



FERTILIZACIÓN Y PRODUCCIÓN DE PASTOS DEL GÉNERO *Pennisetum* EN SANTO DOMINGO, ECUADOR[†]

[FERTILIZATION AND PRODUCTION OF GRASSES OF THE GENUS *Pennisetum* IN SANTO DOMINGO, ECUADOR]

Frank Ramiro Goyes-Vera¹, Juan Carlos Martínez-González^{*2},
Rodrigo Alberto Saquicela-Rojas³, Luis David Catota-Gómez²,
Marco Vinicio Acosta-Jácome³ and Flavio Bruno Barros-Valarezo³

¹ Universidad Estatal Amazónica. Campus Central. Paso Lateral km 2.5 Vía a Napo, Troncal Amazónica E45, Puyo, Ecuador.
Email: ms_agron012@uea.edu.ec

² Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateos. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.
Email: jmartinez@docentes.uat.edu.mx; lui-davis@hotmail.com

³ Universidad Tecnológica Equinoccial, Sede Santo Domingo, Centro de Investigación. km 4.5 Vía Chone, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.
Email: rodrigo.saquicela@ute.edu.ec; marco.acosta@ute.edu.ec;
bruno01barros@hotmail.com

*Corresponding author

RESUMEN

La presente investigación contribuye al manejo eficiente de nutrientes para pasturas, y al aprovechamiento eficiente de los pastos de corte en la alimentación animal. Con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo de cuatro genotipos de pasto del género *Pennisetum* (Elefante común, King grass, Camerún y Maralfalfa) y el efecto de la fertilización de N, P, K, Ca, Mg y S, se realizó un experimento, en la granja experimental "El Oasis", de la Universidad Tecnológica Equinoccial. El diseño fue de bloques al azar, con arreglo factorial de los genotipos de pasto (factor A) y los tratamientos de fertilización (factor B). Se analizaron las variables: materia seca total (MSt), factor parcial de productividad (FPP), relación hoja-tallo y edad de corte. El pasto Elefante común presentó la mayor producción de MSt y MS de tallos con 14.8 y 9.0 t ha⁻¹, respectivamente (P < 0.05). La fertilización sin N presentó los rendimientos más bajos (P < 0.05) de MSt. Elefante común y King grass mostraron el mayor y el menor FPP, respectivamente (P < 0.05). No se observaron diferencias (P > 0.05) por efecto de la omisión de nutrientes en la relación hoja-tallo en la planta seca. La fertilización sin Mg y la completa enterrada, cada una mostró la mayor reducción (P < 0.05) en producción de MS de tallos en el muestreo realizado a 120 d. Se concluye que el genotipo menos afectado por la omisión de nutrientes en la producción acumulada de MS y FPP fue el Elefante común.

Palabras clave: Evaluación; Pasto elefante común; King grass; Pasto camerún; Maralfalfa; rendimiento.

SUMMARY

The present research contributes to the efficient nutrient management to pastures, and to the efficient use of cutting grasses in animal feed. In order to evaluate the productive performance of four genotypes of grass of genus *Pennisetum* (Common Elephant; King grass; Camerún; y Maralfalfa.) and the effect of N, P, K, Ca, Mg and S fertilization, an experiment was conducted on the experimental farm "El Oasis", from the Universidad Tecnológica Equinoccial. The design was used were random blocks with factorial accordance of the genotypes of grass (factor A) and fertilization (factor B) treatments. The variables that were analyzed were: total dry matter (MSt), partial factor productivity (FPP), leaf-stem relationship and age of cutting. The Common Elephant grass presented the highest production of MSt and MS of stems with 14.8 and 9.0 t ha⁻¹, respectively (P < 0.05). The fertilization without N presented the lowest yields (P < 0.05) of MSt. Common Elephant and King grass showed the highest and the lowest FPP, respectively (P < 0.05). There were no differences (P > 0.05) due to the omission of nutrients in the leaf:stem relationship in the dry plant. The fertilization without Mg and the complete underground fertilization, each one showed the highest reduction (P < 0.05) on production of MS stems in the 120 d sampling. It is concluded that Common Elephant was the genotype least affected by the omission of nutrients in the accumulated production of MS and FPP.

Key words: Evaluation; Common elephant grass; King grass; Camerun grass; Maralfalfa, yield.

[†] Submitted March 24, 2017 – Accepted February 08, 2018. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License

INTRODUCCIÓN

En el mundo existen 10,000 especies de gramíneas, de las cuales 40 son empleadas como forraje para la alimentación del ganado. En los trópicos, solo la mitad de los pastos disponibles son cultivados, y eso se debe a la alta dependencia de los pastizales naturales para el pastoreo. Por otro lado, los pastizales inducidos son cultivos compuestos de especies seleccionadas o exóticas de manejo intensivo y alta productividad.

Para que la ganadería sea competitiva los productores deben usar más eficientemente sus recursos, entre ellos los forrajes, que son fundamentales para la alimentación animal. De este modo, se promueve una sostenibilidad acorde a los cambios necesarios en las unidades de producción lechera del trópico y subtropico en Latinoamérica (Casanovas *et al.*, 2006). Los pastos de corte del género *Pennisetum* son de amplio uso en los sistemas tropicales, por su alta capacidad de producir biomasa. Sin embargo, no existe suficiente información documentada de su potencial de rendimiento, así como su comportamiento productivo en ausencia de los nutrientes esenciales en el suelo (Araya y Boschini, 2005), como: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); y secundarios como: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S; Castro y Gómez, 2010). Conocer el potencial de rendimiento de los pastos de corte permitiría establecer estrategias eficientes para su aprovechamiento en la alimentación animal.

Por otro lado, conocer el comportamiento de los pastos del género *Pennisetum* cuando existe deficiencia de uno o varios de los nutrientes esenciales en el suelo, permite desarrollar esquemas de manejo para usar eficientemente esos nutrientes y hacer efectivo el uso de fertilizantes y otros insumos (Espinosa y García, 2009). Con esto se evita la sobre fertilización, especialmente de N que tiene un alto potencial de contaminar el ambiente (Medina y Cano, 2001).

El pasto de corte *Pennisetum purpureum* Schumach, es uno de los cultivos más productivos, con registros de rendimiento de hasta 85 t ha⁻¹ año⁻¹ de materia seca (MS) en el Caribe, cuando se fertiliza con 900 kg N ha⁻¹ año⁻¹. Con buen manejo se reportan valores de 50 t ha⁻¹ año⁻¹, debiendo sembrarse a inicios de la época lluviosa en suelo arado, por otro lado, dependiendo de la fertilización se alcanzan producciones de 20 t ha⁻¹ año⁻¹ a 30 t ha⁻¹ año⁻¹ de MS, para lo cual debería incorporarse 500 kg ha⁻¹ a la siembra, y mantenimiento anual de 200 kg ha⁻¹ a 300 kg ha⁻¹ de fertilizante NPK, respectivamente, con aplicaciones de 100 kg ha⁻¹ de urea después de cada cosecha (Morán, 2005).

La técnica de las parcelas de omisión de nutrientes, es aplicada para evaluar el aporte de los nutrientes nativos del suelo, es decir, las fuentes naturales que nutren a las plantas, tales como la materia orgánica, residuos de cultivos o agua de riego, sin fertilizar con el nutriente de interés, pero fertilizando con el resto de nutrientes necesarios en las cantidades suficientes de modo que estos últimos no limiten el rendimiento (Espinosa y García, 2009). No hay que olvidar que existen factores imperantes de clima y suelo, que influyen en el crecimiento y desarrollo de los pastizales. Si se toma en cuenta todas esas variables en el ecosistema de producción, se promueve una utilización racional, óptima y estable de los recursos, a un menor costo, que repercute positivamente en la producción comercial y los proyectos de transferencia de tecnología. La omisión de N es la que más limita la producción en los pastos de corte del género *Pennisetum* (Fagundes *et al.*, 2007), no así la omisión de K, que es el menos limitante (Andrade *et al.*, 2000, 2003).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el potencial de rendimiento y el efecto de la omisión de nutrientes en la producción de cuatro genotipos de pasto de corte del género *Pennisetum* en época lluviosa en Santo Domingo, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El trabajo de campo se realizó de noviembre de 2012 a julio de 2013 en la granja experimental “El Oasis”, de la Universidad Tecnológica Equinoccial, sede Santo Domingo, Ecuador. Localizada geográficamente a 00° 14' 54" latitud sur y 79° 12' 32" longitud oeste y 500 msnm, con una precipitación y temperatura media de 2550 mm y 23.1° C, respectivamente, así como una humedad relativa de 87 % de enero a noviembre del 2013 (DGAC, 2013).

Material experimental

El material experimental consistió en cuatro genotipos de pasto de corte del género *Pennisetum*: Elefante común, King grass, Camerún y Maralfalfa. Las varetas de pasto con tres yemas viables, fueron sembradas en 32 parcelas de 2 x 2 m distribuidas al azar en tres repeticiones, con un distanciamiento de 1.0 m entre surcos y 0.5 m entre varetas en cada surco, a una profundidad de 4 cm. Se dejó un espacio de 1.0 m entre parcelas. A los 30 d se realizaron las resiembras y 60 d más tarde se efectuó el primer corte de homogenización a una altura de 5 cm.

Tratamientos

Los tratamientos fueron los genotipos de pasto y las fertilizaciones en arreglo factorial completo. Se probaron ocho tratamientos de fertilización: con omisión de los nutrientes N, P, K, Ca, Mg y S. Además, de los tratamientos con fertilización completa superficial y enterrada, aplicados a los 15 d después del primer corte de homogenización. Las dosis de nutrientes aplicadas fueron ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) 212.0 kg N; 39.2 kg P; 58.1 kg K; 36.2 kg Mg; 54.0 kg S y 90.0 kg Ca. Las fuentes fueron urea, Fertiphos PPlus®, fosfato de potasio, sulpomag, cloruro de potasio, sulfato de magnesio, cloruro de magnesio y óxido de calcio. Para los tratamientos del nutriente omitido no se aplicó su respectiva dosis. Los fertilizantes se aplicaron en forma localizada con un espeque a una profundidad de 10 cm y 10 cm a un costado de cada una de las macollas de pasto en rebrote. El N se aplicó en forma fraccionada tras cada corte de homogenización.

Se realizaron dos muestreos, a 60 d (M1, 0-60 d) y a 120 d (M2, 60-120 d), a una altura de 5 cm. En los muestreos se cosecharon las tres macollas de la hilera central, de cada una de las parcelas experimentales. Las macollas se pesaron en el campo y se determinó el peso promedio para una macolla que ocupa 1.0 m^2 por cada parcela experimental, luego se multiplicó la producción promedio de materia verde (MV) de las tres macollas por 10,000 para relacionar a una hectárea (Ramírez y Pérez, 2006). El procedimiento fue igual para todos los genotipos de pasto.

De las tres macollas muestreadas, se tomó una submuestra de dos plantas completas, que fueron picadas a un tamaño aproximado de 1.5 cm, llevadas en bolsas de papel al laboratorio para su pesaje, y luego se secaron en estufa a 65° C hasta peso constante con la finalidad de determinar la proporción de MS en la submuestra y así calcular el peso de la MS total (Ruíz *et al.*, 2009).

En cada parcela experimental, se tomaron tres plantas y se separaron en tallos y hojas, tomando en cuenta el cálculo del rendimiento total de pasto y su proporción de MS, para con ello determinar el rendimiento por hectárea de las fracciones hoja y tallo (Sánchez *et al.*, 2003).

El factor parcial de productividad (FPP) fue calculado por la siguiente ecuación (Dua *et al.*, 2007):

$$\text{FPP} = \frac{(R_{0n} + \Delta R_n)}{n}$$

Dónde:

FPP = Factor parcial de productividad (rendimiento de MS por peso de nutriente específico aplicado; kg kg^{-1}),

R_{0n} = Rendimiento sin aplicación del nutriente específico (kg),

ΔR_n = Incremento en el rendimiento por aplicación del nutriente específico (kg),

n = Cantidad de nutriente específico aplicado (kg).

Se calculó la relación hoja-tallo al dividir el peso de la MS total de hojas para el peso de la MS total de tallos (Paccapelo *et al.*, 1999).

Diseño experimental

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de Tukey con nivel de significancia del 5 % ($P < 0.05$) para la comparación de medias, utilizando el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2010). Además, se realizó una comparación de medias para la producción de MV y MS por muestreo, utilizando la prueba LSD de Fisher con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

Con el arreglo factorial de los genotipos de pasto del género *Pennisetum* como factor A y los tratamientos de fertilización (omisión de nutrientes y completos) como factor B, se analizaron las variables MS total, de tallos, hojas, y la relación hoja-tallo de la MS. Para analizar y comparar en el tiempo las medias de las variables mencionadas, se utilizó el mismo modelo, aumentando el número de muestreos como factor C. Por otra parte, para analizar la variable de eficiencia FPP se mantuvo el primer modelo, pero en el factor B se consideró únicamente los tratamientos de omisión de nutrientes.

RESULTADOS

Producción de Materia Seca

En el presente experimento el pasto Elefante común presentó la mayor producción de MS total y MS de tallos con 14.8 y 9.0 t ha^{-1} , respectivamente, y el King grass mostró el mayor rendimiento de MS de hojas (6.2 t ha^{-1} ; Figura 1) ($P < 0.05$).

Por otro lado, el K fue el elemento menos limitante ($P > 0.05$) en la producción de MS total, MS de tallos y MS de hojas, con 13.3 , 6.9 y 6.4 t ha^{-1} , respectivamente. No obstante, la fertilización completa superficial y la omisión de N mostraron los rendimientos más bajos ($P < 0.05$) de MS total (9.3 t ha^{-1}) y MS de hojas (4.5 t ha^{-1}). Con respecto a la MS de tallos, la omisión de N generó un rendimiento de 4.7 t ha^{-1} , lo cual demuestra que es el nutriente más limitante ($P < 0.05$; Figura 2).

No se encontró interacción ($P > 0.05$) entre los genotipos de pasto y los tratamientos de fertilización en todas las variables analizadas.

Factor Parcial de Productividad

El pasto Elefante común presentó el mayor FPP (710 kg kg⁻¹) entre todos los nutrientes y King grass fue el del menor FPP (320 kg kg⁻¹) bajo las mismas condiciones ($P < 0.05$). También se encontró que N presentó el menor FPP (180 kg kg⁻¹) y S el mayor FPP (710 kg kg⁻¹; Figura 3) entre los tratamientos de omisión de nutrientes ($P < 0.05$).

Relación Hoja-Tallo de Planta Seca

El genotipo King grass presentó la mayor relación hoja-tallo (1.28) de planta seca, y Elefante común mostró la menor relación (0.66; Tabla 1) ($P < 0.05$).

Diferencia en muestreos de producción de MS de tallos

Se observó interacción ($P < 0.05$) entre los muestreos y los tratamientos de fertilización en la producción de MS de tallos. No hubo diferencia ($P > 0.05$) entre M1 y M2 en la producción de MS de tallos para los tratamientos de omisión de N (2.4 t ha⁻¹). La mayor diferencia ($P < 0.05$) entre muestreos en el rendimiento de tallos secos se presentó en el tratamiento de omisión de Mg (M1, 4.3 t ha⁻¹ y M2,

2.2 t ha⁻¹) y en el completo enterrado (M1, 4.4 t ha⁻¹ y M2, 2.2 t ha⁻¹; Figura 4).

Tabla 1. Relación hoja-tallo en la planta seca de los genotipos de pasto del género *Pennisetum* de 0-60 d y 60-120 d después de iniciado el experimento.

Genotipos	Relación hoja-tallo
King grass	1.28 a
Camerún	1.1 b
Maralfalfa	0.82 c
Elefante común	0.66 d

⁽¹⁾Medias seguidas por letras distintas en la columna, tienen diferencia significativa, prueba de Tukey ($P < 0.05$)

Diferencia en muestreos de relación Hoja-Tallo de Planta Seca

Se encontró interacción ($P < 0.05$) entre los muestreos y los genotipos, así como entre los muestreos y los tratamientos de fertilización, en la relación hoja-tallo de la planta seca. M1 exhibió la menor relación hoja-tallo para King grass (0.82) y Camerún (0.85), al contrario de M2 que registró la mayor relación hoja-tallo para dichos genotipos (1.23 y 1.2, respectivamente; Figura 5) ($P < 0.05$). Por otra parte, en M1 la fertilización completa enterrada exhibió la menor relación hoja-tallo de la planta seca (0.78), y en M2 presentó la mayor relación hoja-tallo (1.27; Figura 5) ($P < 0.05$).

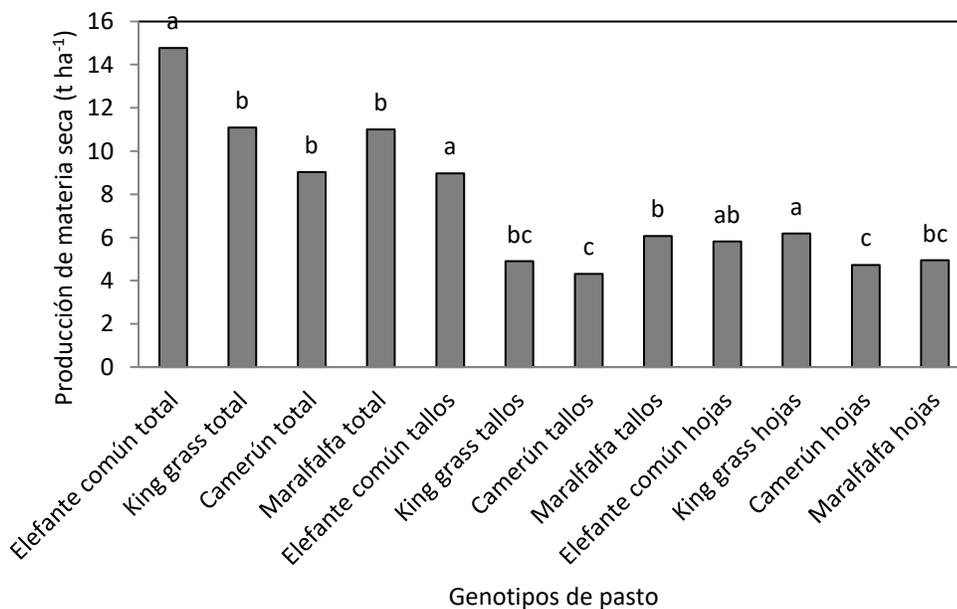


Figura 1. Producción de materia seca total, de tallos y hojas, de los genotipos de pasto del género *Pennisetum* de 0-60 d y 60-120 d después de iniciado el experimento.

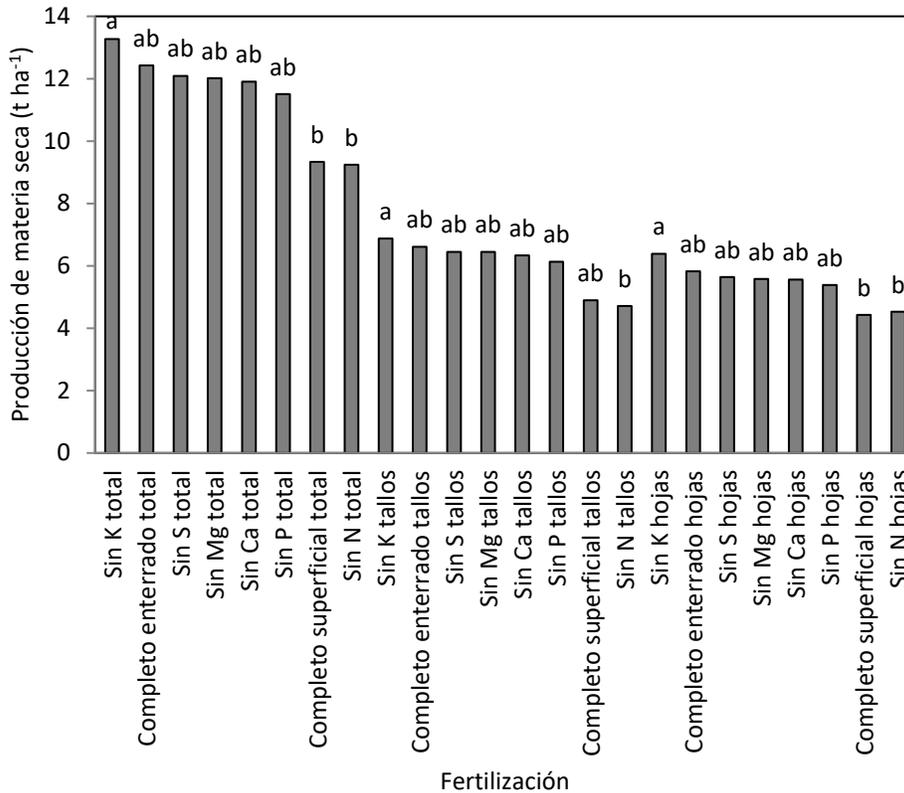


Figura 2. Producción de materia seca total, de tallos y hojas, de los genotipos de pasto del género *Pennisetum* y por efecto de los tratamientos de fertilización de 0-60 d y 60-120 d después de iniciado el experimento.

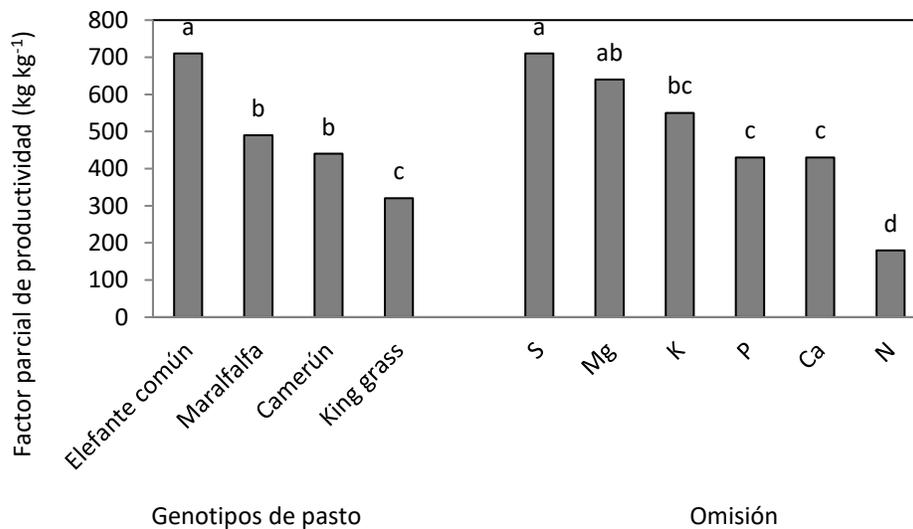


Figura 3. Factor parcial de productividad (FPP) de los genotipos de pasto del género *Pennisetum* y por efecto de la omisión de nutrientes a los 60 d después de iniciado el experimento.

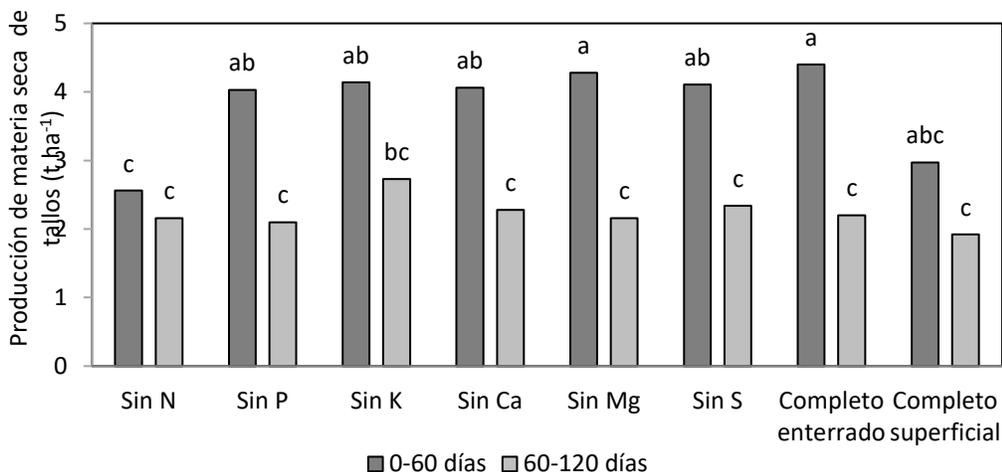


Figura 4. Producción de materia seca de tallos por muestreo de los genotipos de pasto del género *Pennisetum* y por efecto de los tratamientos de fertilización de 0-60 d y 60-120 d después de iniciado el experimento.

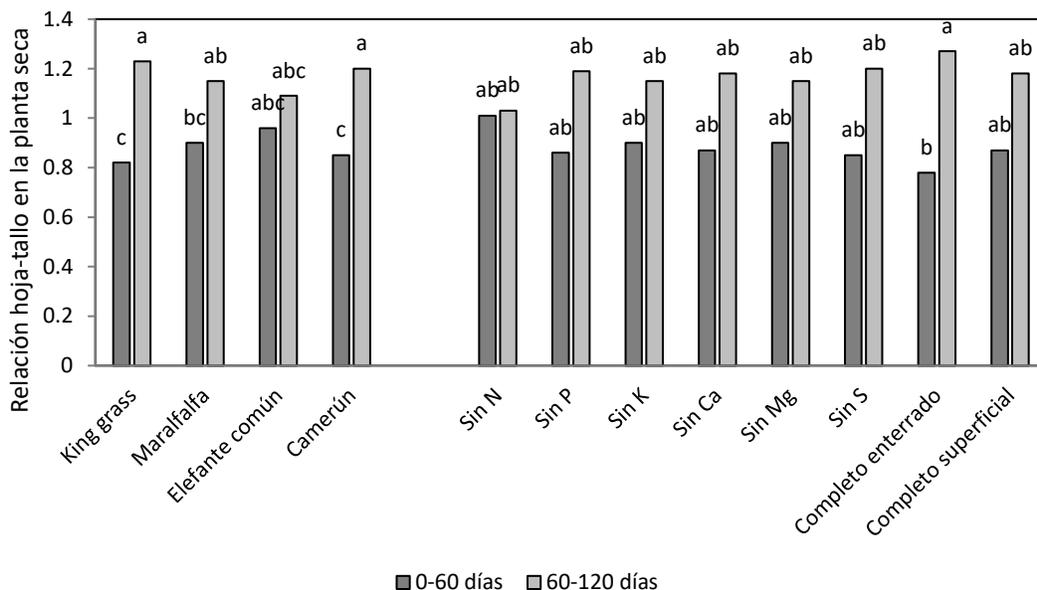


Figura 5. Relación hoja-tallo en la planta seca por muestreo, por el efecto de los genotipos de pasto del género *Pennisetum* y por efecto de los tratamientos de fertilización de 0-60 d y 60-120 d después de iniciado el experimento.

DISCUSIÓN

Producción de Materia Seca

De acuerdo a los resultados hallados, los pastos Elefante común y King grass se diferencian del resto de genotipos evaluados a las mismas edades de corte, lo cual se explica en la variación de la producción de MS entre ecotipos, reportada por Araya y Boschini (2005) y Porto *et al.* (2005). Similarmente, en Cuba, Martínez *et al.* (2010) evaluaron modelos de acumulación de biomasa y calidad en *P. purpureum*, durante la estación lluviosa, y encontraron un

rendimiento promedio que osciló entre 7.2 y 9.2 t ha⁻¹ de MS total a los 56 días entre los genotipos Cuba OM-22, King grass y Cuba CT-169, con una producción esperada de 14.4 a 18.4 t ha⁻¹ en dos cortes (112 d), coincidiendo con el nivel de producción de MS total de Elefante común en la presente investigación. Gómez-Gurrola *et al.* (2015) encontraron que la producción de MS a los 60 días fue de 14.0 t ha⁻¹. Por su parte, González *et al.* (2011) al analizar la producción de MS de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum sp.*) en el noroccidente de Venezuela encontraron una media de 10.2 t ha⁻¹. Los rendimientos de MS de genotipos de *P. purpureum*

con diferentes frecuencias de corte y fertilización fueron de 36.1 kg ha⁻¹ año⁻¹ (Márquez *et al.*, 2007). Por su parte, Madera *et al.* (2013) al evaluar la producción de MS de *P. purpureum* en el norte del Estado de Yucatán, México, encontraron que la edad al corte afectó ($P < 0.05$) el rendimiento de materia seca, la cual se incrementó a medida que aumento la edad al corte. Resultados similares fueron observados por Cerdas y Vallejos (2010) en pasto Camerún (*P. purpureum*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en la zona seca de Costa Rica.

Según la investigación de Ferreira *et al.* (2012) quienes evaluaron la producción forrajera a 60 d y composición bromatológica de combinaciones genómicas de *P. purpureum* y *P. glaucum*, en Brasil, encontraron que las producciones de MS de tallos de los genotipos Pioneiro y Paraíso fueron 4.8 y 1.3 t ha⁻¹, respectivamente. Valores similares a los obtenidos en la presente investigación.

Con respecto a los tratamientos de fertilización, la omisión de K no fue limitante en la presente investigación, al contrario de la omisión de N que sí fue limitante. De acuerdo a la caracterización de especies forrajeras de Espinosa y Bernal (2003), el pasto Elefante de alta producción, es el mayor extractor de K del suelo, no obstante, suelos ecuatorianos con altos contenidos de K intercambiable no muestran deficiencias de ese nutriente (Arévalo, 1982). El K es un elemento que no es limitante en la producción de MS del pasto Elefante. Sin embargo, es esencial en el metabolismo vegetal (Andrade *et al.*, 2000, 2003).

El N se caracteriza por ser el nutriente de mayor limitación para el rendimiento de los pastos tropicales, ya que, en el trópico, el suelo presenta una fertilidad natural relativamente baja. Y se reconoce la alta demanda de N en *P. purpureum* debido a su alta producción (Fagundes *et al.*, 2007). Por otro lado, Ramos *et al.* (2013) encontraron que la producción de materia seca de tres variedades de *P. purpureum* fue afectada por el tipo de fertilizante utilizado en Yucatán, México, estos autores utilizaron un testigo, la fertilización con urea y las aguas residuales porcinas, logrando las mejores producciones con estas últimas.

Factor Parcial de Productividad

En base a los resultados obtenidos, Elefante común muestra un mayor rendimiento total de MS por unidad de nutriente específico disponible en el suelo. De acuerdo a las evaluaciones de genotipos de *P. purpureum* realizadas en Etiopía por Van de Wouw *et al.* (1999), se reconoció que existen genotipos de alto rendimiento con floración tardía, que se distinguen de un grupo minoritario de floración temprana a los 60 d

con producción media de forraje. En este sentido, si se toma en cuenta la precocidad de Elefante común en la presente investigación, es probable que el resto de genotipos en estudio con los que se compara, necesiten un tiempo de crecimiento vegetativo mayor a 60 d, para expresar su mayor potencial en producción.

En cuanto al efecto reportado por los nutrientes, al aplicar cada kilogramo de N, la planta lo aprovecha junto con el N nativo del suelo y genera el menor rendimiento de MS, por el contrario, con la aplicación de cada kilogramo de S, y el aporte de S nativo, se genera el mayor rendimiento de MS en la planta. Esto evidencia la baja disponibilidad y baja eficiencia de N en la producción de biomasa vegetal. Por otra parte, la aplicación de S constituye una mayor eficiencia en el uso de ese nutriente.

En una investigación conducida en Virginia (EE.UU.) sobre la fertilización, cultivo y manejo de corte de *Panicum virgatum* como cultivo para producción de energía por biomasa, Lemus (2004) calculó el FPP para dicho pasto, obteniendo valores promedio de 404.5, 200.0 y 148 kg kg⁻¹ (rendimientos acumulados de tres años) para dosis de 90, 180 y 270 kg N ha⁻¹ aplicadas solo el primer año, en un suelo con un promedio de 100 kg ha⁻¹ de N nativo. Esto demuestra la alta reactividad y movilidad del N en el suelo, lo cual dificulta su uso eficiente cuando no se aplica en las dosis y tiempos precisos.

El NH₄⁺ puede volatilizarse como amoníaco o perderse por inmovilización microbiana y en condiciones de lluvias torrenciales, el NO₃⁻ que es altamente móvil, puede lixiviarse. En la presente investigación, la menor eficiencia en FPP para N, se comprueba al observar que la producción de MS de los *P. purpureum* evaluados con fertilización completa enterrada se mantiene alta con una dosis de N (kg ha⁻¹) que es superior a las dosis requeridas de los otros nutrientes.

En cuanto a los requerimientos de S, Guerrero (1998) mencionó que los cultivos más exigentes son aquellos de mayor producción de MS, como la caña de azúcar y el maíz. Concordando con Kumar y Melkania (2010) quienes reportaron la mayor extracción de S en pastos perennes del género *Pennisetum*, con los mayores rendimientos de MS. Esto explicaría el alto aprovechamiento y FPP para S en el presente estudio.

Relación Hoja-Tallo de Planta Seca

En la presente investigación, la mayor relación hoja-tallo de King grass se debe a que dicho genotipo expresa una mayor producción de hojas que tallos en la MS, al tiempo que en Elefante común se invierte esa condición. Una investigación conducida en Costa

Rica para evaluar la digestibilidad y calidad de *P. purpureum* genotipo King grass, reveló un valor medio de 1.34 en su relación hoja-tallo a los 60 d de corte (Chacón y Vargas, 2009), resaltando una alta relación hoja-tallo para dicho genotipo, tal como en la presente investigación. Por otra parte, Madera *et al.* (2013) evaluaron la influencia de la edad de corte del *P. purpureum* Morado (Camerún) sobre su producción y digestibilidad *in vitro* de MS, en México, obteniendo una relación hoja-tallo de 1.19 para dicho genotipo cosechado a 60 d (con una fertilización de 150 kg N ha⁻¹ año⁻¹), similar a lo encontrado en la presente investigación. Igualmente, Calzada-Marín *et al.* (2014) mencionaron que la relación hoja-tallo disminuyó progresivamente conforme transcurrió la edad de crecimiento (de 2.13 a 0.26). La relación hoja-tallo del periodo de evaluación fue de 0.73, superior a los *P. purpureum* evaluados (Araya y Boschini, 2005).

Diferencia en muestreos de producción de MS de tallos

Según los resultados obtenidos, N fue el nutriente más limitante en M1 debido a su deficiencia o su alto potencial de pérdida, no así para el resto de nutrientes y fertilizaciones completas, que solo se volvieron limitantes a partir de M2, disminuyendo el rendimiento de tallos. La menor disponibilidad de agua también es un factor que reduce la absorción de nutrientes, y puede inhibir el efecto de la fertilización (Heinemann *et al.*, 2005), tal como lo ocurrido entre M1 y M2 de la presente investigación. Además, según evaluaciones hechas en Argentina, es muy variado el efecto de la fertilización nitrogenada en gramíneas como la caña de azúcar, ya que dependerá también de varias condiciones ambientales y de manejo (Espinoza *et al.*, 2001).

Diferencia en muestreos de relación Hoja-Tallo de Planta Seca

En M2 del presente estudio se incrementó la proporción de hojas secas en los pastos King grass y Camerún, incluso aumentó en todos los genotipos evaluados bajo fertilización completa enterrada. Las plantas tienden a incrementar su porcentaje de hojas a medida que disminuye la disponibilidad de agua en el suelo, dicha respuesta es provocada por un crecimiento lento del vegetal, que impide la diferenciación de los tejidos nuevos y la expansión de los viejos, con esto se reduce la actividad fotosintética y por lo tanto se retrasa la maduración de la planta. De ese modo, la relación hoja-tallo en las plantas secas aumenta en M2 de la presente investigación, ya que el nivel de precipitación mensual descendió (M1, 595.2 mm en marzo a M2, 248.9 mm en mayo). Chacón y Vargas (2010) encontraron que la relación hoja-tallo del pasto *P. purpureum* cv. King Grass no

fue afectada ($P > 0.05$) por los días al corte. Por su parte, Madera *et al.* (2013) evaluaron el efecto de la edad de corte sobre la relación hoja-tallo de *P. purpureum* cv. Camerún en el norte de Yucatán, México, encontraron que al aumentar la edad de corte disminuyó ($P < 0.01$) la relación y obtuvieron una relación hoja-tallo de 1.24 a la edad de corte de 45 días. Similar a lo reportado en el presente trabajo para dicho genotipo en M2.

CONCLUSIONES

El genotipo menos afectado por la omisión de nutrientes en la producción acumulada de MS fue el Elefante común. Además, fue el más eficiente en la producción de MS por kilogramo de nutriente disponible (FPP). La omisión de nitrógeno fue el elemento más limitante, mientras que potasio y azufre no afectaron la producción. El genotipo King grass alcanzó la mayor relación hoja-tallo.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a las autoridades de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Sede Santo Domingo, por las facilidades prestadas para el desarrollo de la presente investigación.

REFERENCIAS

- Andrade, A., Fonseca da, D., Queiroz, D., Salgado, L., Cecon, P. 2003. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). *Ciência e Agrotecnologia* 27:1643-1651. <http://revistas.bvs-vet.org.br/bia/article/view/8029>
- Andrade, A.C., Fonseca da, D.M., Gomide, V.J.A., Álvarez, V.V.H., Martins, C.E., Souza de, D.P.H. 2000. Elephant grass Napier cv. mass production and nutritive value under increasing levels of nitrogen and potassium fertilizers. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29:1589-1595. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982000000600001>
- Araya, M.M., Boschini, F.C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16:37-43. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5180/4980>
- Arévalo, V. 1982. Correlación de métodos de análisis y determinación del nivel crítico de potasio en suelos ecuatorianos. Universidad Central del Ecuador. p. 4.

- <https://books.google.com.ec/books?id=7YczAQAAMAAJ&pg=PA11&dq=Correlaci%C3%B3n+de+m%C3%A9todos+de+an%C3%A1lisis+y+determinaci%C3%B3n+del+nivel+cr%C3%ADtico+de+potasio+en+suelos+ecuatorianos+intercambiable&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi727Pei4bZAhUBuVMKHURFBDMQ6AEIJAA%23v=onepage&q=Correlaci%C3%B3n%20de%20m%C3%A9todos%20de%20an%C3%A1lisis%20y%20determinaci%C3%B3n%20del%20nivel%20cr%C3%ADtico%20de%20potasio%20en%20suelos%20ecuatorianos%20intercambiable&f=false#v=snippet&q=Correlaci%C3%B3n%20de%20m%C3%A9todos%20de%20an%C3%A1lisis%20y%20determinaci%C3%B3n%20del%20nivel%20cr%C3%ADtico%20de%20potasio%20en%20suelos%20ecuatorianos%20intercambiable&f=false>
- Calzada-Marín, J.M., Enríquez-Quiroz, J.F., Hernández-Garay, A., Ortega-Jiménez, E., Mendoza-Pedroza, S.I. 2014. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en clima cálido subhúmedo. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 5:247-260. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v5n2/v5n2a9.pdf>
- Casanovas, E., Figueredo, Y., Soto, R., Novoa, R., Valera, R. 2006. Efecto de la frecuencia de corte en el comportamiento fenológico y productivo de *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-115 en el período poco lluvioso. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 40:465-470.
- Castro, H., Gómez, M. 2010. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. In: Burbano, H., Mojica, F. (eds.). Ciencia del Suelo. Principios básicos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. pp. 213-303.
- Cerdas, R., Vallejos, E. 2010. Productividad del pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en la zona seca de Costa Rica. InterSedes: Revista de las Sedes Regionales XI:80-195. <http://www.redalyc.org/pdf/666/66620589009.pdf>
- Chacón, P., Vargas, C. 2009. Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. Agronomía Mesoamericana 20:399-408. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/4956/4766>
- Chacón, P.A.H., Vargas, C.F.R. 2010. Consumo de *Pennisetum purpureum* cv. King Grass a tres edades de cosecha en caprinos. Agronomía Mesoamericana 21:267-274. <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/4956/4766>
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablado, M., Robledo, C. 2010. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dirección General de Aviación Civil (DGAC). 2013. Resumen mensual de medias diarias Climatología Aeronáutica: Aeropuerto Santo Domingo. Quito, Ecuador.
- Dua, V.K., Govindakrishnan, P.M., Lal, S.S., Khurana, S.M.P. 2007. Partial Factor Productivity of Nitrogen in Potato. Better Crops With Plant Food 91(4):26-27. [http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/A72BB4803C34CA19852579800076FE0D/\\$FILE/Better%20Crops%202007-4%20\(1o%20res\).pdf](http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/0/A72BB4803C34CA19852579800076FE0D/$FILE/Better%20Crops%202007-4%20(1o%20res).pdf)
- Espinosa, J., García, J.P. 2009. Herramientas para mejorar la eficiencia de uso de nutrientes en maíz.
- Espinosa, J., Bernal, J. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. Phosphate Institute of Canada.
- 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. Zootecnia Tropical 19:59-71. <http://www.bioline.org.br/abstract?id=zt01005&lang=es>
- Fagundes, J.L., Da Fonseca, D.M., Mistura, C., Salgado, L.T., Queiroz, D.S., De Morais, R.V., Vitor, C.M.T., Moreira, L.M. 2007. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante cv. napier sobpastejo rotativo. Bulletin Indústria Animal 64:149-158. <http://revistas.bvs-vet.org.br/bia/article/view/8029/8302>
- Ferreira, F., Lopes, L., Vander, A., Da Silva, F., Afféri, F. 2012. Produção forrageira e composição bromatológica de combinações genômicas de capim-elefante e milheto. Revista Ciência Agrônômica 43:368-375. <http://www.scielo.br/pdf/rca/v43n2/a21v43n2.pdf>
- Gómez-Gurrola, A., Loya, O.J.L., Sanginés, G.L., Gómez, G.J.A. 2015. Composición química y producción del pasto *Pennisetum purpureum* en la época de lluvias y diferentes estados de madurez. Revista

- EDUCATECONCIENCIA 6:68-74.
<http://tecnocientifica.com.mx/educateconciencia/index.php/revistaeducate/article/view/52/47>
- González, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., Lugo, M. 2011. Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum sp.*) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Tropical* 29:103-112.
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692011000100009&lng=es&nrm=iso&tln=es
- Guerrero, R.R. 1998. La Fertilización con Azufre para el Cultivo de la Papa en Colombia. Fertilización de Cultivos de Clima Frío. Segunda Edición. Monómeros Colombo Venezolanos, Colombia. 65 p.
- Heinemann, A., Fontes, A., Paciullo, D., Rosa, B., Macedo, R., Moreira, P., Aroeira, L. 2005. Potencial productivo e composição bromatológica de seis gramíneas forrageiras tropicais sob duas doses de nitrógeno e potasio. *Pasturas Tropicales* 27:34-41.
http://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/2005-vol27-rev1-2-3/Vol_27_rev1_05.pdf#page=34
- Kumar, S., Melkania, N.P. 2010. Forage crops in agriculture diversification: Managing fertilizer use in forage cultivation. In. Sharma, A.K., Wahab, S., Srivastava, R. (eds). *Agriculture Diversification: Problems and Perspectives*. I.K. International Publishing House Pvt. Ltd. New Delhi. pp. 81-99.
- Lemus, R.W. 2004. Switchgrass as an energy crop: fertilization, cultivar, and cutting management. Tesis Doctorado. Virginia Polytechnic Institute and State University. p. 180.
- 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* 17:41-52.
<http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2013/mayo/3.pdf>
- 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* 25:253-259.
<http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v25n4/art03.pdf>
- Martínez, R., Tuero, R., Torres, V., Herrera, S. 2010. Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM-22 y king grass durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 44:189-193.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015662016>
- Medina, M., Cano, P. 2001. Contaminación por nitratos en agua, suelo y cultivos en la Comarca Lagunera. *Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas* 2:9-14.
https://chapingo.mx/revistas/zonas_aridas/contenido.php?id_articulo=881&doi=0000&id_revista=8
- Moran, J. 2005. Growing quality forages. In. *Tropical dairy farming: Feeding management for small holder dairy farmers in the humid tropics*. Landlinks Press. Australia. pp. 65-82.
<https://books.google.com.ec/books?id=ksAlAXas6xAC&printsec=frontcover&dq=Growing+quality+forages.+In.+Tropical+dairy+farming:+Feeding+management+for+small+holder+dairy+farmers+in+the+humid+tropics&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjZoKOBkobZAhUByVMKHfLuBFwQ6AEIJjAA#v=onepage&q=Growing%20quality%20forages.%20In.%20Tropical%20dairy%20farming%3A%20Feeding%20management%20for%20small%20holder%20dairy%20farmers%20in%20the%20humid%20tropics&f=false>
- Paccapelo, H.A., Molas, L.M., Saluzzi, L. 1999. Aptitud forrajera de líneas S2 originadas del híbrido *Zea mays L. x Zea diploperennis I.* *Revista de la Facultad de Agronomía* 10(2):59-64.
<http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/rev-agro/v10n2a05paccapelo.pdf>
- Porto, B.G., Andrade, M.L., Ferreira, M.V.S., Batista, J.C.D. 2005. Produção de matéria seca e taxa de sobrevivência de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e um híbrido interespecífico com o milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) submetidos a estresse hídrico. *Pasturas Tropicales* 27:27-33.
http://tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/2005-vol27-rev1-2-3/Vol_27_rev1_05.pdf#page=27
- 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/44/55>
- Ramos, T.O., Canul, S.J.R., Duarte, V.F.J. 2013. Producción de tres variedades de *Pennisetum purpureum* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán, México. Revista BioCiencias 2:60-68.
<http://biociencias.uan.edu.mx/publicaciones/03-02/biociencias3-2-6.pdf>
- Ruíz, C., Urdaneta, J., Borges, J., Verde, O. 2009. Respuesta agronómica de cultivares de caña de azúcar con potencial forrajero a diferentes intervalos de corte en Yaracuy, Venezuela. Zootecnia Tropical 27:143-150.
<http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v27n2/art05.pdf>
- Sánchez, A., Faría-Mármol, J., González, B. 2003. Efecto del aplazamiento de utilización en la asociación *Cenchrus ciliaris* (L)- *Leucaena leucocephala* (Lam)(de Wit). I- Producción y componentes de la materia seca. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 11(1):29-33.
http://ojs.alpa.org.ve/index.php/ojs_files/article/viewFile/31/34
- Van De Wouw, M., Hanson, J., Luethi, S. 1999. Morphological and agronomic characterisation of a collection of napier grass (*Pennisetum purpureum*) and *P. purpureum* × *P. glaucum*. Tropical Grasslands 33(2):150-158.
http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_33_1999/Vol_33_03_99_pp150_158.pdf