

Composición química y digestibilidad *in situ* del ensilaje de cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* obtenido mediante la técnica de minisilos

Chemistry composition and *in situ* digestibility silages obtained from four *Pennisetum purpureum* varieties through the minisilos technique

Luis David Catota-Gómez^{1,2}, Juan Carlos Martínez-González^{1*}, José Moisés Castro-Espinvera², Sandra Elizabeth López-Sampedro³, Marco Vinicio Acosta-Jacome² y Eugenia Guadalupe Cienfuegos-Rivas^{1,2}

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias. Tamaulipas, México. *Correo electrónico: jmartinez@uat.edu.mx. ²Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador. ³Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

RESUMEN

En la presente investigación se analizó la composición química y digestibilidad *in situ* del ensilado de cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* (cv. Camerún, King Grass, Maralfalfa y Elefante). Las variedades fueron sembradas en la Granja Experimental "El Oasis" de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Sede Santo Domingo en Ecuador; el material fue cosechado a 75 días de rebrote, para luego proceder a ensilar en tanques de plástico (200 l). Después de 28 días se realizaron los análisis químicos Proximal, Van Soest y la digestibilidad *in situ* (por 48 h), los datos fueron analizados mediante un diseño de bloques completos al azar y tres repeticiones. Las variedades no mostraron diferencias ($P>0,05$) en cuanto a los porcentajes de los nutrientes del análisis proximal, excepto para lignina ($P<0,05$) con valores para Camerún de 7,4; Maralfalfa 6,6; King Grass 6,6 y Elefante de 8,2%. La media general para proteína cruda fue de 5,1; fibra cruda 45,9; fibra detergente neutra 73,2 y fibra detergente ácida de 52,2%; siendo el porcentaje de digestibilidad para Camerún, Maralfalfa, King Grass y Elefante ($P>0,05$) de 52,3; 54,5; 51,8 y 50,4%, respectivamente. Se concluye que las cuatro variedades de *P. purpureum* son similares en cuanto a las características nutrimentales, excepto para la concentración de lignina.

Palabras clave: Calidad nutrimental, pastos de corte.

ABSTRACT

In this research, the chemistry composition and *in situ* digestibility silage of four *Pennisetum purpureum* varieties (cv. Cameroon, King Grass, Maralfalfa and Elephant) was analyzed. The forages were planted at the Experimental Station "The Oasis" at the Universidad Tecnológica Equinoccial campus Santo Domingo in Ecuador; the materials were harvested at 75 days regrowth, and then proceed to silage in plastic tanks (200 l). After 28 days the chemical analysis Proximal, Van Soest and *in situ* digestibility (48 h) were performed, data were analyzed using a completely randomized blocks design with three repetitions. The percentages of the nutrients were not significantly different ($P>0.05$) between varieties, except for lignin ($P<0.05$), with values 7.4; 6.6; 6.6 and 8.2%, for Cameroon, Maralfalfa, King Grass and Elephant respectively. The general averages for crude protein was 5.1; crude fiber 45.9; neutral detergent fiber 73.2 and acid detergent fiber 52.2%. The digestibility was not significant ($P>0.05$) for Cameroon, Maralfalfa, King Grass and Elephant (52.3; 54.5; 51.8 and 50.4%). It concludes that the four varieties of *P. purpureum* are similar about the nutritive characteristics, except for the lignin concentration.

Key words: Nutritional quality, cutting grasses.

INTRODUCCIÓN

Las gramíneas constituyen el 20% de la biomasa vegetal en el mundo (Hernández y García, 2008) y se encuentran presentes en casi todos los ecosistemas terrestres (Herrera y Cortés, 2009); constituyen el principal alimento y fuente de energía para los rumiantes y fauna silvestre (Aguado *et al.*, 2004). Dentro de las gramíneas, el género *Pennisetum* es muy utilizado en las regiones tropicales como forraje de corte para la alimentación del ganado, por el alto volumen de producción de biomasa. Sin embargo, el crecimiento de estos pastos es estacional, con abundancia de producción durante la época lluviosa que puede ser conservado por medio de ensilajes y así almacenar y disponer de la biomasa para la alimentación animal en las temporadas en que los cultivos reducen su producción, debido a condiciones climáticas adversas (Zambrano *et al.*, 2008).

El ensilaje consiste en la preservación de los pastos mediante una fermentación natural en condiciones anaeróbicas (Cárdenas *et al.*, 2003), es también una de las estrategias de conservación de las plantas forrajeras más utilizadas en los sistemas de producción. Sin embargo, pequeños productores en las regiones tropicales confrontan el exceso de humedad durante los procesos de ensilaje; lo que puede resolverse mediante el uso de minisilos, en tanques de plástico con capacidad de 200 l. Éstos pueden elaborarse manualmente y producir forraje ensilado de alta calidad por ser una tecnología eficiente de bajo impacto ambiental (Guevara *et al.*, 2009).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar la composición química, los componentes de la fibra y la digestibilidad *in situ* del ensilaje de cuatro variedades de gramíneas del género *Pennisetum purpureum* (cv. Camerún, King Grass, Maralfalfa y Elefante), obtenido mediante la técnica de minisilos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la Granja Experimental "El Oasis", propiedad de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), Sede Santo Domingo de los Tsáchilas en Ecuador. La Granja se encuentra localizada a 0° 13,29' de latitud sur, 79° 15,83' de longitud

oeste y a 416 m.s.n.m. El clima prevaleciente se caracteriza por una temperatura media anual de 23,5°C y precipitación anual de 2700 mm. Los suelos se forman sobre depósitos de ceniza volcánica y son clasificados como Andisoles, con un pH: 5,9 medianamente ácido y 2.2% de materia orgánica (Miranda, 2010).

Las distintas variedades de pasto fueron sembradas en 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 plantas en cada surco, a una profundidad de 4 cm; se dejó un espacio de 1,0 m entre parcelas. A los 30 días se realizó una resiembra y un corte de homogenización al inicio del experimento. La materia seca fue estimada con base a trabajos previos donde se calculó que el pasto con 75 días de rebrote presentaba una humedad de aproximadamente de 25 a 30% de agua. Para los minisilos se utilizaron tanques de plástico con capacidad de 200 l y perforaciones en la base para facilitar el drenaje del líquido acumulado. La carga de los tanques se hizo en capas de pasto de 30 cm, aplastadas con prensa hidráulica a una presión de 150 a 200 lb para la eliminación de oxígeno y humedad. Una vez llenos los tanques (minisilos) se sellaron herméticamente con silicona industrial, sólo en el borde superior con plástico transparente de 2 mm y presionados con cinta de embalaje; los tanques permanecieron en posición vertical en un lugar sombreado a temperatura ambiente.

Los minisilos se abrieron a los 28 días de su elaboración. Los análisis Proximal (AOAC, 1990) y Van Soest (1994) se realizaron en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Escuela de Ingeniería Zootécnica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Ecuador. Las muestras se colocaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C, hasta obtener la materia seca a peso constante. Seguidamente, se molieron en un molino con criba de 2 mm, con el objeto de almacenarlas en fundas herméticamente cerradas para su posterior análisis en laboratorio.

La determinación del porcentaje de la digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) se realizó dentro del campo experimental Tunshi ubicado en la parroquia Licto Riobamba, de la Escuela de Ingeniería Zootécnica (ESPOCH); para éste estudio se utilizaron tres vacas de

la raza Holstein con un peso promedio de 560±23 kg provistas con cánula ruminal. La estimación del porcentaje de digestibilidad (Eq 1) se realizó a través de la técnica *in situ*, cada muestra fue colocada en bolsas de dacrón e insertadas en el rumen por 48 hr, posteriormente se realizó la digestión química con pepsina en el Laboratorio de Nutrición Animal en la ESPOCH, para determinar la digestibilidad de los ensilajes provenientes de los pastos evaluados (Vanzant *et al.*, 1998).

$$\text{DISMS} = \frac{\text{MS INICIAL} - \text{MS RESIDUAL}}{\text{MS INICIAL}} \times 100$$

Eq 1)

Donde: DISMS= digestibilidad *in situ* de materia seca; MS = Materia seca.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con el factor variedad y tres repeticiones (SAS, 2001), en los casos donde existió diferencias significativas entre las variedades se utilizó la prueba de Tukey con $P < 0,05$ (SAS, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la valoración química del ensilaje de las cuatro variedades de la especie *P. purpureum* (cv. Camerún, King Grass, Maralfalfa y Elefante), se muestran en el Cuadro. Se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$)

para la lignina ácida detergente (LAD) cuyo mayor contenido lo presentó la variedad Elefante. Los valores detectados en este estudio fueron superiores a los reportados por Rodrigues *et al.* (2007) quienes al evaluar el efecto del ensilaje de pasto Elefante (*P. purpureum*) encontraron 4,87% de LAD a los 80 días de corte. En otra investigación con ensilaje de pasto Elefante (*P. purpureum*) se encontró 8,31% de LAD a los 70 días de corte (Ferrari y Lavezzo, 2001).

Estos resultados pueden ser causados por la relación existente entre los procesos de lignificación de la pared celular de las plantas, con el incremento de la proporción de los tallos y senescencia de las hojas (Herrera *et al.*, 1994), misma situación se ha observado en las leguminosas (Castillo-Gallegos *et al.*, 2013).

Con relación a la proteína cruda (PC), se encontró un valor promedio de 5,09%, sin diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las variedades. Este valor es similar a los reportados en la literatura consultada (Carvalho *et al.*, 2010; Monteiro *et al.*, 2011; Tavares *et al.*, 2011). Sin embargo, Cárdenas *et al.* (2003) en México y Rodrigues *et al.* (2007) en Brasil encontraron que el ensilaje de *P. purpureum* con la inclusión de pulpa de cítricos presentaba un 7,2 y 9,0% de PC, respectivamente. Los resultados de extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN) probablemente se debieron a

Cuadro. Variables de calidad del ensilaje de cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* (cv. Camerún, King Grass, Maralfalfa y Elefante).

Variables Calidad	Camerún	Maralfalfa	King Grass	Elefante	Media General ± DE
Cenizas (%)	14,20	13,12	13,69	12,43	13,36 ± 0,76
Extracto etéreo (%)	2,07	1,90	2,14	2,01	2,03 ± 0,10
Proteína cruda (%)	5,45	4,83	5,44	4,64	5,09 ± 0,42
Fibra cruda (%)	46,21	47,00	43,21	47,05	45,87 ± 1,81
Extracto libre de nitrógeno (%)	32,08	33,15	35,53	33,88	33,66 ± 1,45
Energía kcal [100 g] ⁻¹	397,60	400,90	399,10	404,20	400,45 ± 2,84
Fibra neutro detergente (%)	72,73	73,32	72,52	74,17	73,19 ± 0,74
Fibra ácida detergente (%)	52,17	51,57	51,16	53,92	52,21 ± 1,22
Lignina (%)*	7,40 ^{ab}	6,59 ^b	6,60 ^b	8,23 ^a	7,21 ± 0,42

*Literales diferentes dentro de hilera muestran diferencias significativas, Tukey ($P < 0,05$).

que todas las variedades fueron cortadas a la misma edad de rebrote (75 días) y la preparación de los ensilajes fue bajo las mismas condiciones.

Por otro lado, la fibra cruda (FC) mostró un promedio de 45,9% (Cuadro) sin diferencias significativas ($P>0,05$), entre las cuatro variedades de *Pennisetum*. Los resultados de FC reportados en estudios anteriores son variables y parecen depender del tratamiento aplicado al pasto. En el caso de la variedad Maralfalfa, se observaron valores de FC de 41,5% para muestras que recibieron fertilización, éstas fueron cortadas a los 60 días y no se sometieron a procesos de ensilaje (Ramírez y Pérez, 2006).

En muestras de la variedad Elefante de 70 días, ensilado con adición de yuca (*Manihot esculenta*), el valor de FC reportado fue de 38,7% (Ferrari y Lavezzo, 2001). Del mismo modo, Zambrano *et al.* (2008) reportaron valores de 30,9% de FC en la variedad King Grass fresco, ensilado con *Leucaena leucocephala*. El comportamiento de la FC se puede explicar por los cambios en la composición morfológica de la planta, la disminución de las hojas (senescencia) y el aumento de los carbohidratos estructurales con el avance de la edad fisiológica (Zemmelink y Mannelje, 2002).

Con respecto a la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) no se encontraron diferencias significativas ($P>0,05$), entre variedades (Cuadro); estudios realizados en Brasil con el pasto *P. purpureum* cv. Elefante con la ayuda de diferentes aditivos (Ferrari y Lavezzo, 2001; Souza *et al.*, 2003) reportaron valores de 74,1% para FDN y 47,6% para FDA. Por otro lado, se detectaron valores para FDN y FDA de 65,8 y 41,1%, respectivamente, en *P. purpureum* cv. Elefante, adicionado de productos alternativos (Monteiro *et al.*, 2011).

De igual modo, Carvalho *et al.* (2010) evaluaron la digestibilidad aparente del pasto Elefante ensilado con diferentes aditivos y encontraron valores de 78,9% para FDN y 46,7% para FAD.

La media de digestibilidad *in situ* del ensilaje de las cuatro variedades de *Pennisetum* fue de 52,3% sin diferencias estadísticas ($P>0,05$) debidas a la variedad (Figura).

Los valores detectados en este estudio fueron menores a los indicados por Zambrano *et al.* (2008) quienes reportaron una digestibilidad del pasto King Grass (*P. purpureum*) fresco ensilado con *Leucaena leucocephala* de 62,2%. Así como, Cárdenas *et al.* (2003) reportaron 63,9% de digestibilidad en el ensilaje de *Pennisetum*.

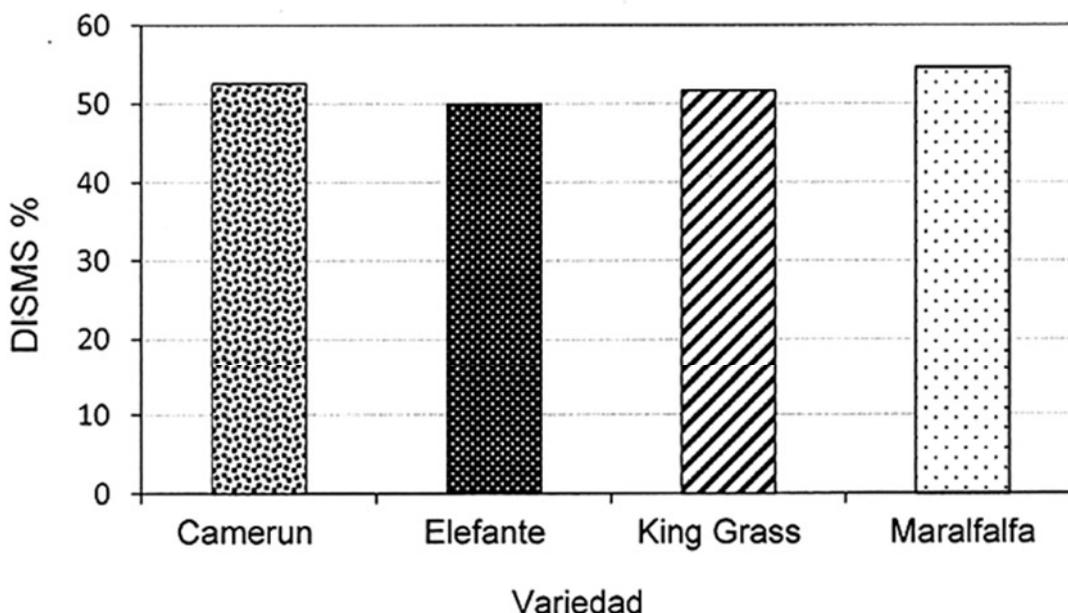


Figura. Porcentaje de digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) de ensilajes de cuatro variedades de *Pennisetum purpureum*.

CONCLUSIONES

Los ensilajes de variedades de *Pennisetum purpureum* no mostraron diferencias en cuanto a las características nutrimentales; excepto el ensilaje de la variedad Elefante, el cual presentó la mayor concentración de lignina. La digestibilidad *in situ* no fue afectada por la variedad del *P. purpureum*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE) en Ecuador por la financiación para llevar a cabo esta investigación, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) en Ecuador por el apoyo técnico en el Laboratorio de Nutrición Animal y a la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) en México.

LITERATURA CITADA

- Aguado, G. A., Q. Rascón, J. L. Pons, O. Grageda y E. García. 2004. Manejo biotecnológico de gramíneas forrajeras. *Rev. Mex. Cien. Pecu.* 42(2):261-276.
- AOAC. Official Methods of Analysis. 1990. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, USA. 771 p.
- Cárdenas, J. V., C. A. Sandoval y F. J. Solorio. 2003. Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Rev. Mex. Cien. Pecu.* 41(3):283-294.
- Carvalho Junior, J. N., A. J. V Pires, C. M. Veloso, F. F. Silva, R. A. Reis e G. G. P. Carvalho. 2010. Digestibilidade aparente da dieta com capim-elefante ensilado com diferentes aditivos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62(4):889-897.
- Castillo-Gallegos, E., J. G. Estrada-Flores, B. Valles-de la Mora, O. A. Castelán-Ortega, E. Ocaña-Zavaleta y J. Jarillo-Rodríguez. 2013. Rendimiento total de materia seca y calidad nutritiva de hojas y tallos jóvenes de cuatro accesiones de *Cratylia argentea* en el trópico húmedo de Veracruz, México. *Avance en Investigación Agropecuaria (AIA).* 17(1):79-93.
- Ferrari, JR. E e W. Lavezzo. 2001. Qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurcheado ou acrescido de farelo de mandioca. *Rev. Bras. Zootec.* 30(5):1424-1431.
- Guevara, E., M. J. Villamide, I. Rodríguez, J. L. Gil y C. Blanco. 2009. Minisilos de gramíneas y leguminosas una alternativa para la alimentación de pequeños rumiantes. *INIA Divulga* 14:2-7. Instituto Nacional de Investigadores Agrícolas (INIA). Venezuela.
- Hernández, J. E y E. García. 2008. Las Gramíneas en Al-Andaluz. p 237-283. **En:** La transformación del paisaje agrícola peninsular del Medioevo al Renacimiento: plantas ornamentales y hortenses. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España).
- Herrera, A. y A. O. Cortés. 2009. Diversidad de las gramíneas de Durango, México. *Polibotánica* 28:49-68.
- Herrera, R., R. Cruz y O. Martínez. 1994. Estudio de mutantes de King Grass (*Pennisetum purpureum*) obtenidos mediante técnicas nucleares y mutágenos químicos. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 28(2):239-247.
- Miranda, K. 2010. Agenda zonal para el buen vivir, propuestas de desarrollo y lineamientos para el ordenamiento territorial. Monsalve Moreno. Ecuador. 95 p.
- Monteiro, I. J. G., J. G. Abreu, L. D. S. Cabral, M. D. Ribeiro e R. H. P. Reis. 2011. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. *Acta Scientiarum Anim. Sci.* 33(4):347-352.
- Ramírez, Y. e J. Pérez. 2006. Efecto de la edad de corte sobre el rendimiento y composición química delo pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*). *Rev. Unell. CiencTec.* 24:57-62.
- Rodrigues, P. H. M., J. R. Lobo, E. D. Silva, L. F. O. Borges, P. M. Meyer e J. Demarchi. 2007. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de

- capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). R. Bras. Zootec. 36(6):1751-1760.
- SAS. 2001. User's Guide Statistics. Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Souza, A. D., F. S. Bernardino, R. García, O. G. Pereira, F. C. Rocha e A. J. V. Pires. 2003. Valor nutritivo de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com diferentes níveis de casca de café. R. Bras. Zootec. 32(4):828-833.
- Tavares, V. B., J. C. Pinto, A. F. Barcelos, J. Augusto, A. V. Muniz e J. R. de Carvalho. 2011. Efeitos da adição de batata na silagem de capim-elefante sobre o consumo e a produção de vacas leiteiras. R. Bras. Zootec. 40(12):2706-2712.
- Van Soest, P. 1994. Nutrition ecology of the ruminant. Second Edition. Cornell University Press. 488 p.
- Vanzant, E. S., R. C. Cochran and E. C. Titgemeyer. 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. J. Anim. Sci. 76(10):2717-2729.
- Zambrano, C., D. Sánchez y J. Uzcátegui. 2008. Consumo y digestibilidad de Pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*) Fresco y ensilado con *Leucaena leucocephala* en ovinos en crecimiento. Rev. Unell. Cienc. Tec. 24:77-82.
- Zemmelink, G. and L. Marnette. 2002. Value for animal production (VAP): a new criterion for tropical forage evaluation. Anim. Feed Sci. Techn. 96(1):31-42.