EE (tallos) en promedio de 21 cultivares de *P. purpureum* de 1,49, 1,20 y 0,89 30% a los 30, 60 y 90 días, respectivamente.



**Figura 23. Grasa (t ha<sup>-1</sup>) de tallos en variedades de *Pennisetum purpureum*.**

#### 4.10. Cenizas en hojas

Para la variable cenizas (hojas) se encontraron diferencias ( $P < 0,05$ ) en el contenido (%) entre las variedades, pero no así ( $P > 0,05$ ) en el rendimiento (t ha<sup>-1</sup>). En el **Cuadro 11** se observa el contenido más alto ( $P < 0,05$ ) de cenizas (hojas) en la variedad *P. purpureum* Camerún seguida de *P. purpureum* Maralfalfa, Elefante común y King Grass con 23,18; 19,97; 19,68 y 19,16%, respectivamente. En cuanto al rendimiento de cenizas por hectárea, se encontró el valor más alto ( $P < 0,05$ ) para la variedad *P. purpureum* King Grass (0,52 t ha<sup>-1</sup>), con respecto a *P. purpureum* Maralfalfa con 0,36 t ha<sup>-1</sup> (**Cuadro 18**). Se puede observar el efecto de la edad de rebrote sobre el contenido y rendimiento de cenizas en las hojas, encontrándose diferencias ( $P < 0,05$ ) entre las edades de rebrote (**Cuadros 12 y 19**). La **Figura 24** demuestra un incremento del rendimiento de ceniza por hectárea a medida que aumenta la edad de rebrote.

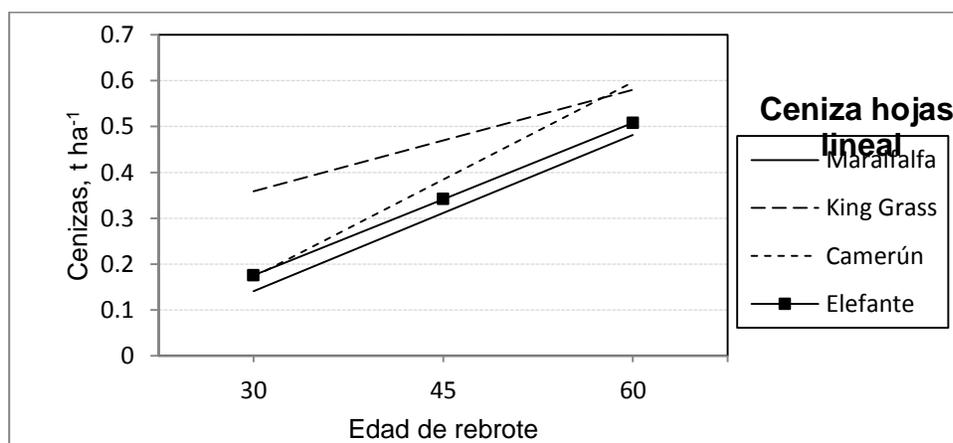
En cuanto a la variedad *P. purpureum* Maralfalfa, se alcanzaron promedios para cenizas (hojas) de 21,95; 20,02 y 17,73%, a los 30, 45 y 60 días, respectivamente

**(Cuadro 14)**, siendo superiores a los reportados por Correa *et al.* (2004) de 12,95 y 9,75 % (con y sin fertilización) entre el día 40 y 110 de corte.

Para la variedad *P. purpureum* Camerún, se obtuvieron porcentajes de cenizas en hojas de 25,75; 22,68 y 20,89% a los 30, 45 y 60 días, respectivamente **(Cuadro 14)**, similares a los valores encontrados por Araya y Boschini (2005) quienes obtuvieron 21,95% para esta variable, a los 70 días de corte.

En la variedad *P. purpureum* King Grass, se presentó un contenido para cenizas en hojas de 23,28; 17,68 y 16,30% a los 30, 45 y 60 días, respectivamente, mientras que Araya y Boschini (2005) obtuvieron 21% para cenizas en hojas, a los 70 días de corte.

En lo que se refiere a la edad de rebrote, se obtuvieron valores de cenizas en hojas de 23,15; 20,24 y 18,10%, a los 30, 45 y 60 días **(Cuadro 12)**; siendo superiores a los presentados por Rodríguez y Blanco (1970), cuyos valores fueron de 14,74, 14,20 y 14,99% a los 30, 60 y 90 días, respectivamente. Asimismo, Araya y Boschini (2005), presentaron valores de cenizas (hojas) en cinco cultivares de *P. purpureum* de un promedio de 21,72% a los 70 días, siendo superiores a los obtenidos en el presente estudio.



**Figura 24.** Cenizas ( $t\ ha^{-1}$ ) de hojas en variedades de *Pennisetum purpureum*.

#### 4.11. Cenizas en tallos

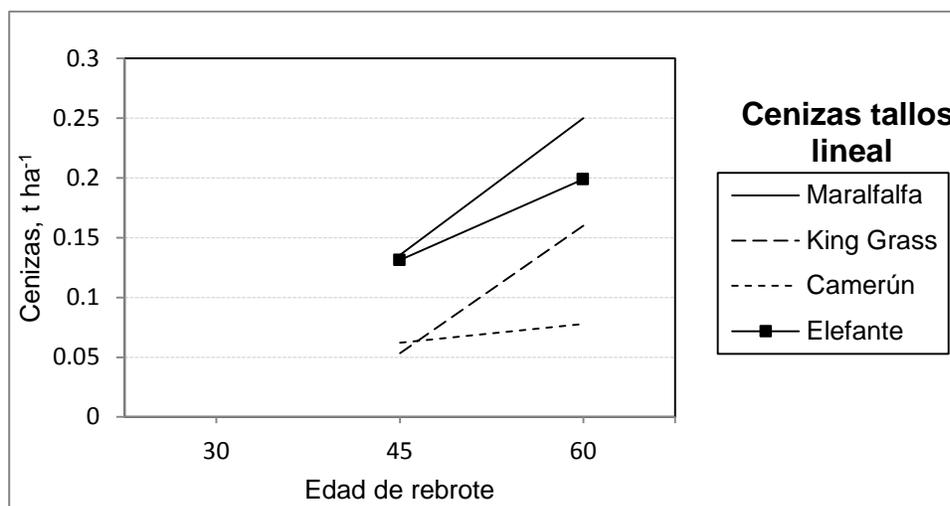
El contenido de ceniza en los tallos fue menor ( $P < 0.05$ ) para *P. purpureum* King Grass (**Cuadro 11**). Mientras tanto que el rendimiento de ceniza por hectárea fue similar ( $P > 0.05$ ) en las cuatro variedades (**Cuadro 18**).

En cuanto a la edad de rebrote se observa diferencia ( $P < 0.05$ ) en el contenido de ceniza entre la edades de 45 días y 60 días (17,4 y 14,5%), tal como lo indica el **Cuadro 12**. La producción de ceniza (tallos) por hectárea fue mayor a los 60 días (**Figura 25**), pero sin ( $P > 0.05$ ) diferencias estadísticas (**Cuadro 19**).

Rodríguez y Blanco (1970) presentaron valores promedios de 15,60, 11,67 y 6,83 % a los 30, 60 y 90 días, respectivamente. Asimismo, Araya y Boschini (2005) presentaron valores de 16,79; 14,97; 14,90; 12,82; 11,02 y 10,95 % a los 70, 84, 98, 112, 126 y 140 días, respectivamente. Se puede observar, una disminución del contenido de cenizas en los tallos a medida que aumenta la edad de rebrote, en los tres trabajos.

En la variedad *P. purpureum* Camerún se obtuvieron porcentajes de cenizas en tallos de 17,90; y 14,20% a los 45 y 60 días, respectivamente (**Cuadro 14**), el valor de los 60 días es similar al encontrado para esta variedad (14,93%) por Araya y Boschini (2005), a los 70 días de corte.

En la variedad *P. purpureum* King Grass se obtuvo un contenido de cenizas en tallos con 16,55 y 15,82% a los 45 y 60 días (**Cuadro 14**), respectivamente. Similar a los resultados de Araya y Boschini (2005) quienes presentaron valores de 16,32% a los 70 días.



**Figura 25.** Cenizas ( $t\ ha^{-1}$ ) de tallos en variedades de *Pennisetum purpureum*.

#### 4.12 Análisis económico

Tomando en cuenta que los doce tratamientos fueron manejados de la misma manera en cuanto al establecimiento y las labores agrícolas, se obtuvo, que el tratamiento 6 (King Grass 60 días) presentó la mayor rentabilidad (**Cuadro 21**), con un beneficio / costo de 1,23, esto debido a que la producción de forraje verde fue superior con respecto a los otros tratamientos, sin embargo esto es relativo, ya que no se consideró la calidad del forraje que podría estar asociado también, a la productividad.

**Cuadro 9.** Contenido de materia seca (MS), en cuatro variedades de *Pennisetum purpureum*.

Variedad	MS, % Planta entera		MS, % Hojas		MS, % Tallos	
	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	36	10,76 <sup>a</sup> (0,59)	36	12,99 <sup>a</sup> (0,55)	31	9,40 <sup>b</sup> (0,90)
<i>P. purpureum</i> King Grass	36	11,68 <sup>a</sup> (0,59)	36	14,52 <sup>ab</sup> (0,55)	26	7,98 <sup>b</sup> (1,32)
<i>P. purpureum</i> Camerún	36	10,33 <sup>a</sup> (0,59)	36	12,97 <sup>a</sup> (0,55)	24	3,97 <sup>a</sup> (5,12)
<i>P. purpureum</i> Elefante común	36	12,33 <sup>a</sup> (0,59)	36	15,64 <sup>b</sup> (0,55)	34	9,53 <sup>b</sup> (0,83)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

**Cuadro 10.** Contenido de materia seca (MS) de *Pennisetum purpureum*, según la edad de rebrote.

Edad de rebrote	MS, % Planta entera		MS, % Hojas		MS, % Tallos	
	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
30 días	48	10,53 <sup>a</sup> (0,51)	48	10,97 <sup>a</sup> (0,47)	19	3,13 <sup>a</sup> (4,37)
45 días	48	10,94 <sup>ab</sup> (0,51)	48	14,54 <sup>b</sup> (0,47)	48	9,71 <sup>b</sup> (0,70)
60 días	48	12,35 <sup>b</sup> (0,51)	48	16,58 <sup>c</sup> (0,47)	48	10,33 <sup>b</sup> (0,70)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

**Cuadro 11.** Composición química en cuatro variedades de *Pennisetum purpureum*

Variedad	PC, % Hojas		PC, % Tallos		FC, % Hojas		FC, % Tallos		EE, % Hojas		EE, % Tallos		Ceniza, % Hojas		Ceniza, % Tallos	
	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
<i>P.purpureum</i> Maralfalfa	27	11,46 <sup>c</sup> (0,03)	18	8,68 <sup>c</sup> (0,06)	27	31,42 <sup>b</sup> (0,06)	18	35,87 <sup>b</sup> (0,08)	27	9,36 <sup>d</sup> (0,04)	18	7,31 <sup>b</sup> (0,08)	27	19,97 <sup>c</sup> (0,05)	18	17,80 <sup>b</sup> (0,15)
<i>P. purpureum</i> King Grass	27	9,02 <sup>a</sup> (0,03)	18	6,71 <sup>a</sup> (0,06)	27	32,26 <sup>d</sup> (0,06)	18	35,81 <sup>b</sup> (0,08)	27	7,94 <sup>a</sup> (0,04)	18	6,54 <sup>a</sup> (0,08)	27	19,16 <sup>a</sup> (0,05)	18	16,47 <sup>a</sup> (0,15)
<i>P.purpureum</i> Camerún	27	10,58 <sup>b</sup> (0,03)	18	9,14 <sup>d</sup> (0,06)	27	30,93 <sup>a</sup> (0,06)	18	35,20 <sup>a</sup> (0,08)	27	8,94 <sup>c</sup> (0,04)	18	7,97 <sup>c</sup> (0,08)	27	23,18 <sup>d</sup> (0,05)	18	17,82 <sup>b</sup> (0,15)
<i>P.purpureum</i> Elefante común	27	11,94 <sup>d</sup> (0,03)	18	8,33 <sup>b</sup> (0,06)	27	31,93 <sup>c</sup> (0,06)	18	35,92 <sup>b</sup> (0,08)	27	8,54 <sup>b</sup> (0,04)	18	6,63 <sup>a</sup> (0,08)	27	19,68 <sup>b</sup> (0,05)	18	17,52 <sup>b</sup> (0,15)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

**Cuadro 12.** Composición química de *Pennisetum purpureum* según la edad de rebrote.

Edad de rebrote	PC, % Hojas		PC, % Tallos		FC, % Hojas		FC, % Tallos		EE, % Hojas		EE, % Tallos		Ceniza, % Hojas		Ceniza, % Tallos	
	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
30 días	36	14,10 <sup>c</sup> (0,03)		*	36	29,65 <sup>a</sup> (0,06)		*	36	7,45 <sup>a</sup> (0,04)		*	36	23,15 <sup>c</sup> (0,04)		*
45 días	36	9,23 <sup>b</sup> (0,03)	36	8,21 <sup>b</sup> (0,04)	36	32,02 <sup>b</sup> (0,06)	36	35,70 <sup>a</sup> (0,05)	36	8,75 <sup>b</sup> (0,04)	36	7,11 <sup>a</sup> (0,05)	36	20,24 <sup>b</sup> (0,04)	36	17,40 <sup>b</sup> (0,10)
60 días	36	8,93 <sup>a</sup> (0,03)	36	5,08 <sup>a</sup> (0,04)	36	33,23 <sup>c</sup> (0,06)	36	37,29 <sup>b</sup> (0,05)	36	9,88 <sup>c</sup> (0,04)	36	9,48 <sup>b</sup> (0,05)	36	18,10 <sup>a</sup> (0,04)	36	14,46 <sup>a</sup> (0,10)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

\* La producción de tallos a los 30 días fue mínima, por lo que no hubo suficiente material para efectuar los análisis de PC, FC, EE y Cen.

**Cuadro 13.** Composición química de *Pennisetum purpureum* por tratamiento (Variedad y edad de rebrote)

T	Variedad	Edad de Rebrote	MS, % (Hojas)		MS, % (Tallos)		PC, % (Hojas)		PC, % (Tallos)		FC, % (Hojas)		FC, % (Tallos)	
			n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
1	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	30	12	8,64 <sup>a</sup> (0,95)	7	5,02 <sup>a</sup> (1,83)	9	15,61 <sup>i</sup> (0,05)	*	9	29,33 <sup>bc</sup> (0,09)			
2	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	45	12	14,07 <sup>bc</sup> (0,95)	12	11,87 <sup>a</sup> (1,39)	9	9,08 <sup>e</sup> (0,05)	9	8,67 <sup>g</sup> (0,06)	9	31,64 <sup>de</sup> (0,09)	9	35,85 <sup>b</sup> (0,08)
3	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	60	12	16,27 <sup>cd</sup> (0,95)	12	11,32 <sup>a</sup> (1,39)	9	9,71 <sup>f</sup> (0,05)	9	4,23 <sup>a</sup> (0,06)	9	33,32 <sup>g</sup> (0,09)	9	35,67 <sup>b</sup> (0,08)
4	<i>P. purpureum</i> King Grass	30	12	11,28 <sup>ab</sup> (0,95)	2	4,71 <sup>a</sup> (3,44)	9	12,34 <sup>i</sup> (0,05)	*	9	28,21 <sup>a</sup> (0,09)		*	
5	<i>P. purpureum</i> King Grass	45	12	15,69 <sup>cd</sup> (0,95)	12	10,59 (1,39) <sup>a</sup>	9	7,58 <sup>b</sup> (0,05)	9	6,70 <sup>e</sup> (0,06)	9	33,17 <sup>g</sup> (0,09)	9	35,79 <sup>b</sup> (0,08)
6	<i>P. purpureum</i> King Grass	60	12	16,57 <sup>cd</sup> (0,95)	12	8,65 <sup>a</sup> (1,39)	9	7,14 <sup>a</sup> (0,05)	9	5,30 <sup>c</sup> (0,06)	9	35,45 <sup>i</sup> (0,09)	9	36,70 <sup>c</sup> (0,08)
7	<i>P. purpureum</i> Camerún	30	12	10,86 <sup>ab</sup> (0,95)	*	*	9	14,71 <sup>k</sup> (0,05)	*	9	31,99 <sup>ef</sup> (0,09)		*	
8	<i>P. purpureum</i> Camerún	45	12	14,16 <sup>bc</sup> (0,95)	12	10,52 <sup>a</sup> (1,39)	9	8,78 <sup>d</sup> (0,05)	9	9,13 <sup>h</sup> (0,06)	9	31,27 <sup>d</sup> (0,09)	9	35,17 <sup>a</sup> (0,08)
9	<i>P. purpureum</i> Camerún	60	12	13,90 <sup>bc</sup> (0,95)	12	7,04 <sup>a</sup>	9	8,24 <sup>c</sup> (0,05)	9	6,17 <sup>d</sup> (0,06)	9	29,55 <sup>c</sup> (0,09)	9	38,75 <sup>i</sup> (0,08)
10	<i>P. purpureum</i> Elefante común	30	12	13,11 <sup>bc</sup> (0,95)	10	8,43 <sup>a</sup> (1,83)	9	13,74 <sup>j</sup> (0,05)	*	9	29,11 <sup>b</sup> (0,09)		*	
11	<i>P. purpureum</i> Elefante común	45	12	14,24 <sup>bc</sup> (0,95)	12	8,33 <sup>a</sup> (1,39)	9	11,48 <sup>h</sup> (0,05)	9	8,32 <sup>f</sup> (0,06)	9	32,05 <sup>f</sup> (0,09)	9	35,89 <sup>b</sup> (0,08)
12	<i>P. purpureum</i> Elefante común	60	12	19,58 <sup>d</sup> (0,95)	12	11,84 <sup>a</sup> (1,39)	9	10,61 <sup>g</sup> (0,05)	9	4,57 <sup>b</sup> (0,06)	9	34,65 <sup>h</sup> (0,09)	9	37,93 <sup>d</sup> (0,08)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05).

\* La producción de tallos a los 30 días fue mínima, por lo que no hubo suficiente material para efectuar los análisis de PC y FC.

**Cuadro 14.** Composición química de *Pennisetum purpureum* por tratamiento (Variedad y edad de rebrote)

Tratamiento	Variedad Forrajera	Edad Rebrote	EE, % (Hojas)		EE, % (Tallos)		Cen, % (Hojas)		Cen, % (Tallos)	
			n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
1	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	30	9	7,24 <sup>c</sup> (0,06)	*	9	21,95 <sup>g</sup> (0,07)	*		
2	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	45	9	9,69 <sup>f</sup> (0,06)	7,42 <sup>a</sup> (0,08)	9	20,02 <sup>d</sup> (0,07)	17,8 <sup>f</sup> (0,15)		
3	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	60	9	11,27 <sup>h</sup> (0,06)	7,73 <sup>b</sup> (0,08)	9	17,73 <sup>c</sup> (0,07)	15,21 <sup>c</sup> (0,15)		
4	<i>P. purpureum</i> King Grass	30	9	8,88 <sup>d</sup> (0,06)	*	9	23,28 <sup>i</sup> (0,07)	*		
5	<i>P. purpureum</i> King Grass	45	9	6,34 <sup>a</sup> (0,06)	6,64 <sup>c</sup> (0,08)	9	17,68 <sup>c</sup> (0,07)	16,55 <sup>e</sup> (0,15)		
6	<i>P. purpureum</i> King Grass	60	9	8,73 <sup>d</sup> (0,06)	10,08 <sup>d</sup> (0,08)	9	16,30 <sup>a</sup> (0,07)	15,82 <sup>d</sup> (0,15)		
7	<i>P. purpureum</i> Camerún	30	9	7,25 <sup>c</sup> (0,06)	*	9	25,75 <sup>j</sup> (0,07)	*		
8	<i>P. purpureum</i> Camerún	45	9	10,37 <sup>g</sup> (0,06)	8,07 <sup>e</sup> (0,08)	9	22,68 <sup>h</sup> (0,07)	17,90 <sup>f</sup> (0,15)		
9	<i>P. purpureum</i> Camerún	60	9	9,33 <sup>e</sup> (0,06)	11,80 <sup>f</sup> (0,08)	9	20,89 <sup>e</sup> (0,07)	14,20 <sup>b</sup> (0,15)		
10	<i>P. purpureum</i> Elefante	30	9	6,62 <sup>b</sup> (0,06)	*	9	21,32 <sup>f</sup> (0,07)	*		
11	<i>P. purpureum</i> Elefante	45	9	8,78 <sup>d</sup> (0,06)	6,73 <sup>c</sup> (0,08)	9	20,31 <sup>d</sup> (0,07)	17,60 <sup>f</sup> (0,15)		
12	<i>P. purpureum</i> Elefante	60	9	10,36 <sup>g</sup> (0,06)	8,74 <sup>h</sup> (0,08)	9	17,20 <sup>b</sup> (0,07)	12,94 <sup>a</sup> (0,15)		

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05).

\* La producción de tallos a los 30 días fue mínima, por lo que no hubo suficiente material para efectuar los análisis de EE y Cen.

**Cuadro 15.** Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de MS, PC y FC en variedades de *Pennisetum purpureum*.

Variedad	MS, $t\ ha^{-1}$ Hojas (EE)		MS, $t\ ha^{-1}$ Tallos (EE)		PC, $t\ ha^{-1}$ Hojas (EE)		PC, $t\ ha^{-1}$ Tallos (EE)		FC, $t\ ha^{-1}$ Hojas (EE)		FC, $t\ ha^{-1}$ Tallos (EE)	
	n	Media <sup>†</sup>	n	Media <sup>†</sup>	n	Media <sup>†</sup>	n	Media <sup>†</sup>	n	Media <sup>†</sup>	n	Media <sup>†</sup>
	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	36	1,70 <sup>a</sup> (0,16)	29	0,79 <sup>a</sup> (0,12)	27	0,19 <sup>a</sup> (0,02)	18	0,07 <sup>b</sup> (0,02)	27	0,61 <sup>a</sup> (0,08)	18
<i>P. purpureum</i> King Grass	35	2,67 <sup>b</sup> (0,17)	26	0,44 <sup>a</sup> (0,16)	26	0,24 <sup>a</sup> (0,02)	14	0,03 <sup>a</sup> (0,02)	26	0,94 <sup>b</sup> (0,08)	17	0,14 <sup>a</sup> (0,10)
<i>P. purpureum</i> Camerún	36	1,84 <sup>a</sup> (0,16)	23	0,45 <sup>a</sup> (0,64)	27	0,19 <sup>a</sup> (0,02)	14	0,04 <sup>ab</sup> (0,02)	27	0,61 <sup>a</sup> (0,08)	15	0,15 <sup>a</sup> (0,11)
<i>P. purpureum</i> Elefante	36	1,96 <sup>a</sup> (0,16)	31	0,78 <sup>a</sup> (0,12)	27	0,23 <sup>a</sup> (0,02)	17	0,06 <sup>ab</sup> (0,02)	27	0,68 <sup>a</sup> (0,08)	18	0,29 <sup>a</sup> (0,09)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey  $P < 0,05$ )

**Cuadro 16.** Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de MS, PC y FC según la edad de *Pennisetum purpureum*.

Edad de rebrote	MS, $t\ ha^{-1}$ Hojas (EE)		MS, $t\ ha^{-1}$ Tallos (EE)		PC, $t\ ha^{-1}$ Hojas (EE)		PC, $t\ ha^{-1}$ Tallos (EE)		FC, $t\ ha^{-1}$ Hojas (EE)		FC, $t\ ha^{-1}$ Tallos (EE)	
	n	Media <sup>†</sup>	n	Media <sup>†</sup>	n	Media <sup>†</sup>	n	Media <sup>†</sup>	n	Media <sup>†</sup>	n	Media <sup>†</sup>
30 días	47	0,87 <sup>a</sup> (0,14)	14	0,15 <sup>a</sup> (0,54)	35	0,14 <sup>a</sup> (0,02)		*	35	0,33 <sup>a</sup> (0,07)		*
45 días	48	2,19 <sup>b</sup> (0,14)	47	0,43 <sup>a</sup> (0,09)	36	0,21 <sup>b</sup> (0,02)	27	0,05 <sup>a</sup> (0,01)	36	0,76 <sup>b</sup> (0,07)	32	0,23 <sup>a</sup> (0,06)
60 días	48	3,06 <sup>c</sup> (0,14)	48	1,26 <sup>b</sup> (0,09)	36	0,28 <sup>c</sup> (0,02)	36	0,06 <sup>a</sup> (0,01)	36	1,04 <sup>c</sup> (0,07)	36	0,49 <sup>b</sup> (0,06)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey  $P < 0,05$ ).

\* La producción de tallos a los 30 días fue mínima, por lo que no hubo suficiente material para efectuar los análisis de PC y FC.

**Cuadro 17.** Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de PC y FC por tratamiento de *P. purpureum*.

T	Variedad Forrajera	Edad de Rebrote	PC, $t\ ha^{-1}$ (Hojas)		PC, $t\ ha^{-1}$ (Tallos)		FC, $t\ ha^{-1}$ (Hojas)		FC, $t\ ha^{-1}$ (Tallos)	
			n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
1	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	30	9	0,12 <sup>a</sup> (0,03)		*	9	0,26 <sup>a</sup> (0,12)		*
2	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	45	9	0,18 <sup>abc</sup> (0,03)	9	0,07 <sup>a</sup> (0,02)	9	0,64 <sup>abc</sup> (0,12)	9	0,32 <sup>ab</sup> (0,09)
3	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	60	9	0,27 <sup>bc</sup> (0,03)	9	0,07 <sup>a</sup> (0,02)	9	0,94 <sup>bcd</sup> (0,12)	9	0,64 <sup>b</sup> (0,09)
4	<i>P. purpureum</i> King Grass	30	8	0,20 <sup>abc</sup> (0,04)		*	8	0,48 <sup>ab</sup> (0,12)		*
5	<i>P. purpureum</i> King Grass	45	9	0,24 <sup>abc</sup> (0,03)	9	0,03 <sup>a</sup> (0,02)	9	1,04 <sup>cd</sup> (0,12)	8	0,14 <sup>a</sup> (0,10)
6	<i>P. purpureum</i> King Grass	60	9	0,27 <sup>bc</sup> (0,03)	9	0,06 <sup>a</sup> (0,02)	9	1,29 <sup>d</sup> (0,12)	9	0,42 <sup>ab</sup> (0,09)
7	<i>P. purpureum</i> Camerún	30	9	0,12 <sup>a</sup> (0,03)		*	9	0,28 <sup>a</sup> (0,12)		*
8	<i>P. purpureum</i> Camerún	45	9	0,19 <sup>abc</sup> (0,03)	9	0,04 <sup>a</sup> (0,02)	9	0,68 <sup>abc</sup> (0,12)	6	0,15 <sup>a</sup> (0,11)
9	<i>P. purpureum</i> Camerún	60	9	0,25 <sup>abc</sup> (0,03)	9	0,04 <sup>a</sup> (0,02)	9	0,88 <sup>bcd</sup> (0,12)	9	0,26 <sup>a</sup> (0,09)
10	<i>P. purpureum</i> Elefante común	30	9	0,12 <sup>ab</sup> (0,03)		*	9	0,29 <sup>a</sup> (0,12)		*
11	<i>P. purpureum</i> Elefante común	45	9	0,24 <sup>abc</sup> (0,03)	8	0,07 <sup>a</sup> (0,02)	9	0,68 <sup>abc</sup> (0,12)	9	0,29 <sup>ab</sup> (0,09)
12	<i>P. purpureum</i> Elefante común	60	9	0,32 <sup>c</sup> (0,03)	9	0,08 <sup>a</sup> (0,02)	9	1,06 <sup>cd</sup> (0,12)	9	0,63 <sup>b</sup> (0,09)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey  $P < 0,05$ ).

\* La producción de tallos a los 30 días fue mínima, por lo que no hubo suficiente material para efectuar los análisis de PC y FC.

**Cuadro 18.** Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de grasa y ceniza en variedades de *Pennisetum purpureum*.

Variedad	EE, $t\ ha^{-1}$ (Hojas)		EE, $t\ ha^{-1}$ (Tallos)		Cenizas, $t\ ha^{-1}$ (Hojas)		Cenizas, $t\ ha^{-1}$ (Tallos)	
	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	27	0,19 <sup>a</sup> (0,02)	18	0,06 <sup>a</sup> (0,02)	27	0,36 <sup>a</sup> (0,05)	18	0,15 <sup>a</sup> (0,04)
<i>P. purpureum</i> King Grass	26	0,22 <sup>a</sup> (0,02)	14	0,03 <sup>a</sup> (0,03)	26	0,52 <sup>b</sup> (0,05)	15	0,06 <sup>a</sup> (0,05)
<i>P. purpureum</i> Camerún	27	0,19 <sup>a</sup> (0,02)	14	0,03 <sup>a</sup> (0,03)	27	0,44 <sup>ab</sup> (0,05)	14	0,07 <sup>a</sup> (0,05)
<i>P. purpureum</i> Elefante común	27	0,19 <sup>a</sup> (0,02)	16	0,07 <sup>a</sup> (0,02)	27	0,39 <sup>ab</sup> (0,05)	17	0,15 <sup>a</sup> (0,04)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey  $P < 0,05$ )

**Cuadro 19.** Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de grasa y ceniza según la edad de *Pennisetum purpureum*.

Edad de rebrote	EE, $t\ ha^{-1}$ (Hojas)		EE, $t\ ha^{-1}$ (Tallos)		Cen, $t\ ha^{-1}$ (Hojas)		Cen, $t\ ha^{-1}$ (Tallos)	
	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)
30 días	35	0,09 <sup>a</sup> (0,02)		*	35	0,24 <sup>a</sup> (0,04)		*
45 días	36	0,20 <sup>b</sup> (0,02)	26	0,05 <sup>a</sup> (0,01)	36	0,47 <sup>b</sup> (0,04)	28	0,11 <sup>a</sup> (0,03)
60 días	36	0,31 <sup>c</sup> (0,02)	36	0,12 <sup>b</sup> (0,01)	36	0,57 <sup>b</sup> (0,04)	36	0,19 <sup>a</sup> (0,03)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey  $P < 0,05$ ).

\* La producción de tallos a los 30 días fue mínima, por lo que no hubo suficiente material para efectuar los análisis de EE y Cen.

**Cuadro 20.** Rendimiento por corte ( $t\ ha^{-1}$ ) de grasa y ceniza por tratamiento de *P. purpureum*.

T	Variedad Forrajera	Edad	EE, $t\ ha^{-1}$ (Hojas)		EE, $t\ ha^{-1}$ (Tallos)		Cen, $t\ ha^{-1}$ (Hojas)		Cen, $t\ ha^{-1}$ (Tallos)	
			Rebrote	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n	Media <sup>†</sup> (EE)	n
1	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	30	9	0,06 <sup>a</sup> (0,03)	*	9	0,18 <sup>a</sup> (0,07)	*		
2	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	45	9	0,19 <sup>abc</sup> (0,03)	9	0,06 <sup>ab</sup> (0,02)	9	0,40 <sup>abc</sup> (0,07)	9	0,15 <sup>ab</sup> (0,04)
3	<i>P. purpureum</i> Maralfalfa	60	9	0,31 <sup>c</sup> (0,03)	9	0,14 <sup>b</sup> (0,02)	9	0,51 <sup>bc</sup> (0,07)	9	0,27 <sup>b</sup> (0,04)
4	<i>P. purpureum</i> King Grass	30	9	0,15 <sup>ab</sup> (0,03)	*	8	0,38 <sup>abc</sup> (0,07)	*		
5	<i>P. purpureum</i> King Grass	45	9	0,20 <sup>abc</sup> (0,03)	5	0,03 <sup>a</sup> (0,03)	9	0,56 <sup>c</sup> (0,07)	6	0,06 <sup>a</sup> (0,04)
6	<i>P. purpureum</i> King Grass	60	9	0,32 <sup>c</sup> (0,03)	9	0,11 <sup>ab</sup> (0,02)	9	0,61 <sup>c</sup> (0,07)	9	0,18 <sup>ab</sup> (0,04)
7	<i>P. purpureum</i> Camerún	30	9	0,07 <sup>a</sup> (0,03)	*	9	0,21 <sup>ab</sup> (0,07)	*		
8	<i>P. purpureum</i> Camerún	45	9	0,22 <sup>bc</sup> (0,03)	5	0,03 <sup>a</sup> (0,03)	9	0,49 <sup>abc</sup> (0,07)	5	0,07 <sup>a</sup> (0,05)
9	<i>P. purpureum</i> Camerún	60	9	0,27 <sup>bc</sup> (0,03)	9	0,07 <sup>ab</sup> (0,02)	9	0,62 <sup>c</sup> (0,07)	9	0,09 <sup>a</sup> (0,04)
10	<i>P. purpureum</i> Elefante Común	30	9	0,07 <sup>a</sup> (0,03)	*	9	0,20 <sup>ab</sup> (0,07)	*		
11	<i>P. purpureum</i> Elefante Común	45	9	0,19 <sup>abc</sup> (0,03)	7	0,07 <sup>ab</sup> (0,02)	9	0,43 <sup>abc</sup> (0,07)	8	0,15 <sup>ab</sup> (0,04)
12	<i>P. purpureum</i> Elefante Común	60	9	0,31 <sup>c</sup> (0,03)	9	0,14 <sup>b</sup> (0,02)	9	0,53 <sup>c</sup> (0,07)	9	0,22 <sup>ab</sup> (0,04)

<sup>†</sup> Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey  $P < 0,05$ ).

\* La producción de tallos a los 30 días fue mínima, por lo que no hubo suficiente material para efectuar los análisis de EE y Cen.

**Cuadro 21.** Costos de producción (USD) de una hectárea de forraje verde de cultivares de *Pennisetum purpureum* a tres edades de corte.

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
	M30	M45	M60	K30	K45	K60	C30	C45	C60	E30	E45	E60
<b>EGRESOS</b>												
COSTOS DE ESTABLECIMIENTO												
Aplicación herbicida	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Rastra	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Semilla	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Siembra	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
Fertilización antes del corte	278,8	278,8	278,8	278,8	278,8	278,8	278,8	278,8	278,8	278,8	278,8	278,8
COSTOS DE MANTENIMIENTO												
Cortes de uniformidad	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Control de malezas	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Urea (2da fertilización)	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
N-P-K-Mg-S (2da fertilización)	183,85	183,85	183,85	183,85	183,85	183,85	183,85	183,85	183,85	183,85	183,85	183,85
SPMg	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167	167
Renta tierra	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
TOTAL	2504,7	2504,7	2504,7	2504,7	2504,7	2504,7	2504,7	2504,7	2504,7	2504,7	2504,7	2504,7
<b>INGRESOS</b>												
Forraje MV t ha <sup>-1</sup> corte <sup>-1</sup>	632	1681,6	2813,6	898,4	2168	3072	515,2	1588	3032	638,4	2000	2585,6
TOTAL	632	1681,6	2813,6	898,4	2168	3072	515,2	1588	3032	638,4	2000	2585,6
<b>BENEFICIO / COSTO</b>												
	0,25	0,67	1,12	0,36	0,87	1,23	0,21	0,63	1,21	0,25	0,80	1,03
* BENEFICIO / COSTO	0,97	2,57	4,30	1,37	3,32	4,70	0,79	2,43	4,64	0,98	3,06	3,95

\* Solo se tomaron en cuenta los costos de mantenimiento.

Costo de 1 Kg de forraje verde \$ 0,08 (costo relativo). Costos de 45 Kg de urea \$27; N-P-K-Mg-S \$36,77; SPMg \$27,62; KCl \$28,25; DAP \$39

M30: Maralfalfa 30 días

K30: Kingrass 30 días

C30: Camerún 30 días

E30: Elefante común 30 días

M45: Maralfalfa 45 días

K45: Kingrass 45 días

C45: Camerún 45 días

E45: Elefante común 45 días

M60: Maralfalfa 60 días

K60: Kingrass 60 días

C60: Camerún 60 días

E60: Elefante común 60 días

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

En el crecimiento inicial se observó un comportamiento similar en las cuatro variedades de *P. purpureum*, presentándose alturas mayores a partir de la semana doce, en las variedades *P. purpureum* Elefante y Maralfalfa. Mientras que el mayor peso en hojas (MV y MS) lo presentó *P. purpureum* King Grass.

La edad de rebrote influyó sobre el comportamiento agronómico, rendimiento forrajero y la composición química en las cuatro variedades de *P. purpureum*.

El mayor rendimiento de MV y MS total se alcanzó a los 60 días. El contenido de PC disminuyó con la edad (mayor edad, menor PC), en las cuatro variedades, sin embargo, al ser expresados dichos valores en  $t\ ha^{-1}$  se obtuvo mayor rendimiento de PC a los 60 días. La variedad *P. purpureum* King Grass obtuvo la mayor producción de MS  $ha^{-1}$  por corte.

Los contenidos de MS, FC, y EE aumentaron y los de PC y Cen disminuyeron conforme avanzó la edad de rebrote en las cuatro variedades de *P. purpureum*. La variedad *P. purpureum* Elefante común presentó el mayor contenido de PC en hojas y *P. purpureum* Camerún en tallos. Sin embargo, el rendimiento de PC, FC, EE y Cen por hectárea es similar en las cuatro variedades.

## 5.2 Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación y bajo las condiciones ambientales antes descritas, se recomienda para estas variedades de *Pennisetum purpureum* la edad de corte o rebrote de 60 días, que es cuando se conjugan la cantidad de biomasa ( $3072 \text{ t ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$  de forraje fresco), los valores de proteína ( $0,27 \text{ t ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$ ) se mantienen a niveles aceptables y se obtiene la mayor rentabilidad (beneficio/costo de 1,23).

Se recomienda, continuar con investigaciones referentes a este mismo género con otras edades de rebrote (75 y 90 días) y su efecto sobre la producción forrajera, composición química. Adicionalmente, es recomendable que se evalúe las variables distancia entre nudos, cobertura y que se realice pruebas de digestibilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C. 2004. Adaptación y evaluación del pasto elefante rojo *Pennisetum purpureum*, Schumacher en tres frecuencias de corte. Tesis de grado de Ingeniero Agropecuario. En resúmenes de trabajos de pregrado, trabajos finales y tesis de grado, año 2004. Universidad Nacional de Colombia. 38 p. Consultado el 4/06/2013 de <http://www.redalyc.org/pdf/1799/179914590016.pdf>
- Amaro, J. García, E. Henríquez, J. 2004. Análisis del crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas del pasto Mulato (*Brachiaria híbrido*, cv.). *Tecnología Pecuaria Mexicana*, 42 (3): 447-458. Disponible en [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Fisiologia/Art\\_Analss\\_Crecimiento.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Fisiologia/Art_Analss_Crecimiento.pdf)
- Araya, M. Boshini, C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 16 (1): 37-43. Consultado el 06 -11- 2011 de [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v16n01\\_037.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v16n01_037.pdf)
- Ávalos, D. 2009. Reproducción vegetativa del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) y su respuesta a la fertilización química y orgánica en la granja Laguacoto II, cantón Guaranda, provincia Bolívar. Tesis de grado. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador. <http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/131/1/0008.pdf>
- Bernal, J. 1994. Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo. 3<sup>era</sup> ed. Banco Ganadero. Santafé de Bogotá-Colombia. 575p. Consultado el 12 de octubre del 2013. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/21800105/Pastos-y-Forrajes-Tropicales-1era-Parte>
- Bernal, J y Espinosa, J. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. 94p. Consultado el 10 de octubre del 2013. Accesible en:

[http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/\\$FILE/L%20Pastos.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/c093707b0327c2fe05257a40005f359f/$FILE/L%20Pastos.pdf)

Busqué, J. y Herrero, M. 2001. Atributos funcionales de las plantas y su implicación en el manejo de pasturas tropicales, p. 19-38, en: Herrero, *et al.*, eds. Manejo y evaluación de Pasturas Tropicales. CIAT. Primera ed. Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT), Santa Cruz de la Sierra-Bolivia. [http://www.researchgate.net/publication/228596164\\_Atributos\\_funcionales\\_de\\_las\\_plantas\\_forrajeras\\_y\\_su\\_implicacin\\_en\\_el\\_manejo\\_de\\_pasturas/file/60b7d520094c0b0860.pdf](http://www.researchgate.net/publication/228596164_Atributos_funcionales_de_las_plantas_forrajeras_y_su_implicacin_en_el_manejo_de_pasturas/file/60b7d520094c0b0860.pdf)

Cáceres, F. Echevarría, M. y Basurco V. 2007. Evaluación del rendimiento y valor nutritivo del pasto Elefante morado (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cultivar cameroon a diferentes edades en otoño e invierno en la Costa Central. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) 68(1):136-141. <http://www.lamolina.edu.pe/Investigacion/web/anales/2007/1.pdf#page=141>

Cardarelli, A. 1999. Pastos y Forrajes. Editorial Mendieta. Primera edición. Centro Internazionale Crocevia. Quito-Ecuador. 118 p.

Carranza, C. Lancho, O. Miranda, D. Chaves, B. 2009. Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) 'Batavia' cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá [versión electrónica]. Agronomía Colombiana, 27(1): 41-48. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11330>

Clavero, T. Pulgar, C. 1995. Dinámica de crecimiento de pasto Elefante enano (*P. purpureum* cv Mott) bajo defoliación [versión electrónica]. Rev. Fac. Agron. LUZ, 12: 501-509. [http://www.revfacagronluz.org.ve/v12\\_4/v124z060.html](http://www.revfacagronluz.org.ve/v12_4/v124z060.html)

- Clavero, T. Razz, R. 2009. Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación [versión electrónica]. Rev. Fac. Agron. LUZ, 26: 78-87.  
[http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/enero\\_marzo2009/iv26n1a20097887.pdf](http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/enero_marzo2009/iv26n1a20097887.pdf)
- Cóndor, L. 2012. Relación de los factores climáticos y la edad con el rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vc CT 169 en la Provincia de Granma - Cuba. Tesis de grado de Medicina Veterinaria. Cuba.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/850/1/T-UTC-1197.pdf>
- Correa, H. 2006. Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Research for Rural Development. Volume 18: 84 254-266*. Consultado el 20 de abril del 2013 de  
<http://www.lrrd.org/lrrd18/6/corr18084.htm>
- Correa, H. Arroyave, H. Henao, Y. López, A. Cerón, J. Pasto Maralfalfa: Mitos y Realidades (parte primera). 2004. En: IV seminario internacional Competitividad en carne y leche. Noviembre 10 y 11: pp 231 - 274.  
<http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/articulos/pasto-maralfalfa-t427/141-p0.htm>
- Cowan, R.T., & Lowe, K.F. 1998. Tropical and subtropical grass management and quality. p. 101-135, in: J.H. Cherney & D.J.R. Cherney (eds) *Grass for dairy cattle*. CAB International.
- Cruz, D. 2008. Evaluación del potencial forrajero del pasto Maralfalfa *Pennisetum violaceum* con diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo con una base estándar de potasio. Tesis de grado de Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Riobamba - Ecuador. 89 p.  
<https://www.google.com.ec/#q=cruz+evaluacion+maralfalfa>

- Curll y Wilkins. 1982. Frequency and severity of defoliation of grass and clover by sheep at different stocking rates. *Grass Forage Sci*, 37: 291 – 297.
- Church, D. Pond, W. Pond, K. 2004. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2° edición. Editorial Limusa. México.
- Dávila, C y Urbano, D. 2005. Uso de pastos de corte en los sistemas intensivos. *Manual de ganadería doble propósito*, 9: 194 – 198.
- Del Pozo P. 2002. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. *Pastos*. 32(2): 109-137. <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1314>
- Dios L. 2012. Producción de biomasa y valor nutritivo del pasto Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*) en un suelo cambisol. Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agroalimentaria en el Trópico. México. [http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/1770/Dios\\_Leon\\_GE\\_MC\\_Produccion\\_Agroalimentaria\\_Tropico\\_2012.pdf?sequence=1](http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/1770/Dios_Leon_GE_MC_Produccion_Agroalimentaria_Tropico_2012.pdf?sequence=1)
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC ) 2011, del INEC. Ecuador. Consultado el 20 de junio del 2012 de [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec).
- Espinoza, F. Argenti, P. Gil, J. León, L. Perdomo, E. 2001. Evaluación del pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* cv. King Grass) en asociación con leguminosas forrajeras [versión electrónica]. *Zootecnia Tropical*, 19 (1): 59-71. <http://www.bioline.org.br/request?zt01005>
- Estación climatológica de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Extensión Santo Domingo. 2012.
- FAO, 2003. *Food composition data. Review of methods of analysis*. 7: 97-147. Roma.

- FAO, 2009. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La ganadería, a examen. Parte I: 3-8. Roma. <https://www.fao.org.br/download/i0680s.pdf>
- Faría, J. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento total y distribución en hoja, tallo y material muerto de la materia seca del pasto Elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). Rev. Fac. Agron. LUZ 14: 417-425. [http://www.revfacagronluz.org.ve/v14\\_4/v144z004.html](http://www.revfacagronluz.org.ve/v14_4/v144z004.html)
- Fernández, J. Gómez, I. Cordoví, C. 2012. Efecto de la edad de rebrote en el rendimiento y contenido proteico del pasto *Brachiaria humidicola* cv CIAT-609 en un suelo vertisol. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitro. Producción animal, 24 (1). 5 p. <http://www.reduc.edu.cu/147/12/1/147120110.pdf>
- Grijalva, J. 2008. Memorias del Módulo de Nutrición y Alimentación de Poligástricos. Centro de Postgrados. Univesidad Tecnológica Equinoccial. UTE. Ecuador.
- Guzmán, E. 1996. Pastos y forrajes. 3ª edición. Espasandes, S.R.L. Editores. Caracas. Venezuela. 450p.
- Guzmán, E. 2009. Efecto de fertilización química vía foliar en el pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*), en el canton Bolívar- provincia del Carchi. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador.
- Haro, R. 2003. Informe sobre recursos zoogenéticos, Ecuador. Publicación digital FAO. Consultada el 3 de octubre del 2012 de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao./010/a1250e/annexes/CountryReports/Ecuador.pdf>
- Hernández, S. 2010. Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos. Tesis de grado de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. Consultado el 12 de enero de 2012 de

<http://mateandoconlaciencia.zonalibre.org/IMPORTANCIADELAFIBRAENLAALIMENTACIONDELOSBOVINOS.pdf>

Herrera, R. 2009. Mejoramiento de *Pennisetum purpureum* en Cuba [versión electrónica]. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 43 (4): 345-349.

Heike, V (ed.). 2009. Malezas de México. Consultado el 15 de abril del 2012 de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/pennisetum-purpureum/fichas/pagina1.htm>

Holmann, F. Rivas, L. Carulla, J. Rivera, B. Giraldo, L. Guzmán, S. Martínez, M. Medina, A. y Farrow, A. 2004. Producción de leche y su relación con los mercados: Caso Colombiano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 78 p. Documento de Trabajo N° 193. Cali. Consultado el 3 -11- 2013 de [http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/tropileche/books/Produccion\\_leche\\_relacion\\_mercados\\_caso\\_Colombia.pdf](http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/tropileche/books/Produccion_leche_relacion_mercados_caso_Colombia.pdf)

Jiménez, J. 2008. Memorias del Módulo de Producción de Pastos. Centro de Postgrados. Univesidad Tecnológica Equinoccial. UTE. Ecuador.

Lascano, C. Plazas, C. Medrano, J. Argel P. y Pérez O. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT-26110). Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. 18p. (Consultado el 20 de abril 2013). [http://webapp.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/brachiaria\\_brizantha\\_cv\\_toledo.pdf](http://webapp.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/brachiaria_brizantha_cv_toledo.pdf)

León, R. 1996. Introducción a la Forrajicultura. FMVZ-Universidad Central. IASA-Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador.

León, R. 2003. Manual de Pastos y forrajes. IASA- Escuela Politécnica del Ejército. Ediciones científicas. Ecuador.

- Lopes, B. 2003. Aspectos importantes de fisiología vegetal para la gestión. Universidad Federal de Viçosa. Consultado el 14 de abril del 2013 de <http://www.forragicultura.com.br/arquivos/Aspectosimportantesdafisiologiavegetalparaomanejo.pdf>
- Madera, N. Ortiz, B. Bacab, H. Magaña, H. 2013. Influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad in vitro de la materia seca. Avances en Investigación Agropecuaria. 17(2): 41-52. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83726339005>
- Márquez, F.Sánchez, J. Urbano, D. Dávila, C. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína Zootecnia Tropical. 25 (4): 253-259. [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/ZootecniaTropical/zt2504/pdf/marquez\\_f.pdf](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt2504/pdf/marquez_f.pdf)
- Miranda, L. Ayala, Y. Núñez, D. 2012. Evaluación agroproductiva del Cuba OM-22 (*Pennisetum Purpureum X Pennisetum Glaucum*) en un suelo pardo en el período seco. Revista Innovación Tecnológica. 18 (3). <http://innovaciontec.idict.cu/innovacion/article/view/248>
- Nava, J. Gutiérrez, E. Zavala, F.Olivares, E. Elías, J .Bernal, H. Herrera, R. 2013. Establecimiento del pasto CT-115 (*Pennisetum Purpureum*) en una zona semiárida del Noroeste de México. Fitotecnia Mexicana. 36(3): 239-244. [http://www.buscagro.com/detalles/Establecimiento-del-pasto-Pennisetum-purpureum-en-una-zona-semiarida-del-noreste...\\_70197.html](http://www.buscagro.com/detalles/Establecimiento-del-pasto-Pennisetum-purpureum-en-una-zona-semiarida-del-noreste..._70197.html)
- Neira, D. 2010. Ecuador: Estado de situación frente a la Agricultura, Seguridad Alimentaria y Gestión de recursos hídricos destinados a la agricultura y el cambio climático. Programa Adaptación de la agricultura y del aprovechamiento de aguas de la agricultura al cambio climático en los Andes.

Edición digital. Consultado el 2 de octubre del 2012 y disponible en:  
[www.programa-aacc.pe/docs/referencia/situacion\\_ecuador.pdf](http://www.programa-aacc.pe/docs/referencia/situacion_ecuador.pdf)

Petruzzi, H. Stritzler, N. Ferri, C. Pagella, J. Rabotnikot, C. 2005. Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas. Boletín de divulgación técnica N° 88. Universidad Nacional de la Pampa. Facultad de Agronomía. Consultado el 3-11-2013 de [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/43-uso\\_microondas\\_ms.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/43-uso_microondas_ms.pdf)

Pirela, M. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Manual de Ganadería Doble Propósito (6): 176-182 Venezuela. Consultado el 30-10-2013 de <http://www.venezuelaganadera.com/enciclopedia-ganadera/valor-nutritivo-de-los-pastos-tropicales#.UugkLRDv7IU>

Ramírez, A. Contreras, J. Palomo, A. Alvarez, V. Rodríguez, S. García, M. 2012. Producción de biomasa de algodón en surcos ultra-estrechos y densidad poblacional [versión electrónica]. Agronomía Mesoamericana. 23(2): 259-267.

Ramírez, J. Verdecia, D. Leonard, I. 2008. Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum* Cuba CT 169 en un suelo pluvisol. Revista electrónica de Veterinaria. Universidad de Granma, Cuba. Consultado el 5-5-2012. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508/050806.pdf>

Ramírez, J. 2012. Valor nutritivo y rendimiento en el pasto King Grass morado cosechado a cuatro edades de rebrote durante el segundo año de establecimiento, Santo Domingo. Tesis de grado de Ingeniero Agropecuario. Universidad Tecnológica Equinoccial, UTE. Santo Domingo. Ecuador.

Ramírez, O. Garay, A. Da Silva, S. Pérez, J. Quiroz, J. Carrillo, A. Núñez, A. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de

- corte. Revista Técnica Pecuaria en México, 47(2).  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61312116008>
- Ramírez, P. Izquierdo, F. Paladines, O. 1996. Producción y utilización de pastizales en cinco zonas agroecológicas del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería-GTZ- REPAAN-PROFOGAN. Quito-Ecuador.
- Ramírez, Y. Pérez, J. 2006. Efecto de la edad de corte sobre el rendimiento y composición química del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*). Revista Unellez de Ciencia y Tecnología . 24: 57-62.  
<http://app.vpa.unellez.edu.ve/revistas/index.php/rucyt/article/view/44>
- Ramos, O. Canul, J. Duarte, F. 2012. Producción de tres variedades de *Pennisetum purpureum* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán, México. Biociencias. 2 (2): 60-68.  
<http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-6.pdf>
- Rincón, N., M. A. Olarte y J. C. Pérez. 2012. Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín-RFNAM. 65 (1):6399-6405. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v65n1/v65n1a10.pdf>
- Rodríguez, P y Blanco, E. 1970. Composición química de hojas y tallos de 21 cultivares de Elefante (*Pennisetum purpureum*, Shumacher). Agronomía Tropical. 20(6): 383-396.  
[http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at2006/arti/rodriguez\\_s.htm](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at2006/arti/rodriguez_s.htm)

- Rodríguez, S. Bodisco, V. Capó, E. Novoa, L. 1973. Comparación de seis cultivares de pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*, Shumacher) [versión electrónica]. *Agronomía Tropical*. 23 (6): 555-567.
- Rúa M. 2008. Pastos de Corte para el trópico. Consultado el 15 de febrero del 2012 de: [www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/pastos-corte-tropico-t2047/p0.htm](http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/pastos-corte-tropico-t2047/p0.htm)
- Sánchez, J. 2010. Utilización eficiente de pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. \_XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción. Consultado el 10 de abril del 2012. [www.avpa.ula.ve/eventos/xi\\_seminario/Conferencias/Articulo-2.pdf](http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi_seminario/Conferencias/Articulo-2.pdf)
- Sarmiento, H. 2012. Comportamiento agronómico y valor nutricional de tres pastos de corte pasto Guatemala, pasto Elefante y CT -115 en el recinto la Independencia en el cantón Ponce Enríquez provincia del Azuay. Tesis de grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo Ecuador. (15 – 02 - 2013). <http://biblioteca.uteq.edu.ec:8080/jspui/bitstream/123456789/393/1/Sarmiento%20Ramirez%20H%c3%a8ctor%20Pacifico.pdf>
- Sosa, D. Larco, C. Falconí, Toledo, D. Suárez, G. 2006. Digestibilidad de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en cabras. Escuela Politécnica del Ejército. Carrera de Ciencias Agropecuarias (IASA I). Boletín Técnico 5, Serie Zoológica 2: 68-76. Ecuador.
- Valenciaga, D. Chongo B. Herrera, R. Torres, V. Oramas, A. Cairo, J. y Herrera, M. 2009. Efecto de la edad de rebrote en la composición química de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43(1):73-79. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015398013>

- Valenciaga, D., O. La O., B. Chongo. 2001. Caracterización del clon Pennisetum CUBA CT-115. Composición química y degradabilidad ruminal de la materia seca. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 2001 35(4): 349-354.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193018246006>
- Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. 163-190p. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid.  
<http://www.globimed.net/publicaciones/LibroEcoIndice.htm>
- Van Soest, P. 2004. Evaluación de forrajes y calidad de los alimentos para rumiantes. Curso Uso de un Modelo Computacional para el Manejo Nutricional de Bovinos y Ovinos. Calidad de alimentos para rumiante. 11 al 15 de octubre del 2004, Facultad de medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatan, México y Universidad de Cornell, USA. (Consultado el 15 de octubre del 2012).  
<http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse2/minisite/pdf/Calidad%20de%20Alimentos%20para%20Rumiantes/articulo%20Van%20Soest.pdf>
- Wilson, J. y L. Mannerje. 1978. Senescence, digestibility and carbohydrate content of buffel grass and Green panic leaves in sward. Aust. J. Agric. Res. 29: 503 – 516.

## ANEXO A. ANÁLISIS DE VARIANZA DE VARIABLES AGRONÓMICAS Y DE RENDIMIENTO

**Cuadro A1.** Análisis de varianza para altura de planta en variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	3	3630	1021	1,230	0,301
CORTE	2	10392	5877	7,090	0,001
TRATAMIENTOS	11	292811	26619	32,120	0,000
ERROR	126	104421	829		
TOTAL	142	411256			
Entre Variedades	3	18699	6233	2,210	0,090
Dentro (Maralfalfa)	2	89283	44642	85,860	0,000
Edad lineal	1	88450	88450	167,14	0,017
Edad Cuadrática	1	834	834	1,600	0,214
Dentro (King Grass)	2	52339	26170	13,61	0,000
Edad lineal	1	49626	49626	25,51	0,105
Edad Cuadrática	1	2713	2713	1,41	0,243
Dentro (Camerún)	2	53279	26639	71,77	0,000
Edad lineal	1	53170	53170	146,29	0,102
Edad Cuadrática	1	108	108	0,29	0,592
Dentro (Elefante)	2	78319	39160	47,31	0,000
Edad lineal	1	77934	77934	95,70	0,796
Edad Cuadrática	1	386	386	0,47	0,500

**Cuadro A2.** Tukey 5% para altura de planta por corte.

Corte	n	Medias	E.E. ‡	Tukey†
1	48	163,08	4,16	b
2	47	141,55	4,20	a
3	48	157,33	4,16	b

†Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey  $P < 0,05$ )

‡ E.E. = Error Estándar

**Cuadro A3.** Análisis de varianza para número de brotes en variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	3	257,1	83,7	0,55	0,648
CORTE	2	8466,5	4116,3	27,12	0,000
TRATAMIENTOS	11	12037,7	1094,3	7,21	0,000
ERROR	126	19127,1	151,8		
TOTAL	142	39888,4			
Entre Variedades	3	9236,3	3078,8	13,96	0,000
Dentro (Maralfalfa)	2	1998,7	999,3	3	0,064
Edad lineal	1	1520	1520	4,563	0,33
Edad Cuadrática	1	478,6	478,6	1,437	0,239
Dentro (King Grass)	2	433,3	216,6	1,3	0,287
Edad lineal	1	324,9	324,9	1,946	0,509
Edad Cuadrática	1	108,3	108,3	0,649	0,426
Dentro (Camerún)	2	60,42	30,21	0,32	0,728
Edad lineal	1	26,08	26,08	0,276	0,52
Edad Cuadrática	1	34,33	34,33	0,364	0,551
Dentro (Elefante)	2	588,4	294,2	1,18	0,319
Edad lineal	1	53,8	53,8	0,216	0,142
Edad Cuadrática	1	534,7	534,7	2,152	0,152

**Cuadro A4.** Tukey 5% para número de brotes por corte.

Corte	Medias	n	E.E. ‡	Tukey†
1	34,73	48	1,78	a
2	53,3	47	1,80	c
3	42,65	48	1,78	b

†Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey  $P < 0,05$ )  
‡ E.E. = Error Estándar

**Cuadro A5.** Análisis de varianza para proporción hojas en variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	3	174,9	30,2	0,45	0,717
CORTE	2	901,8	577,4	8,61	0,000
TRATAMIENTOS	11	21462,4	1951,1	29,11	0,000
ERROR	124	8312,1	67		
TOTAL	140	30851,2			
Entre Variedades	3	4974,9	1658,3	8,78	0,000
Dentro (Maralfalfa)	2	1221,13	610,56	8,53	0,001
Edad lineal	1	1217,4	1217,4	17,017	0,864
Edad Cuadrática	1	3,73	3,73	0,052	0,821
Dentro (King Grass)	2	7886,2	3943,1	40,74	0,000
Edad lineal	1	7814,5	7814,5	80,728	0,093
Edad Cuadrática	1	71,7	71,7	0,741	0,396
Dentro (Camerún)	2	4701,3	2350,6	24,96	0,000
Edad lineal	1	4650,4	4650,4	49,367	0,954
Edad Cuadrática	1	50,9	50,9	0,540	0,467
Dentro (Elefante)	2	2505,7	1252,9	37,54	0,000
Edad lineal	1	2317,9	2317,9	69,398	0,130
Edad Cuadrática	1	187,8	187,8	5,623	0,024

**Cuadro A6.** Tukey 5% para proporción hojas por corte.

Corte	Medias	n	E.E. ‡	Tukey†
1	82,35	47	1,2	a
3	85,78	47	1,2	a b
2	89,37	47	1,2	b

†Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

‡ E.E. = Error Estándar

**Cuadro A7.** Análisis de varianza para proporción tallos en variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	3	76,20	46,40	0,78	0,51
CORTE	2	1862,70	798,10	13,46	0,00
TRATAMIENTOS	10	13959	1395,9	23,54	0,00
ERROR	98	5810,7	59,30		
TOTAL	113	21708,6			
Entre Variedades	3	2766,0	922	5,35	0,00
Dentro (Maralfalfa)	2	5442,20	2721,10	25,96	0,00
Edad lineal	1	5386,60	5386,60	51,39	0,16
Edad Cuadrática	1	55,50	55,50	0,53	0,47
Dentro (King Grass)	2	1491	745,50	16,39	0,00
Edad lineal	1	1313,20	1313,20	28,87	0,17
Edad Cuadrática	1	177,80	177,80	3,91	0,06
Dentro (Camerún)	1	649,90	649,90	26,57	0,00
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (Elefante)	2	3830,7	1915,4	19,09	0,00
Edad lineal	1	3755,6	3755,6	37,44	0,80
Edad Cuadrática	1	75,1	75,1	0,75	0,39

**Cuadro A8.** Tukey 5% para proporción tallos por corte.

Corte	Medias	n	E.E. ‡	Tukey†
1	21,37	36	2,59	b
2	11,91	37	2,69	a
3	16,04	41	2,58	a

†Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

‡ E.E. = Error Estándar

**Cuadro A9.** Análisis de varianza para área foliar en variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	3	144,08	43,06	2,6	0,055
CORTE	2	59,78	25,79	1,55	0,215
TRATAMIENTOS	11	1398,16	127,11	7,66	0,000
ERROR	125	2072,97	16,58		
TOTAL	141	3675			
Entre Variedades	3	449,34	149,78	6,41	0,000
Dentro (Maralfalfa)	2	120,499	60,25	16,16	0,000
Edad lineal	1	120,185	120,185	32,230	0,796
Edad Cuadrática	1	0,315	0,315	0,084	0,773
Dentro (King Grass)	2	228,6	114,3	8,43	0,001
Edad lineal	1	218,89	218,89	16,142	0,65
Edad Cuadrática	1	9,71	9,71	0,716	0,404
Dentro (Camerún)	2	330,88	165,44	18,38	0,000
Edad lineal	1	324,42	324,42	36,047	0,795
Edad Cuadrática	1	6,46	6,46	0,718	0,403
Dentro (Elefante)	2	293,59	146,79	3,47	0,043
Edad lineal	1	211,58	211,58	4,997	0,119
Edad Cuadrática	1	82,01	82,01	1,937	0,173

**Cuadro A10.** Análisis de varianza para materia Verde (t MV ha<sup>-1</sup>) con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	3	1133,7	377,9	3,85	0,011
CORTE	2	1380,5	690,2	7,02	0,001
TRATAMIENTOS	11	19115,2	1737,7	17,69	0,000
ERROR	127	12478,6	98,3		
TOTAL	143	34108,1			
Entre Variedades	3	450,8	150,3	0,63	0,600
Dentro (Maralfalfa)	2	4465,4	2232,7	22,980	0,000
Edad lineal	1	4463,3	4463,3	45,919	0,618
Edad Cuadrática	1	2,1	2,1	0,022	0,884
Dentro (King Grass)	2	4472,5	2236,3	13,67	0
Edad lineal	1	4430,6	4430,6	27,082	0,324
Edad Cuadrática	1	41,9	41,9	0,256	0,616
Dentro (Camerún)	2	5982,5	2991,3	37,24	0
Edad lineal	1	5939,3	5939,3	73,964	0,926
Edad Cuadrática	1	43,2	43,2	0,538	0,469
Dentro (Elefante)	2	3744	1872	16,53	0
Edad lineal	1	3555,8	3555,8	31,412	0,078
Edad Cuadrática	1	188,1	188,1	1,662	0,206

**Cuadro A11.** Tukey 5% para materia verde (t MV ha<sup>-1</sup>) por corte.

Corte	Medias	n	E.E. ‡	Tukey†
2	19,3	48	1,43	a
3	21,58	48	1,43	a
1	26,7	48	1,43	b

†Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

‡ E.E. = Error Estándar

**Cuadro A12.** Análisis de varianza para materia Seca (t MS ha<sup>-1</sup>) con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	3	18,267	6,089	3,53	0,017
CORTE	2	12,973	6,486	3,76	0,026
TRATAMIENTOS	11	401,658	36,514	21,17	0,000
ERROR	127	219,05	1,725		
TOTAL	143	651,948			
Entre Variedades	3	18,574	18,574	6,191	1,370
Dentro (Maralfalfa)	2	103,333	51,667	24,93	0,000
Edad lineal	1	103,169	103,169	49,768	0,346
Edad Cuadrática	1	0,164	0,164	0,079	0,780
Dentro (King Grass)	2	91,786	45,893	19,82	0,000
Edad lineal	1	86,147	86,147	37,213	0,040
Edad Cuadrática	1	5,639	5,639	2,436	0,128
Dentro (Camerún)	2	84,119	42,059	26,13	0,000
Edad lineal	1	84,113	84,113	52,277	0,457
Edad Cuadrática	1	0,006	0,006	0,004	0,952
Dentro (Elefante)	2	103,846	51,923	32,72	0,000
Edad lineal	1	103,834	103,834	65,428	0,497
Edad Cuadrática	1	0,012	0,012	0,008	0,930

**Cuadro A13.** Tukey 5% para materia seca (t MS ha<sup>-1</sup>) por corte.

Corte	Medias	n	E.E. ‡	Tukey <sup>†</sup>
3	2,76	48	0,19	a
2	2,82	48	0,19	a b
1	3,42	48	0,19	b

<sup>†</sup>Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

<sup>‡</sup> E.E. = Error Estándar

## ANEXO B. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

**Cuadro B1.** Análisis de varianza para contenido (%) de materia seca de hojas en variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	3	41,34	13,78	1,33	0,27
CORTE	2	70,77	35,38	3,42	0,04
TRATAMIENTOS	11	1112,23	101,11	9,77	0,00
ERROR	127	1314,31	10,35		
TOTAL	143	2538,65			
Entre Variedades	3	181,07	60,36	3,58	0,02
Dentro (Maralfalfa)	2	370,34	185,17	34,50	0,00
Edad lineal	1	349,43	349,43	33,77	0,01
Edad Cuadrática	1	20,81	20,81	2,01	0,06
Dentro (King Grass)	2	192,87	96,44	8,26	0,00
Edad lineal	1	167,90	167,90	16,22	0,08
Edad Cuadrática	1	24,97	24,97	2,41	0,15
Dentro (Camerún)	2	80,88	40,44	5,07	0,012
Edad lineal	1	55,54	55,54	5,37	0,05
Edad Cuadrática	1	25,34	25,34	2,45	0,08
Dentro (Elefante)	2	287,06	143,53	7,88	0,00
Edad lineal	1	251,49	251,49	24,30	0,31
Edad Cuadrática	1	35,57	35,57	3,44	0,17

**Cuadro B2.** Tukey 5% para MS hojas (%) por corte.

Corte	Medias	n	E.E. ‡	Tukey <sup>†</sup>
1	13,51	48	0,47	a
3	13,62	48	0,47	a
2	15,02	48	0,47	a

<sup>†</sup>Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

<sup>‡</sup> E.E. = Error Estándar

**Cuadro B3.** Análisis de varianza para contenido (%) de materia seca de tallos en variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	3	26,08	13,58	0,60	0,62
CORTE	2	100,86	34,55	1,52	0,23
TRATAMIENTOS	10	460,71	46,07	2,02	0,04
ERROR	99	2256,70	22,79		
TOTAL	114	2844,36			
Entre Variedades	3	27,15	9,05	0,36	0,79
Dentro (Maralfalfa)	2	226,81	113,40	3,87	0,03
Edad lineal	1	132,39	132,39	5,81	0,06
Edad Cuadrática	1	94,42	94,42	4,14	0,08
Dentro (King Grass)	2	62,28	31,14	2,14	0,14
Edad lineal	1	0,15	0,15	0,00	0,05
Edad Cuadrática	1	62,13	62,13	2,73	0,05
Dentro (Camerún)	1	72,49	72,49	3,20	0,09
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (Elefante)	2	90,89	45,44	1,98	0,16
Edad lineal	1	64,38	64,38	2,82	0,37
Edad Cuadrática	1	26,50	26,50	1,16	0,29

**Cuadro B4.** Tukey 5% para MS tallos (%) por corte.

Corte	Medias	n	E.E. ‡	Tukey†
1	9,99	37	0,85	a
2	8,34	37	0,85	a
3	7,97	41	0,79	a

†Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey  $P < 0,05$ )  
‡ E.E. = Error Estándar

**Cuadro B5.** Análisis de varianza para contenido de proteína cruda (%) en hojas con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	0,305	0,153	9,34	0
TRATAMIENTOS	11	796,363	72,397	4433,41	0
ERROR	94	1,535	0,016		
TOTAL	107	798,203			
Entre Variedades	3	133,789	44,596	6,98	0,000
Dentro (Maralfalfa)	2	233,69	116,84	4248,85	0,000
Edad lineal	1	156,64	156,64	5221,33	0,000
Edad Cuadrática	1	77,04	77,04	2568	0,000
Dentro (King Grass)	2	149,847	74,923	4732	0,000
Edad lineal	1	121,68	121,68	7605	0,000
Edad Cuadrática	1	28,167	28,167	1760,44	0,000
Dentro (Camerún)	2	231,92	115,96	5352	0,000
Edad lineal	1	188,18	188,18	9409	0,000
Edad Cuadrática	1	43,74	43,74	2187	0,000
Dentro (Elefante)	2	47,12	23,56	2019,43	0,000
Edad lineal	1	44,18	44,18	3681,67	0,000
Edad Cuadrática	1	2,94	2,94	245	0,000

**Cuadro B6.** Tukey 5% para MS tallos (%) por corte.

Corte	Medias	n	E.E. ‡	Tukey†
1	9,99	37	0,85	a
2	8,34	37	0,85	a
3	7,97	41	0,79	a

† Medias dentro de columna con letras diferentes son también diferentes estadísticamente (Tukey P < 0,05)

‡ E.E. = Error Estándar

**Cuadro B7.** Análisis de varianza para contenido de proteína cruda (%) en tallos con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	1,17	0,59	22,74	0,00
TRATAMIENTOS	7	227,24	32,46	1257,46	0,00
ERROR	62	1,60	0,03		
TOTAL	71	230,02			
Entre Variedades	3	27,09	9,03	3,03	0,035
Dentro (Maralfalfa)	1	88,445	88,445	2721,38	0
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (King Grass)	1	8,82	8,82	117,6	0
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (Camerún)	1	39,605	39,605	674,13	0
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (Elefante)	1	63,281	63,281	8804,35	0
Edad lineal					
Edad Cuadrática					

**Cuadro B8.** Análisis de varianza para contenido de fibra cruda (%) en hojas con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	0,01	0,01	0,07	0,93
TRATAMIENTOS	11	513,23	46,66	696,68	0,00
ERROR	94	6,30	0,07		
TOTAL	107	519,54			
Entre Variedades	3	27,68	9,23	1,95	0,13
Dentro (Maralfalfa)	2	72,25	36,12	1925,77	0,00
Edad lineal	1	71,64	71,64	3770,53	0,00
Edad Cuadrática	1	0,61	0,61	32,00	0,00
Dentro (King Grass)	2	246,65	123,33	2685,39	0,00
Edad lineal	1	235,88	235,88	4717,60	0,00
Edad Cuadrática	1	10,77	10,77	215,40	0,00
Dentro (Camerún)	2	28,35	14,18	105,26	0,00
Edad lineal	1	26,86	26,86	198,99	0,06
Edad Cuadrática	1	1,49	1,49	11,04	0,00
Dentro (Elefante)	2	138,30	69,15	1091,98	0,00
Edad lineal	1	138,11	138,11	2192,25	0,00
Edad Cuadrática	1	0,19	0,19	2,97	0,10

**Cuadro B9.** Análisis de varianza para contenido de fibra cruda (%) en tallos con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	0,27	0,14	3,09	0,05
TRATAMIENTOS	7	98,05	14,01	321,43	0,00
ERROR	62	2,70	0,04		
TOTAL	71	101,02			
Entre Variedades	3	17,92	5,97	4,89	0,00
Dentro (Maralfalfa)	1	0,15	0,15	8,42	0,01
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (King Grass)	1	3,75	3,75	278,58	0,00
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (Camerún)	1	57,57	57,57	1651,84	0,00
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (Elefante)	1	18,67	18,67	155,44	0,00
Edad lineal					
Edad Cuadrática					

**Anexo B10.** Análisis de varianza para contenido de grasa (%) en hojas con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	0,24	0,12	4,09	0,02
TRATAMIENTOS	11	248,88	22,63	773,72	0,00
ERROR	94	2,75	0,03		
TOTAL	107	251,87			
Entre Variedades	3	29,50	9,83	4,60	0,01
Dentro (Maralfalfa)	2	74,13	37,06	1049,43	0,00
Edad lineal	1	72,96	72,96	2,43	0,00
Edad Cuadrática	1	1,16	1,16	38,66	0,00
Dentro (King Grass)	2	36,51	18,26	556,47	0,00
Edad lineal	1	0,11	0,11	3,67	0,00
Edad Cuadrática	1	36,41	36,41	1213,67	0,00
Dentro (Camerún)	2	45,41	22,70	712,07	0,00
Edad lineal	1	19,41	19,41	647	0,00
Edad Cuadrática	1	26	26	866,67	0,00
Dentro (Elefante)	2	63,33	31,67	1292,91	0,00
Edad lineal	1	62,83	62,83	2094,33	0,00
Edad Cuadrática	1	0,50	0,50	16,67	0,00

**Cuadro B11.** Análisis de varianza para contenido de grasa (%) en tallos con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	0,43	0,21	5,06	0,01
TRATAMIENTOS	7	126,90	28,13	669,07	0,00
ERROR	62	2,61	0,04		
TOTAL	71	199,93			
Entre Variedades	3	62,74	20,91	10,37	0,00
Dentro (Maralfalfa)	1	0,45	0,45	22,85	0,01
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (King Grass)	1	53,15	53,15	1406,96	0,00
Edad lineal					0,00
Edad Cuadrática					
Dentro (Camerún)	1	62,50	62,50	2726,12	0,00
Edad lineal					0,00
Edad Cuadrática					
Dentro (Elefante)	1	18,06	18,06	165,63	0,00
Edad lineal					0,00
Edad Cuadrática					

**Cuadro B12.** Análisis de varianza para contenido de cenizas (%) en hojas con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	0,57	0,28	7,53	0,00
TRATAMIENTOS	11	786,10	71,46	1903,05	0,00
ERROR	94	3,53	0,04		
TOTAL	107	790,19			
Entre Variedades	3	267,79	89,26	17,77	0,00
Dentro (Maralfalfa)	2	80,45	40,22	670,49	0,00
Edad lineal	1	80,26	80,26	2006,50	0,09
Edad Cuadrática	1	0,18	0,18	4,50	0,09
Dentro (King Grass)	2	245,87	122,94	4204,10	0,00
Edad lineal	1	219,24	219,24	5481,00	0,00
Edad Cuadrática	1	26,63	26,63	665,75	0,00
Dentro (Camerún)	2	108,90	54,45	1001,57	0,00
Edad lineal	1	106,43	106,43	2660,75	0,00
Edad Cuadrática	1	2,47	2,47	61,75	0,00
Dentro (Elefante)	2	83,08	41,54	1535,75	0,00
Edad lineal	1	76,39	76,39	1909,75	0,00
Edad Cuadrática	1	6,70	6,70	167,50	0,00

**Cuadro B13.** Análisis de varianza para contenido de cenizas (%) en tallos con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	1,31	0,66	4,17	0,02
TRATAMIENTOS	7	209,45	29,92	189,84	0,00
ERROR	62	9,77	0,16		
TOTAL	71	220,54			
Entre Variedades	3	15,63	5,21	1,73	0,17
Dentro (Maralfalfa)	1	32,24	32,24	444,01	0,00
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (King Grass)	1	2,40	2,40	5,40	0,03
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (Camerún)	1	61,61	61,61	1482,67	0,00
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (Elefante)	1	97,58	97,58	724,97	0,00
Edad lineal					
Edad Cuadrática					

**Cuadro B14.** Análisis de varianza para rendimiento de materia seca ( $t\ ha^{-1}$ ) en hojas con variedades de *P. purpureum*

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	3	5,96	2,07	2,54	0,06
CORTE	2	21,52	10,75	13,15	0,00
TRATAMIENTOS	11	139,58	12,69	15,53	0,00
ERROR	126	102,92	0,82		
TOTAL	142	269,97			
Entre Variedades	3	21,90	7,30	4,09	0,01
Dentro (Maralfalfa)	2	26,79	13,39	19,10	0,00
Edad lineal	1	26,78	26,78	32,66	0,65
Edad Cuadrática	1	0,01	0,01	0,01	0,90
Dentro (King Grass)	2	27,88	13,94	7,89	0,00
Edad lineal	1	23,74	23,74	28,95	0,07
Edad Cuadrática	1	4,14	4,14	5,05	0,14
Dentro (Camerún)	2	29,35	14,68	20,95	0,00
Edad lineal	1	29,15	29,15	35,55	0,26
Edad Cuadrática	1	0,20	0,20	0,24	0,59
Dentro (Elefante)	2	33,42	16,71	19,83	0,00
Edad lineal	1	33,39	33,39	40,72	0,45
Edad Cuadrática	1	0,02	0,02	0,02	0,87

**Cuadro B15.** Análisis de varianza para rendimiento de materia seca ( $t\ ha^{-1}$ ) en tallos con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	3	0,97	0,32	1,36	0,26
CORTE	2	3,31	1,66	6,97	0,00
TRATAMIENTOS	11	49,86	4,53	19,06	0,00
ERROR	127	30,20	0,24		
TOTAL	143	84,34			
Entre Variedades	3	6,94	2,31	4,19	0,01
Dentro (Maralfalfa)	2	18,54	9,27	18,60	0,00
Edad lineal	1	18,04	18,04	75,17	0,68
Edad Cuadrática	1	0,49	0,49	2,04	0,33
Dentro (King Grass)	2	6,39	3,19	17,87	0,00
Edad lineal	1	5,86	5,86	24,42	0,25
Edad Cuadrática	1	0,53	0,53	2,21	0,09
Dentro (Camerún)	2	2,79	1,40	28,21	0,00
Edad lineal	1	2,65	2,65	11,04	0,34
Edad Cuadrática	1	0,14	0,14	0,58	0,10
Dentro (Elefante)	2	15,20	7,60	23,88	0,00
Edad lineal	1	14,84	14,84	61,83	0,69
Edad Cuadrática	1	0,36	0,36	1,50	0,29

**Cuadro B16.** Análisis de varianza para rendimiento de proteína ( $t\ ha^{-1}$ ) en hojas con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	355,96	177,98	1,92	0,15
TRATAMIENTOS	11	4444,96	404,09	4,35	0,00
ERROR	94	8723,08	92,80		
TOTAL	107	13524,00			
Entre Variedades	3	445,60	148,50	1,18	0,32
Dentro (Maralfalfa)	2	1097,20	548,60	6,95	0,00
Edad lineal	1	1088,11	1088,11	13,79	0,99
Edad Cuadrática	1	9,09	9,09	0,12	0,74
Dentro (King Grass)	2	348,50	174,30	1,27	0,30
Edad lineal	1	330,40	330,40	2,42	0,61
Edad Cuadrática	1	18,10	18,10	0,13	0,72
Dentro (Camerún)	2	768,35	384,17	6,02	0,01
Edad lineal	1	762,32	762,32	11,94	0,53
Edad Cuadrática	1	6,03	6,03	0,09	0,76
Dentro (Elefante)	2	1785,35	892,67	9,03	0,00
Edad lineal	1	1769,73	1769,73	17,90	0,43
Edad Cuadrática	1	15,62	15,62	0,16	0,70

**Cuadro B17.** Análisis de varianza para rendimiento de proteína ( $t\ ha^{-1}$ ) en tallos con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	223,06	111,53	1,67	0,20
TRATAMIENTOS	7	495,68	70,81	1,06	0,40
ERROR	62	4143,98	66,84		
TOTAL	71	4862,72			
Entre Variedades	3	359,15	119,72	1,81	0,15
Dentro (Maralfalfa)	1	91,76	91,76	1,90	0,19
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (King Grass)	2	2110,80	1055,40	20,02	0,00
Edad lineal	1	1482,00	1482,00	28,12	0,00
Edad Cuadrática	1	628,80	628,80	11,93	0,00
Dentro (Camerún)	2	1799,98	899,99	15,11	0,00
Edad lineal	1	1274,45	1274,45	21,40	0,00
Edad Cuadrática	1	525,53	525,53	8,82	0,01
Dentro (Elefante)	2	1265,04	632,52	16,87	0,00
Edad lineal	1	752,59	752,59	20,07	0,00
Edad Cuadrática	1	512,45	512,45	13,67	0,00

**Cuadro B18.** Análisis de varianza para rendimiento de fibra cruda ( $t\ ha^{-1}$ ) en hojas con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	2917	1541	1,52	0,23
TRATAMIENTOS	11	114248	10386	10,22	0,00
ERROR	93	94518	1016		
TOTAL	106	211683			
Entre Variedades	3	17640	5880	3,09	0,03
Dentro (Maralfalfa)	2	21164	10582	12,95	0,00
Edad lineal	1	21073	21073	25,79	0,42
Edad Cuadrática	1	91	91	0,11	0,74
Dentro (King Grass)	2	34525	17263	9,70	0,00
Edad lineal	1	32716	32716	18,38	0,17
Edad Cuadrática	1	1809	1809	1,02	0,32
Dentro (Camerún)	2	16821,50	8410,70	11,12	0,00
Edad lineal	1	16259,50	16259,50	21,50	0,21
Edad Cuadrática	1	562	562	0,74	0,40
Dentro (Elefante)	2	26456	13228	17,07	0,00
Edad lineal	1	26452	26452	34,13	0,53
Edad Cuadrática	1	4	4	0,00	0,94

**Cuadro B19.** Análisis de varianza para rendimiento de fibra cruda ( $t\ ha^{-1}$ ) en tallos con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	5648	2824	1,71	0,19
TRATAMIENTOS	7	33150	4736	2,87	0,01
ERROR	62	102145	1648		
TOTAL	71	140944			
Entre Variedades	3	13774	4591	2,46	0,07
Dentro (Maralfalfa)	1	3750	3750	2,68	0,12
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (King Grass)	2	81299	40649	24,32	0,00
Edad lineal	1	71244	71244	42,61	0,00
Edad Cuadrática	1	10055	10055	6,01	0,02
Dentro (Camerún)	2	51640	25820	25,33	0,00
Edad lineal	1	50279	50279	49,34	0,08
Edad Cuadrática	1	1361	1361	1,34	0,26
Dentro (Elefante)	2	53010	26505	30,54	0,00
Edad lineal	1	51811	51811	59,69	0,07
Edad Cuadrática	1	1199	1199	1,38	0,25

**Cuadro B20.** Análisis de varianza para rendimiento de grasa ( $t\ ha^{-1}$ ) en hojas con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	261,65	130,82	1,66	0,20
TRATAMIENTOS	11	9332,24	848,39	10,77	0,00
ERROR	94	7405,67	78,78		
TOTAL	107	16999,55			
Entre Variedades	3	188,50	62,80	0,39	0,76
Dentro (Maralfalfa)	2	2756	1378	16,82	0,00
Edad lineal	1	2755,50	2755,50	33,65	0,54
Edad Cuadrática	1	0,50	0,50	0,01	0,94
Dentro (King Grass)	2	1583,49	791,75	8,47	0,00
Edad lineal	1	1550,69	1550,69	16,59	0,84
Edad Cuadrática	1	32,81	32,81	0,35	0,56
Dentro (Camerún)	2	2108,50	1054,20	12,53	0,00
Edad lineal	1	1956,90	1956,90	23,27	0,09
Edad Cuadrática	1	151,60	151,60	1,80	0,19
Dentro (Elefante)	2	2695,80	1347,90	22,47	0,00
Edad lineal	1	2694,30	2694,30	44,91	0,63
Edad Cuadrática	1	1,50	1,50	0,03	0,88

**Cuadro B21.** Análisis de varianza para rendimiento de grasa ( $t\ ha^{-1}$ ) en tallos con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	193,09	96,54	1,24	0,30
TRATAMIENTOS	7	4375,52	625,07	8,05	0,00
ERROR	62	4816,25	77,68		
TOTAL	71	9384,86			
Entre Variedades	3	1207,3	402,4	3,35	0,02
Dentro (Maralfalfa)	1	208,28	208,28	3,54	0,08
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (King Grass)	2	5399,2	2699,6	39,75	0,00
Edad lineal	1	5378,6	5378,6	79,21	0,17
Edad Cuadrática	1	20,6	20,6	0,30	0,59
Dentro (Camerún)	2	4668,8	2334,4	35,25	0,00
Edad lineal	1	4667,4	4667,4	70,51	0,52
Edad Cuadrática	1	1,4	1,4	0,02	0,89
Dentro (Elefante)	2	2755	1377,5	39	0,00
Edad lineal	1	2754,3	2754,3	78,03	0,33
Edad Cuadrática	1	0,7	0,7	0,02	0,89

**Cuadro B22.** Análisis de varianza para rendimiento de cenizas ( $t\ ha^{-1}$ ) en hojas con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	1470,1	735	1,87	0,159
TRATAMIENTOS	11	24337,8	2212,5	5,64	0
ERROR	94	36897,8	392,5		
TOTAL	107	62705,6			
Entre Variedades	3	3082	1027,3	1,79	0,153
Dentro (Maralfalfa)	2	4956,5	2478,3	8,68	0,001
Edad lineal	1	4748,3	4748,3	16,637	0,227
Edad Cuadrática	1	208,3	208,3	0,730	0,401
Dentro (King Grass)	2	3455,5	1727,7	2,8	0,081
Edad lineal	1	3036,8	3036,8	4,919	0,312
Edad Cuadrática	1	418,7	418,7	0,678	0,418
Dentro (Camerún)	2	7706	3853	9,44	0,001
Edad lineal	1	7402,2	7402,2	18,134	0,217
Edad Cuadrática	1	303,8	303,8	0,744	0,397
Dentro (Elefante)	2	5137,8	2568,9	8,93	0,001
Edad lineal	1	4902,5	4902,5	17,046	0,207
Edad Cuadrática	1	235,3	235,3	0,818	0,375

**Cuadro B23.** Análisis de varianza para rendimiento de cenizas ( $t\ ha^{-1}$ ) en tallos con variedades de *P. purpureum*.

F de V	GL	SC	CM	Fc	P
BLOQUES	2	1125,8	562,9	1,62	0,21
TRATAMIENTOS	7	3778,9	539,8	1,56	0,17
ERROR	62	21489,4	346,6		
TOTAL	71	26394,1			
Entre Variedades	3	3205	1068,3	3,13	0,03
Dentro (Maralfalfa)	1	263,6	263,6	0,92	0,35
Edad lineal					
Edad Cuadrática					
Dentro (King Grass)	2	15799	7899,5	22,88	0,00
Edad lineal	1	13227	13227	38,317	0,00
Edad Cuadrática	1	2572	2572	7,451	0,01
Dentro (Camerún)	2	8142,4	4071,2	17,73	0,00
Edad lineal	1	6746,6	6746,6	29,371	0,00
Edad Cuadrática	1	1395,8	1395,8	6,077	0,02
Dentro (Elefante)	2	7361,8	3680,9	20,82	0,00
Edad lineal	1	6019,2	6019,2	34,045	0,00
Edad Cuadrática	1	1342,6	1342,6	7,594	0,01

