

Rendimiento productivo del *Pennisetum* sp. con varios niveles de sustancias húmicas más una base de enraizador

Vimos, C.F.; Toalombo, P.A.[®]; Díaz, H. y Trujillo, J.V.

Escuela Superior de Chimborazo, Carrera de Zootecnia, Riobamba. Ecuador.

RESUMEN

En la Provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, se realizó la evaluación del comportamiento productivo forrajero del *Pennisetum* sp. (maralfalfa) aplicando varios niveles de sustancias húmicas (4, 5, 6 l/ha) más una base de enraizador (3 l/ha) en los suelos de la Facultad de Ciencias Pecuarias, para ser comparados con un tratamiento testigo, la investigación tuvo una duración de 60 días. Los datos obtenidos fueron analizados bajo un Diseño Completamente al Azar, con 5 repeticiones, el TUE fue de 10 m², para la comparación de medias se aplicó el estadístico Tukey ($P \leq 0.01$) y ($P \leq 0.05$); a su vez se realizó un análisis de regresión y correlación, mediante el programa estadístico SPSS versión Statistic 19. Al observar los resultados experimentales para la variable altura de la planta a los 15, 30 y 60 días no se registraron diferencias estadísticas. Los mejores rendimientos de forraje verde y materia seca se obtuvieron con T3. La mayor rentabilidad fue registrada por las parcelas fertilizadas con T3, alcanzando un beneficio/costo de 1,72. En tal virtud se recomienda la utilización de T3 por haberse registrado los mejores rendimientos productivos, menor costo de producción y mejor rentabilidad.

Productive yield of *Pennisetum* sp. with several levels of humic substances plus a rooting base.

SUMMARY

At the Province of Chimborazo, Riobamba canton, the evaluation of the forage productive behavior of *Pennisetum* sp. (maralfalfa) applying several levels of humic substances (4, 5, 6 l / ha) plus a rooting base (3 l / ha) in the soils of the Facultad de Ciencias Pecuarias, to be compared with a control treatment, research it lasted 60 days. The data obtained were analyzed under a Completely Random Design, with 5 repetitions, the TUE was 10 m², for the comparison of means the Tukey statistic ($P \leq 0.01$) and ($P \leq 0.05$) was applied; In turn, a regression and correlation analysis was performed using the statistical program SPSS Statistic version 19. When observing the experimental results for the plant height variable at 15, 30 and 60 days, no statistical differences were recorded. The best yields of green fodder and dry matter were obtained with T3. The highest profitability was registered by the fertilized plots with T3, reaching a benefit / cost of 1.72. Therefore, the use of T3 is recommended because the best production yields, lower production costs and better profitability have been recorded.

PALABRAS CLAVE

Pastos y forrajes.
Pennisetum sp.
Abono orgánico.
Maralfalfa.

ADDITIONAL KEYWORDS

Grasses and forages.
Pennisetum sp.
Organic fertilizer kind.
Maralfalfa.

INFORMATION

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 29.09.2018
Aceptado/Accepted: 16.10.2019
On-line: 15.04.2020
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
ptoalombo@esPOCH.edu.ec

INTRODUCCIÓN

El origen del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) es aún desconocido, una de las hipótesis indica, que es el resultado de la hibridación del *Pennisetum americanum* (L. Leeke-napietgrass) con el *P. purpureum* Schum (Dujardin & Hanna 1984; Swedlund & Vasil 1985). Este híbrido es un triploide que fusiona la calidad nutricional del forraje *Pennisetum americanum* (L.) (Bidinger, Yadav & Rattunde 2009; Medici et al. 2018; Swedlund & Vasil 1985) con el alto rendimiento de materia seca del *P. purpureum* Schum (Araya-Mora & Boschini-Figueroa 2005). No obstante éste híbrido es estéril, por lo que para obtener híbridos fértiles, se ha utilizado Colchicina con lo que duplica el número de cromosomas y se

obtiene un híbrido hexaploide fértil (Macoomb 1992). En Estados Unidos se han desarrollado varios híbridos, con excelentes resultados, tanto en producción forrajera como en calidad nutricional (Macoomb 1992). El *Pennisetum hybridum* fue introducido a Brasil en 1995 a través de la Empresa Matsuda (Vilela 2004).

Otra teoría pronuncia que el *Pennisetum* sp., perteneciente a *Pennisetum*, *Poaceae*, se originó en África y se introdujo en China desde Sudáfrica en la década de 1990. Debido a su rápido crecimiento, gran biomasa, sistema radicular desarrollado, se ha convertido en una especie forrajera dominante en áreas ecológicamente frágiles (Peng et al. 2014). Actualmente se conocen dos variedades de pasto *Pennisetum* sp (pasto Hybrid)

Napier (variedad CO-3) [HNG] y pasto Denanath [DG] usado como biomasa lignocelulosa (Mohapatra, Dandapat & Thatoi 2017).

El maralfalfa (*Pennisetum sp*) es una gramínea con una alta capacidad de producción de forraje, palatable de sabor dulce (Bravo 2015), buena calidad nutricional, al ser un pasto de corte, permite incrementar la producción por hectárea (Ramírez, Verdecia & Leonard 2008), se desarrolla desde 0 hasta 2700 msnm, en suelos con fertilidad media o alta con pH bajos, y alto contenido de materia orgánica y buen drenaje (Carreño 2009). Su rápido crecimiento, alto rendimiento forrajero, amplia concentración de carbohidratos y proteínas (16-18%); así como también la adaptabilidad (Wangchuk et al. 2015), son factores que influyen en la productividad de los sistemas ganaderos especializados, debido que ha mayor capacidad de carga, mayor es la rentabilidad del hato (Holmann et al. 2003; Osorio 2004).

Las Sustancias Húmicas (SH) son macromoléculas complejas, se encuentran diferentes grupos funcionales que le permiten actuar como polielectrolitos de ácidos débiles y ser sitios de reacción con diferentes agentes químicos (Huelva López et al. 2013). Según el tipo de fraccionamiento en función de la solubilidad, las sustancias húmicas se clasifican en: Ácidos Húmicos (AH) (alto peso molecular), ácidos fúlvicos (AF) (Bajo peso molecular) y Humina (Huang, Sherman & Lempicki 2009; Piccolo & Mbagwu 1989), siendo el ácido hematomelánico la porción de ácido húmico soluble en alcohol; el proceso de microagregación es lento y está en función del tipo y la cantidad de los agentes; (Fortun, Fortun & Ortega 1989; Piccolo & Mbagwu 1989), siendo efectivas e importantes para estabilizar la estructura del suelo; además favorecen la formación de coloides orgánicos y complejos arcillo húmicos, mejorando e incrementando el almacenamiento de agua en el suelo, así también presenta una mayor capacidad de intercambio catiónico y resistencia a los cambios bruscos de pH CHILON. Su efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, mantiene una influencia positiva sobre el transporte de iones, de tal manera que facilita la absorción, la acción directa sobre procesos metabólicos tales como: respiración, fotosíntesis y síntesis de proteínas, mediante el aumento o disminución de la actividad de diversas enzimas, el contenido de metabolitos y la actividad tipo hormonal de estas sustancias (Nardi et al. 2002).

Los enraizadores son utilizados para inducir y estimular el desarrollo radicular y el engrosamiento de tallos, mediante su contenido rico en macro, micro, oligoelementos y fitohormonas. Los macro, micro, oligoelementos intervienen en varios procesos fisiológicos, cada uno desempeña una función específica, su ausencia impide a la planta alcanzar su ciclo vital, ya que se encuentran implicados directamente en la nutrición de la planta; constituyendo como un metabolito esencial requerido, para la acción de un sistema enzimático (Idrovo). El ácido indol acético y triptófano son hormonas que favorecen la división celular de las raíces y el crecimiento de las plantas (Chilon Camacho & Chilon Molina 2015).

La fertilización orgánica enriquece el suelo con microorganismos benéficos, regenerando su vida microbiana y microfauna, además de incrementar la mineralización, por lo que mejora las características fisiológicas de las plantas, tiene actividad fitohormonal, favoreciendo el crecimiento de las raíces y por ende se conseguirá una mayor producción vegetal (Bernal et al. 2012).

El desarrollo agropecuario actual, implica necesariamente a la agricultura orgánica, ya que la población a nivel mundial prefiere consumir alimentos inocuos, naturales y saludables. Siendo necesario crear nuevas alternativas que permitan obtener una mayor rentabilidad a menor costo, y sobre todo mantener el equilibrio medio ambiental; es por ello que en los últimos años los productores han puesto en marcha la agricultura orgánica, aplicada al manejo y producción de pastos y forrajes destinados a la alimentación animal, como una alternativa sostenible, para evitar el uso de insumos nocivos y contaminantes.

La presente investigación está enfocada a la evaluación del comportamiento productivo forrajero del *Pennisetum sp.* (maralfalfa) aplicando varios niveles de sustancias húmicas (SH) más una base de enraizador (E) (macro, micro, oligoelementos y fitohormonas).

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en la Facultad de Ciencias Pecuarias - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador, ubicada a una latitud de 01°38' Sur y una longitud de 78°26' W, la zona corresponde a un piso climático ecuatorial mesotérmico seco (DE RIOBAMBA 2015); a una temperatura 15°C, precipitación 2750 mm/año, humedad relativa 60%, en un suelo arcilloso - arenoso.

En el estudio se aplicaron tres tratamientos versus un testigo, con 5 repeticiones por tratamiento, la unidad experimental consistió en 20 parcelas con un área de 10 m², registrando un área total de 200 m² de *Pennisetum sp.* (maralfalfa).

T1: 4 (l/ha) SH más E; T2: 5 (l/ha) SH más E; T3: 6 (l/ha) SH más E. En cada uno de los tratamientos fue aplicado el E en razón de (3 l/ha).

SH: Humatos, fúlvatos y ácido hematomelánico.

E: Nitrógeno (N), potasio (K₂O), Fósforo (P₂O₅), Magnesio (MgO), Boro (B), Azufre (S), Fitohormonas.

Las variables experimentales fueron: altura de planta (cm), 15, 30 y 60 días; producción de forraje verde a los 60 días tn/ha/corte; producción de forraje en materia seca a los 60 días tn/ha/corte; análisis bromatológico a los 60 días de crecimiento del pasto maralfalfa; Análisis de suelo inicial y final; análisis beneficio costo: Los datos obtenidos fueron analizados bajo un Diseño Completamente al Azar, para la comparación de medias se aplicó el estadístico Duncan (P≤0.01) y (P≤0.05); a su vez se realizó un análisis de regresión y correlación, mediante el programa estadístico SPSS versión Statistic 19.

Tabla I. Comportamiento agrobotánico del *Pennisetum sp* (maralfalfa), bajo el efecto de varios niveles de sustancias húmicas más una base de enraizador (Agrobotanical behavior of *Pennisetum sp* (maralfalfa), under the effect of several levels of humic substances plus a rooting base).

VARIABLE	NIVELES DE ABONO				EE	Prob.	Sig.				
	0 L/ha T0	4 L/ha T1	5 L/ha T2	6 L/ha T3							
Altura a los 15 días (cm)	38,08	a	40,46	a	38,84	a	34,36	a	1,85	0,2386	ns
Altura a los 30 días (cm)	62,86	a	52,28	A	54,40	a	51,96	a	3,84	0,2017	ns
Altura a los 60 días (cm)	83,8	a	76,4	a	87,2	a	92,68	a	4,52	0,129	ns
Pdn. forraje verde (tn/ha)	10,24	b	10,12	b	10,46	b	14,96	a	0,58	0,0009	**
Materia seca(tn/ha)	1,7	b	1,74	b	1,77	b	2,45	a	0,10	0,0024	**

RESULTADOS

Para las variables altura de la planta a los 15, 30 y 60 días, las medias registradas no presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) **Tabla I**.

Los valores promedio de la producción de forraje verde presentaron diferencias altamente significativas entre T3 con 14,96 tn/ha y T0, T1, T2 con 10,24; 10,12; 10,46 tn/ha respectivamente. **Tabla I**. En el análisis de la regresión **Figura 1**, se observa que a partir de un intercepto de 9,6234 th/ha, existe un incremento de 0,5068 th/ha, con un coeficiente de determinación de 21,22 % que depende de la aplicación de los diferentes tratamientos; mientras tanto el 78,78 % restante depende de factores tanto intrínsecos como extrínsecos; el coeficiente de correlación es 0,4606.

En cuanto a la producción de materia seca tn/ha/corte, se registraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$); la mejor respuesta se estableció con T3 con una producción de 2,45 tn/ha y el menor con 1,70 tn/ha con T0. Referente al análisis de regresión **Figura 2**, se observa que los datos se ajustan a una tendencia lineal altamente significativa, demostrando que a partir de un intercepto 1,5971 tn/ha, existe un incremento de 0,0847 tn/ha, con un coeficiente de determinación de 22,88 % que depende de la aplicación de los tratamientos, mientras tanto el 77,12 % restante depende de otros factores; el coeficiente de correlación es 0,4783.

Al realizar el análisis bromatológico en cuanto al contenido de proteína y grasa, se demuestra que los

mayores porcentajes se obtuvieron con T2 (8,76 % y 1,73% respectivamente).

La mejor respuesta de fibra se obtuvo con T3, y para materia seca se registra el mayor resultado al utilizar T1 con 17,20%.

El análisis de suelo **Tabla III**, tanto al inicio como al final de la investigación, indica que al incorporar los tratamientos, no se observó cambios significativos en el pH del suelo, ya que antes de la aplicación el valor fue de 8,32 y después de la fertilización el pH del suelo se mantuvo entre alcalino y ligeramente alcalino con valores de 8,06. En el contenido de materia orgánica pre y post aplicación de los tratamientos, se registró un mayor contenido de materia orgánica al final con 3,23 %, ya que el valor inicial fue de 2,63%. El nitrógeno del suelo evidenció un aumento, ya que partiendo de 0,13% antes de la fertilización (baja), se incrementó a 0,16%, después de la fertilización (baja). En la evaluación del fósforo presente en el suelo pre y post fertilizado, se mostró un descenso, ya que partiendo de un valor inicial de 115,9 mg/kg, éste disminuyó a 105,2 mg/kg. En el caso del potasio se registró, que de un análisis inicial de 0,36 cmol/kg (medio) ascendió a 0,61 cmol/kg (alto).

Mediante el análisis económico se reportó que la mayor rentabilidad se alcanzó al fertilizar con T3, ya que se obtuvo un beneficio costo de \$1,72.

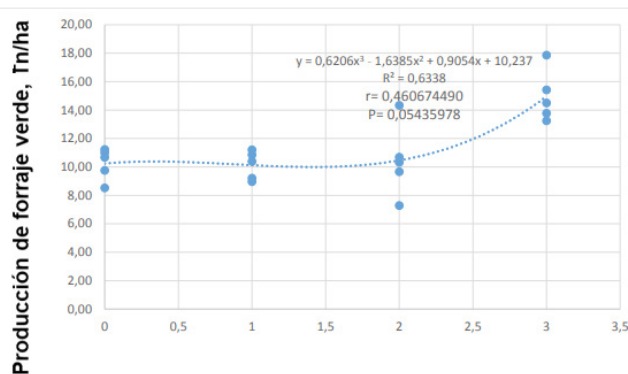


Figura 1. Análisis de la regresión (Regression analysis).

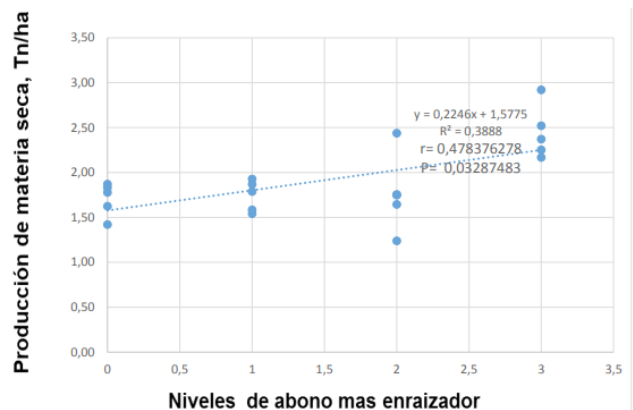


Figura 2. Referente al análisis de regresión. (Regarding regression analysis).

DISCUSIÓN

Para las variables altura de la planta a los 15, 30 y 60 días, no se registraron diferencias estadísticas. Respuestas superiores fueron reportadas por (Cruz 2008) al fertilizar *Pennisetum sp.*, con Nitrógeno y fósforo. (Mena 2013), al emplear micorrizas más rhizobium en el cultivo de *Penisetum clandestinum* a los 30 días de evaluación, obtuvo alturas de 95.93 cm, cuyo valor es mayor al investigado; debiéndose a que el uso de micorrizas, mejora la absorción de las raíces colonizadas, a su vez incrementa hasta en 1.000 veces, presentando una mayor tolerancia ante la sequía, las altas temperaturas, los metales pesados, la salinidad, las toxinas y la acidez del suelo (Alfonso & Galán 2006; Cano 2011); así también el rhizobium permite una multiplicación de bacterias, logrando que su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico se incremente hasta 300%, (Alfonso & Galán 2006; Andrade Ulloa 2010); además, las condiciones edafoclimáticas imperantes en cada uno de los estudios y los diferentes tipos de fertilización que se aplicaron, favoreció un mejor rendimiento en la altura de planta que superaron a los datos en el presente ensayo.

El crecimiento del tallo (altura de la planta), se encuentra relacionado con la cantidad de fibra presente en la planta, ya que la pared celular contiene fracciones indigestibles (lignina y sílice) (Geis 1978; Herrera, Cruz & Martínez 1994; Ramos-Trejo, Canul-Solis & Duarte-Vera 2013); es así que (Murillo et al. 2015), reportó mayores porcentajes de fibra en la evaluación productiva de *Penisetum sp.*, lo que a su vez se refleja en una mayor altura de la planta; contrario a lo ocurrido en la presente investigación. Los ácidos fúlvicos son transportados, en mayor medida, hacia la parte aérea que los ácidos húmicos (Fründ et al. 1994). De la misma manera, (Vaughan & Linehan 1976) encontraron que los ácidos húmicos son absorbidos por raíces de trigo, y que aproximadamente un 5% es transportado hacia el tallo, por lo que se puede indicar que los ácidos húmicos estuvieron presentes en mayor proporción en la investigación realizada, ya que no existieron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos para la variable altura de planta.

La planta ante la proporción de absorción de ácidos fúlvicos/ácidos húmicos, reacciona de manera preferente ante sustancias de bajo peso molecular (ácidos fúlvicos), que son absorbidas de manera dinámica, siendo biológicamente algo más activos que los ácidos húmicos (Vaughan & Ord 1981), lo que facilita la absorción de la raíz, mejorando de manera representativa la producción de biomasa en plantas de avena (Albuzio et al. 1994); y tabaco (Retta et al. 1994). Similar a lo evidenciado en la investigación realiza, ya que a mayor cantidad de sustancias húmicas y enraizador, se obtuvo mayor cantidad de forraje verde de *Penisetum sp.* Asimismo los macro, micro y oligoelementos del enraizador actúan progresivamente y mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Pérez, Pérez & Vertel 2010); esto combinado con las características de las sustancias húmicas, determinan su elevada capacidad de intercambio catiónico, formación de complejos y quelatos con los minerales del

suelo. Esto explica sus potencialidades para restablecer suelos degradados y su efectividad para incrementar la productividad de los cultivos (Echeverría et al. 2009).

Para la variable materia seca, al observar los resultados expuestos se afirma que a medida que se incrementan los niveles de sustancias húmicas más enraizador, la producción de materia seca también se incrementa, lo que se encuentra afín a lo explicado por (Hernández et al. 2011; Mesa, Hussein & García 2005; Wencomo & Lugo 2013), sobre los beneficios del uso de abonos orgánicos que favorecen a las plantas en la producción de materia seca. Valores inferiores a los de la presente investigación fue reportado por (Condori Vargas et al. 2018), al aplicar 25 y 50% de láminas de riego con 20, 40 y 60% de biol en cultivo maralfalfa a campo abierto, al obtener menos 1 ha/tn. Mientras que comparando los resultados obtenidos, se consideran inferiores a los reportes realizados por (Cruz 2008), ya que en su investigación sobre evaluación del potencial forrajero de maralfalfa con diferentes niveles de fertilización de N y P, registró producciones de materia seca a los 60 días de corte de 5.28 tn/ha, casi dos veces más que al utilizar abonos orgánicos; estos resultados pueden explicarse a través de lo indicado por (Bollo 2006) el potasio, fósforo y nitrógeno, son tres elementos vitales para el desarrollo de los cultivos, en suelos pobres ayudan al crecimiento de las plantas; en el sistema de retención y drenaje del agua de los suelos, permitiendo que las plantaciones cuenten con la justa cantidad de agua que necesitan para el desarrollo. Es importante también mencionar que la frecuencia de corte, solo afectó el rendimiento de materia seca a medida que aumentó la edad de madurez de la planta (Murillo et al. 2015).

El porcentaje de proteína al utilizar sustancias húmicas y enraizador fue de 8,76% con T2, superior al reportado por (Murillo et al. 2015) en suelos amazónicos del Ecuador; e inferiores a (Condori Vargas et al. 2018) al incorporar 20% de biol bovino a una altitud de 3870 m s.n.m; por lo que se puede observar que factores como: 1) tipo de suelo, 2) edad de corte, en donde la reducción en la proteína al incrementar la edad del pasto, se puede atribuir a una reducción de la actividad metabólica de la planta, a una edad mayor de cosecha, la síntesis de compuestos proteicos tiende a disminuir, lo que provoca que los valores de proteína cruda bajen (Ramírez, Verdecia & Leonard 2008); 3) y por último los nutrientes, que ejercen un efecto homeostático (Ormeño & Ovalle 2007), ya que al ser empleados en la fertilización, influyen en la cantidad de proteína contenida en el pasto.

Además al realizar el análisis bromatológico, se evidenció que la variación del contenido proteico es inverso con respecto a los valores obtenidos de Materia Seca (Chacón-Hernández & Vargas-Rodríguez 2009; Meléndez, Ibarra & Iglesias 2000), (Correa 2006).

Los resultados de fibra cruda (Tabla II), indican que la mayor cantidad se obtiene con T3 (31,15%), lo que demuestra resultados superiores a los obtenidos por (Condori Vargas et al. 2018), siendo el valor más alto (26,73%) al aplicar 20% de biol bovino; pero valores similares se obtuvieron en condiciones bajo riego reportado por (Robles & Adolfo 2011) con 32,97%; y también

(Borbor 2013) con 32.46%, investigación realizada en la provincia de Guayas – Ecuador, a una temperatura promedio de 29°C, bajo dos métodos de propagación y tres programas de fertilización a los 60 días.

En la presente investigación se reportó 1,73% de grasa, valor menor al encontrado por (Murillo et al. 2015) en la Amazonía del Ecuador.

En lo referente al análisis de suelos, la incorporación de sustancias húmicas más enraizador, no influyó en el pH del suelo **Tabla III**, manteniéndose entre alcalino y ligeramente alcalino, dichos valores son superiores a los indicados por (Condori Vargas et al. 2018), quien evidenció un pH de 6,2; según (Carreño 2009), indica que es importante considerar que esta gramínea crece desde el nivel del mar hasta los 2700 m, y se comporta de manera adecuada en suelos con fertilidad media o alta y de pH bajos. Lo contrario sucedió con la cantidad de materia orgánica en el suelo, ya que al final del experimento ésta se vio incrementada, lo que indica que la acción de los microorganismos como hongos y bacterias mantienen un suelo rico en materia orgánica,

de tal manera que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes, para su desarrollo vegetativo, es decir que la cantidad de materia orgánica se mantiene.

El aumento significativo del contenido de nitrógeno del suelo se debe a que el principal producto de la descomposición de la materia orgánica es el amoníaco, base para la formación de proteínas y compuestos nitrogenados dentro de la planta (Julca-Otiniano et al. 2006).

En cuanto al contenido de fósforo (Carrera Escobar 2011), menciona que se encuentra en los suelos tanto en formas orgánicas, como inorgánicas. La solubilidad y la disponibilidad está condicionada por reacciones físico - químicas y biológicas, las que a su vez afectan la productividad de los suelos. Las transformaciones del fósforo entre formas orgánicas e inorgánicas están estrechamente relacionadas, dado que el fósforo inorgánico es una fuente para los microorganismos y las plantas, y el fósforo orgánico al mineralizarse repone el fósforo de la solución. En cuanto al potasio se indica que interviene en la formación de hidratos de carbono y favorece el desarrollo de las raíces. Por lo que las cantidades de macro y micronutrientes encontradas en el suelo analizado, cumplen con los requerimientos para nutrir al *Pennisetum sp.*

Tabla III. Análisis bromatológico del suelo pre y post fertilizado bajo el efecto de varios niveles de sustancias húmicas más una base de enraizador (Bromatological analysis of the pre and post fertilized soil under the effect of several levels of humic substances plus a rooting base).

PARÁMETRO	UNIDAD	INICIAL	FINAL
pH		8,32	8,06
M. Orgánica	%	2,63	3,23
N	%	0,13	0,16
Fosforo	mg/kg	115,9	105,2
Potasio	cmol/kg	0,36	0,61

CONCLUSIÓN

La variable altura de la planta a los 15, 30 y 60 días no reportó diferencias significativas, debido a que las sustancias húmicas utilizadas, contenían mayor cantidad de ácidos húmicos; a su vez comparado con otras investigaciones, existen factores como las condiciones medioambientales y el tipo de suelo, que influyen en el crecimiento del tallo que define la altura de la planta.

Los mejores rendimientos de forraje verde y materia seca se obtuvieron con T3: En cuanto al análisis bromatológico, respecto a materia seca se reportó con T1; y en lo que respecta al contenido de fibra se registró con el tratamiento T3. La mayor rentabilidad se obtuvo con T3.

Al realizar el análisis de suelo, los parámetros pH, materia orgánica, nitrógeno y potasio se vieron incrementados con el uso de las sustancias húmicas más enraizador. Lo contrario ocurrió con el fósforo.

La acción de los tratamientos mejoran la nutrición de las plantas y estimulan su crecimiento, que se reflejó con el incremento en los rendimientos productivos del *Pennisetum sp.*, sin dañar en gran medida el equilibrio entre los componentes bióticos y abióticos de los agro ecosistemas, promoviendo de tal manera una explotación ganadera sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos: Los autores agradecen al proyecto "Análisis de sostenibilidad y competitividad de la cadena de suministros de la leche de ganado bovino

Tabla II. Análisis bromatológico del *Pennisetum sp.*, bajo el efecto de varios niveles de sustancias húmicas más una base de enraizador (Bromatological analysis of *Pennisetum sp.*, under the effect of several levels of humic substances plus a rooting base).

Tratamiento	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Materia seca (%)	Cenizas (%)	EEN (%)
T0	7,85	1,70	30,61	15,66	14,80	45,03
T1	8,31	1,67	28,82	17,20	15,92	45,29
T2	8,76	1,73	29,52	17,01	14,84	45,17
T3	8,12	1,62	31,15	16,35	15,66	43,46

en la provincia de Chimborazo”, de la Facultad de Ciencias Pecuarias – Carrera de Zootecnia.

BIBLIOGRAFÍA

- Albuzio, A, Concheri, G, Nardi, S & Dell’Agnola, G 1994, ‘Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seedlings grown in varied nutritional conditions’, *Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health*. Elsevier BV, pp. 199-204.
- Alfonso, ET & Galán, AL 2006, ‘Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate’, *Agronomía Costarricense*, vol. 30, no. 1, pp. 65-73.
- Andrade Ulloa, DG 2010, ‘Evaluación de dos sistemas y tres distancias de siembra del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en la localidad de Chalguayacu, cantón Cumanda, provincia de Chimborazo’.
- Araya-Mora, M & Boschini-Figueroa, C 2005, ‘Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica’, *agronomía mesoamericana*, pp. 37-43.
- Bernal, M, Fernando, L, Bello Rodríguez, PL & Castellanos Domínguez, ÓF 2012, *Sostenibilidad y Desarrollo: el valor agregado de la agricultura orgánica*, Universidad Nacional de Colombia.
- Bidinger, FR, Yadav, OP & Rattunde, EW 2009, ‘Genetic improvement of pearl millet for the arid zone of northwestern India: lessons from two decades of collaborative ICRISAT-ICAR research’, *Experimental agriculture*, vol. 45, no. 1, pp. 107-15.
- Bollo, E 2006, *Humus de lombriz y su aplicación*, Mundi-Prensa. p31.
- Borbor, J 2013, ‘Evaluación agronómica y nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum* spp.) bajo dos métodos de propagación y tres programas de fertilización en la Parroquia Cerecita, Provincia del Guayas’, *Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador*.
- Bravo, S 2015, ‘Pasto maralfalfa’, *Gerencia Regional de Agricultura. Trujillo, Perú*.
- Cano, MA 2011, ‘Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión’, *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 14, no. 2, pp. 15-31.
- Carreño, J 2009, *Manual de siembra, cultivo y manejo del pasto maralfalfa*.
- Carrera Escobar, IC 2011, ‘Fertilización del kikuyo *Pennisetum clandestinum* con tres fuentes nitrogenadas, dos sólidas y una líquida en tres niveles y dos frecuencias’.
- Condori Vargas, S, Ruiz Huanca, P, Ticona Guanto, O & Chipana Mendoza, GJ 2018, ‘Eficiencia del uso del agua y características bromatológicas de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) bajo la aplicación de biol bovino en la Estación Experimental Choquenaira’, *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, vol. 5, no. 2, pp. 68-80.
- Correa, HJ 2006, ‘Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) cosechado a dos edades de rebrote’, *Livestock Research for Rural Development*, vol. 18, no. 6, pp. 326-35.
- Cruz, D 2008, *Evaluación del potencial forrajero del pasto Maralfalfa (*Pennisetum Violaceum*) con diferentes niveles de fertilización de Nitrogeno y fosforo con una base estandar de potasio [Internet]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2012, Tesis de ingeniero zootecnista. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de ...*
- Chacón-Hernández, PA & Vargas-Rodríguez, CF 2009, ‘Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. king grass a tres edades de rebrote’, *agronomía mesoamericana*, pp. 399-408.
- Chilon Camacho, E & Chilon Molina, J 2015, ‘Potencialidades para la agricultura y la preservación del medio ambiente del Abono Orgánico Líquido Aeróbico (AOLA)’, *JOURNAL de CIENCIA y TECNOLOGIA AGRARIA*, vol. 1, p. 35.
- Dujardin, M & Hanna, W 1984, ‘Cytogenetics of double cross hybrids between *Pennisetum americanum*—*P. purpureum* amphiploids and *P. americanum* X *Pennisetum squamulatum* interspecific hybrids’, *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 69, no. 1, pp. 97-100.
- Echeverría, JC, Baños, R, Arzola, GFJ, Ramírez, J & Cruz, M 2009, ‘Contribución al estudio del uso de los abonos orgánicos en la fertilización de cultivos forrajeros tropicales’, *Ciencia y Tecnología Ganadera*, vol. 3, no. 3, pp. 133-7.
- Fortun, A, Fortun, C & Ortega, C 1989, ‘Effect of farmyard manure and its humic fractions on the aggregate stability of a sandy-loam soil’, *Journal of Soil Science*, vol. 40, no. 2, pp. 293-8.
- Fründ, R, Guggenberger, G, Haider, K, Knicker, H, Kögel-Knabner, I, Lüdemann, HD, Luster, J, Zech, W & Spiteller, M 1994, ‘Recent advances in the spectroscopic characterization of soil humic substances and their ecological relevance’, *Zeitschrift fuer Pflanzenernaehrung und Bodenkunde*, vol. 157, no. 3, pp. 175-86.
- Geis, JW 1978, ‘Biogenic opal in three species of Gramineae’, *Annals of Botany*, vol. 42, no. 5, pp. 1119-29.
- Hernández, A, Ponce de León, R, García, SM, García, R, Mora, M, Gutiérrez, M & Guzmán, G 2011, ‘Parámetros genéticos en rasgos de la producción lechera y la longevidad de vacas Mambí de Cuba’, *Archivos de Zootecnia*, vol. 60, no. 231, pp. 513-20.
- Herrera, R, Cruz, R & Martínez, O 1994, ‘Estudio de mutantes de king grass (*Pennisetum purpureum* sp) obtenidas mediante técnicas nucleares y mutágenos químicos III. Indicadores agronómicos’, *Rev. Cubana Cienc. Agríc.*, vol. 28, no. 2, pp. 239-47.
- Holmann, F, Rivas, L, Carulla, J, Giraldo, LA, Guzman, S, Martinez, M, Rivera, B, Medina, A & Farrow, A 2003, ‘Evolución de los sistemas de producción de leche en el trópico latinoamericano y su interrelación con los mercados: Un análisis del caso colombiano’, *CIAT, Consorcio Tropileche. Cali, 53p*.
- Huang, DW, Sherman, BT & Lempicki, RA 2009, ‘Systematic and integrative analysis of large gene lists using DAVID bioinformatics resources’, *Nature protocols*, vol. 4, no. 1, p. 44.
- Huelva López, R, Martínez Balmori, D, Calderín García, A, Hernández González, OL & Guridi Izquierdo, F 2013, ‘Propiedades químicas y química-físicas de derivados estructurales de ácidos húmicos obtenidos de vermicompost. Actividad biológica’, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 22, no. 2, pp. 56-60.
- Idrovo, NS ‘Nutrición foliar y defensa natural’, in vol. 11.
- Julca-Otiniano, A, Meneses-Florián, L, Blas-Sevillano, R & Bello-Amez, S 2006, ‘La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura’, *Idesia (Arica)*, vol. 24, no. 1, pp. 49-61.
- Macoom, B 1992, ‘Defoliation effects on yield, persistence, and quality related characteristics of four *Pennisetum* forage genotypes’.
- Medici, LO, Goncalves, FV, Fonseca, M, Gaziola, SA, Schmidt, D, Azevedo, RA & Pimentel, C 2018, ‘Growth, Yield and Grain Nutritional Quality in Three Brazilian Pearl Millets (*Pennisetum americanum* L.) with African or Indian origins’, *An Acad Bras Cienc*, vol. 90, no. 2, pp. 1749-58.
- Meléndez, J, Ibarra, G & Iglesias, O 2000, ‘*Pennisetum purpureum* cv. CRA-265 en condiciones de secano. Parámetros agronómicos y valor nutritivo’, *Producción animal*, vol. 12, no. 1, pp. 17-2.
- Mena, A 2013, ‘Fertilización química y orgánica en la producción de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en el sector Salache cantón Latacunga’.
- Mesa, AR, Hussein, S & García, DE 2005, ‘Efecto del Liplant en el rendimiento de materia seca de *Morus alba*’, *Pastos y forrajes*, vol. 28, no. 2, pp. 141-8.
- Mohapatra, S, Dandapat, SJ & Thatoi, H 2017, ‘Physicochemical characterization, modelling and optimization of ultrasono-assisted acid pretreatment of two *Pennisetum* sp. using Taguchi and artificial neural networking for enhanced delignification’, *J Environ Manage*, vol. 187, pp. 537-49.
- Murillo, RL, Marcheco, EC, de la Ribera, JR, Perdomo, GÁ, Perdomo, PÁ, Panta, KP & Murillo, AÁ 2015, ‘Rendimiento y calidad de dos especies del género *Pennisetum* en Ecuador’, *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 16, no. 8, pp. 1-10.
- Nardi, S, Pizzeghello, D, Muscolo, A & Vianello, A 2002, ‘Physiological effects of humic substances on higher plants’, *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 34, no. 11, pp. 1527-36.

- Ormeño, M & Ovalle, A 2007, 'Preparación y aplicación de abonos orgánicos', *INIA Divulga*, vol. 10, pp. 29-34.
- Osorio, F 2004, 'Efecto del manejo alimentario sobre el sistema especializado de producción lechera', *memorias Seminario Nacional de Lechería Especializada: Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad. Eventos y Asesorías Agropecuarias, Auditorio de la Salud, Hospital General de Medellín, Septiembre*, vol. 1, pp. 141-52.
- Peng, L, Yang, Y-f, Hou, Y-m & Lu, G 2014, 'The biosafety assessment of introduced *Pennisetum* sp', *Fujian Province, China. Fujian J Agric Sci*, vol. 29, no. 11, pp. 1132-7.
- Pérez, R, Pérez, A & Vertel, M 2010, 'Caracterización nutricional, físicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia', *Tumbaga*, vol. 1, no. 5, pp. 27-37.
- Piccolo, A & Mbagwu, JSC 1989, 'Effects of humic substances and surfactants on the stability of soil aggregates', *Soil science*, vol. 147, no. 1, pp. 47-54.
- Ramírez, JL, Verdecia, D & Leonard, I 2008, 'Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum* Cuba CT 169 en un suelo pluvisol', *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, vol. 9, no. 5, pp. 1-10.
- Ramos-Trejo, O, Canul-Solis, JR & Duarte-Vera, FJ 2013, 'Producción de tres variedades de *Pennisetum purpureum* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán, México', *Revista Bio Ciencias*, vol. 2, no. 2.
- Retta, SF, Sidari, M, Nardi, S & Cacco, G 1994, 'Effect of the low molecular size (LMS) humic fraction on differentiation processes in leaf explants'.
- Robles, M & Adolfo, K 2011, 'Comparación productiva y nutricional de napier morado (*Pennisetum purpureum* cv. morado) y Maralfalfa (*Pennisetum purpureum* cv. Maralfalfa) bajo riego, durante la época seca en la región de Chiquimulilla, departamento de Santa Rosa'.
- Swedlund, B & Vasil, IK 1985, 'Cytogenetic characterization of embryogenic callus and regenerated plants of *Pennisetum americanum* (L.) K. Schum', *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 69, no. 5-6, pp. 575-81.
- Vaughan, D & Linehan, DJ 1976, 'The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions', *Plant and Soil*, vol. 44, no. 2, pp. 445-9.
- Vaughan, D & Ord, BG 1981, 'Uptake and incorporation of ¹⁴C-labelled soil organic matter by roots of *Pisum sativum* L', *Journal of Experimental Botany*, vol. 32, no. 4, pp. 679-87.
- Vilela, H 2004, 'Silagem de gramínea (capim) tropical', [http: www.zootecnia.com.Br/forragicultura/silagemdegramínea.html](http://www.zootecnia.com.br/forragicultura/silagemdegramínea.html). Acceso em: Acceso em, vol. 19, no. 5, p. 2005.
- Wangchuk, K, Rai, K, Nirola, H, Dendup, C & Mongar, D 2015, 'Forage growth, yield and quality responses of Napier hybrid grass cultivars to three cutting intervals in the Himalayan foothills', *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, vol. 3, no. 3, pp. 142-50.
- Wencomo, HB & Lugo, Y 2013, 'Rendimiento de materia seca y otros componentes en *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con el uso del Liplant', *Pastos y forrajes*, vol. 36, no. 1, pp. 43-9.