

Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de ensilaje mixto con *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-169: *Moringa oleifera*

Evaluation of the chemical composition and *in situ* ruminal degradability of mixed silage with *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169: *Moringa oleifera*

Delfín Gutiérrez,* Enner Borjas Rojas, Rafael Rodríguez Hernández, Zoraya Rodríguez, René Stuart y Lucía Sarduy

Instituto de Ciencia Animal (ICA)
Apartado Postal 24
San José de las Lajas, La Habana, Cuba.
*Correspondencia: delfin@ica.co.cu

Resumen

Con el objetivo de evaluar la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca (MS) en ensilaje mixto del tipo presecado con la inclusión del *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-169 y forraje arbóreo de *Moringa oleifera* cv Supergenius, se realizó este estudio. Para su desarrollo, se utilizaron microsilos construidos con tubos de PVC. Los tratamientos se distribuyeron al azar, constituidos por tres combinaciones de *Pennisetum:Moringa* (80:20, 60:40, 40:60 %/peso base húmeda (BH⁻¹)), dos microsilos con el 100% de los forrajes utilizados y 10 repeticiones por tratamiento. Finalizado el período de fermentación (62 d), se determinó la composición química (MS, MO, PB, FDN, ceniza) y degradabilidad ruminal *in situ* de la MS. Los resultados presentaron variaciones conforme a la participación creciente

Abstract

This study was carried out in order to evaluate the chemical composition and *in situ* ruminal degradability of dry matter in mixed pre-dried silages with the inclusion of *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-169 and tree forage of *Moringa oleifera* cv Supergenius. For the development of this study, micro-silos built from PVC pipes were used. The treatments were distributed completely at random, formed by three combinations of *Pennisetum:Moringa* (80:20, 60:40, 40: 60 % / HB weight), two microsilos with 100% of the used forage, and ten repetitions per treatment. After the fermentation period (62 d), chemical composition (DM, OM, CP, NDF, ash) and *in situ* ruminal degradability of DM were determined. The results of the chemical composition and ruminal degradation of DM showed variations in accordance with the

de la moringa en el ensilaje; en lo que respecta a la concentración de PB la combinación con 60% moringa logró el mejor valor (19.47%, $P < 0.0001$) y menor de FDN (55.98%, $P < 0.0001$). Los parámetros (a, b, a+b) generados por el modelo matemático de degradación indicaron efectos significativos ($P < 0.0001$), donde el 60% de moringa en la mezcla mixta alcanza el valor más elevado de degradación de la MS (69.79%), sólo superado por 100% moringa (71.21%). Se concluye que la combinación de *Pennisetum:Moringa* (40:60%) de en ensilaje mixto, mejoró el valor nutritivo de la mezcla en lo referente a la concentración PB, disminución de la FDN y alta degradación de la materia seca; práctica que indica una opción viable de conservación para forrajes arbóreos combinado con gramíneas tropicales.

Palabras clave

Ensilaje, degradabilidad ruminal, presecado.

increased involvement of Moringa in the silages, regarding the concentration of CP, although the level with 60% of Moringa reaches the highest value of CP (19.47%, $P < 0.0001$) and the lowest of NDF (55.98%, $P < 0.0001$). The parameters (a, b, a+b) generated by the mathematical model of degradation indicate significant effects ($P < 0.0001$) and where the 60% of Moringa in the mixture reaches the highest value of DM degradation (69.79%), only surpassed by 100% of Moringa (71.21%). It can be concluded that the combination of *Pennisetum:Moringa* (40:60%) in mixed silage improves the nutritional value of the mixture regarding CP concentration, decrease of NDF and high degradation of DM. This indicates a viable option of conservation for tree forage combined with tropical grasses.

Key words

Silage, ruminal degradability, pre-dried.

Introducción

Por su naturaleza como potencial forrajero y distribución natural, muchas especies arbóreas y arbustivas en condiciones tropicales son utilizadas como componentes multipropósito (Toral, 2005). Recurso que implica ventajas en la alimentación ganadera y que constituye una opción necesaria a desarrollar en el presente y futuro de la región tropical. Su biomasa es utilizada en pastoreo, corte y acarreo en numerosas prácticas de producción ganaderas y en especies de rumiantes; además de constituir la base de numerosos protocolos y acciones específicas de centros de investigación. El forraje de arbóreas es utilizado en los sistemas de alimentación siempre con la óptica de lograr rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas, en armonía con el medio ambiente; elementos que justifican su aplicación tecnológica tanto en la región tropical como a nivel nacional, y como forma de disminuir dependencia de fuentes foráneas de alimentos destinados a cubrir requerimientos de los animales (Ojeda *et al.*, 2006).

En correspondencia con lo anterior, se plantea por numerosos investigadores (Hernández *et al.*, 1998; Suárez *et al.*, 2011), que existen árboles caducifolios que pierden sus hojas ya sea por la floración o por la época del año; por lo que es conveniente aprovechar esta biomasa producida y evitar, mediante el corte, la caducidad de las hojas; lo que permite disponer de forraje conservado y rebrotes durante la época de seca.

Esta problemática no está resuelta, y —según lo planteado por Ojeda *et al.* (2006)— existe en la actualidad una tendencia a dejar perder parte del potencial productivo de

estos sistemas agroforestales, aun cuando se conocen tecnologías apropiadas capaces de enmendar la situación. Una forma de conservación del material con calidad, sería la producción de ensilajes mixtos con base de gramíneas tropicales y plantas arbóreas, material que permitiría incrementar el contenido de nutrientes, aprovechar la fermentabilidad y el volumen producido de masa verde por las gramíneas (Francisco *et al.*, 1998).

Por ello, el objetivo de este estudio consiste en caracterizar la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca, en ensilaje mixto presecado producido con los forrajes *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-169: *Moringa oleífera* cv Supergenius.

Materiales y métodos

Localización: El trabajo se desarrolló durante 2012 (abril-mayo), en el Departamento de Manejo y Alimentación de Rumiantes, perteneciente al Instituto de Ciencia Animal (ICA), municipio de San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba. El mismo se encuentra ubicado entre el 22° 58' latitud norte y los 82° 02' longitud oeste y a 80 m sobre el nivel del mar.

Especies cosechadas: las plantas forrajeras utilizadas fueron *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-169: *Moringa oleífera* cv Supergenius, de 20 y 45 días edad, respectivamente; plantas cultivadas en las áreas forrajeras de la finca "El Canal", perteneciente a la CCSF "José Antonio Echeverría" y rancho Magayal, el cual pertenece a la empresa para la protección de la flora y la fauna; ubicados en el municipio Cacocum, provincia Holguín.

Procedimiento experimental: organizados mediante un diseño totalmente aleatorizado, se utilizaron tres combinaciones de *Pennisetum: moringa* (80:20, 60:40, 40:60 %/peso BH), dos microsilos con el 100% de los forrajes utilizados y diez repeticiones por tratamiento.

Elaboración del ensilaje: la totalidad de los forrajes fueron cosechados de forma manual, acarreados y troceados en un molino forrajero (marca JF-50, Brasil) hasta alcanzar tamaño de partícula de 2–3 cm, material que se tendió al sol en una superficie plana, con escurrimiento hasta lograr disminuir la humedad para aproximarse al 30 % de MS (9 horas) (Michelena y Molina, 1990), momento en que se inició la elaboración de los microsilos, según la metodología propuesta por Reyes *et al.* (2008).

Las diferentes combinaciones de forrajes, una vez mezcladas, se introdujeron por capas y compactadas para expulsar el aire, utilizando para ello un pisón. También se usaron microsilos elaborados en tubos de PVC (24 x10 cm), y con capacidad para 450 g de masa verde. Finalizado el proceso de llenado de cada microsililo, se tapó y se selló herméticamente con una tapa y cinta de seguridad (para evitar la entrada de aire) y se almacenó en un local fuera del alcance de roedores y otras fuentes de peligro.

Concluido el tiempo prefijado de fermentación (62 días posteriores a su elaboración), se procedió a abrir los silos, pesar el producto final y determinar el aporte de materia seca, momento seleccionado para extraer una muestra aleatoria de aproximadamente 180 g de cada microsililo, para determinar análisis de laboratorio.

Indicadores químicos: a las muestras del material original y ensilado se les realizó análisis químico proximal. Para la materia seca, la muestra se mantuvo en una estufa a 60°C

durante 48 horas, hasta alcanzar un peso constante. La proteína bruta se estimó por el método de Kjeldahl (AOAC, 2005), la fibra en detergente neutra (FDN) se utilizó en una solución neutro detergente (Goering y Van Soest, 1970). La totalidad de los análisis se realizaron en los Laboratorios de Servicios Analíticos del ICA (LASAICA) (cuadro 1).

Cuadro 1
Valores medios de la composición química (% MS) del material empleado.

<i>Planta</i>	<i>MS (%)</i>	<i>PB (%) (N x 6.25)</i>	<i>FDN %</i>	<i>Cenizas %</i>
<i>Pennisetum purpureum</i>	17.22	8.98	62.20	nd
<i>Moringa oleífera</i>	19.42	22.78	52.65	15.21

MS=Materia seca; PB= Proteína bruta; FB=Fibra en detergente neutra; nd = no se determinó.

Método de degradación ruminal: se utilizó la técnica de bolsas de nylon (Mehrez y Ørskov, 1977), mientras que los parámetros de degradación *in situ* se estimaron con el modelo propuesto por Ørskov y McDonald (1979) modificado por McDonald (1981). Se utilizaron un total de 120 bolsas de dacrón (17 x 4 cm), porosidad de 50 μm , con 5 g del material ensilado molido (2 mm), incubadas en rumen por duplicado y en el orden inverso al tiempo de incubación (72, 48, 24, 16, 8, 0 h), para ser retiradas todas en una sola ocasión (Nocek y Russell, 1988).

Para ello, se utilizó una hembra bovina (Holstein x Cebú), fistulada en rumen, peso vivo 475 kg y alojada en un cubículo individual, la que se alimentó con forraje de gramíneas *ad libitum* y concentrado comercial vacuno que contenía 65% trigo, 30% soya, 2.40% de Zeolita, 1% sal común, 1% sales minerales, 0.60% de fosfato, el cual se ofertó a razón de 6 g kg.PV⁻¹ y en una sola ocasión (08:30 horas).

Análisis estadístico: a los resultados alcanzados se le realizó ANOVA; y, en caso necesario, para establecer diferencia entre medias dócima de Duncan (1955) para un nivel de significación ($P < 0.05$). La totalidad de los datos se procesaron a través del paquete estadístico INFOSTAT (Balzarini *et al.*, 2012); mientras que para determinar ajuste de los parámetros del modelo y criterios estadísticos, se utilizó el programa NEWAY v-5 WINDOWS® (Chen, 1997).

Resultados

La composición química de los ensilajes mixtos (*Pennisetum:Moringa*), con respecto al control (100% *P. purpureum*) mostró valores bajos y diferentes estadísticamente ($P < 0.0001$) en lo que respecta a la concentración de la MS; así como un crecimiento significativo ($P < 0.0001$) en el contenido de proteína conforme se incrementó la proporción de moringa en la mezcla, aunque dentro de las mezclas mixtas el 60% de inclusión de moringa alcanzó el valor más alto, similar comportamiento ocurrió con la materia orgánica; mientras que la FDN y ceniza disminuyeron (cuadro 2).

Cuadro 2
Composición química (% MS) de los microsilos elaborados
a base diferentes niveles de *Pennisetum purpureum*: *Moringa oleífera*.

<i>Proporción Pennisetum:Moringa</i>	<i>MS, %</i>	<i>PB, %</i>	<i>FDN, %</i>	<i>C, %</i>	<i>MO, %</i>
100 % <i>Pennisetum</i>	31.98 ^b	13.66 ^a	68.15 ^c	21.33 ^b	78.66 ^{ab}
80:20	27.70 ^a	17.29 ^b	60.46 ^b	21.22 ^b	78.80 ^b
60:40	27.28 ^a	18.52 ^c	55.41 ^a	21.74 ^b	78.19 ^a
40:60	27.76 ^a	19.47 ^d	55.98 ^a	19.82 ^a	80.39 ^c
100 % <i>Moringa</i>	26.60 ^a	20.71 ^e	59.99 ^b	19.66 ^a	80.33 ^c
± EE	0.57	0.20	0.64	0.21	0.18
Sign.	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Letras diferentes en la misma columna difieren para Duncan $P < 0.05$; ± Error estándar.

MS=Materia seca; PC= Proteína bruta; FDN=Fibra en detergente neutro; C= ceniza; MO= materia orgánica.

Adicionalmente, el análisis de varianza de la degradabilidad ruminal de la MS, de forma general, arrojó que la participación progresiva de la moringa en la mezcla provocó efectos significativos ($P < 0.0001$) sobre los parámetros (a, b, a+b) generados por el modelo; aunque los valores promedios más altos de la fracción (b) y degradabilidad potencial (a+b) se presentan con el 60% de moringa en la mezcla, sólo separado por el 100% moringa ensilada.

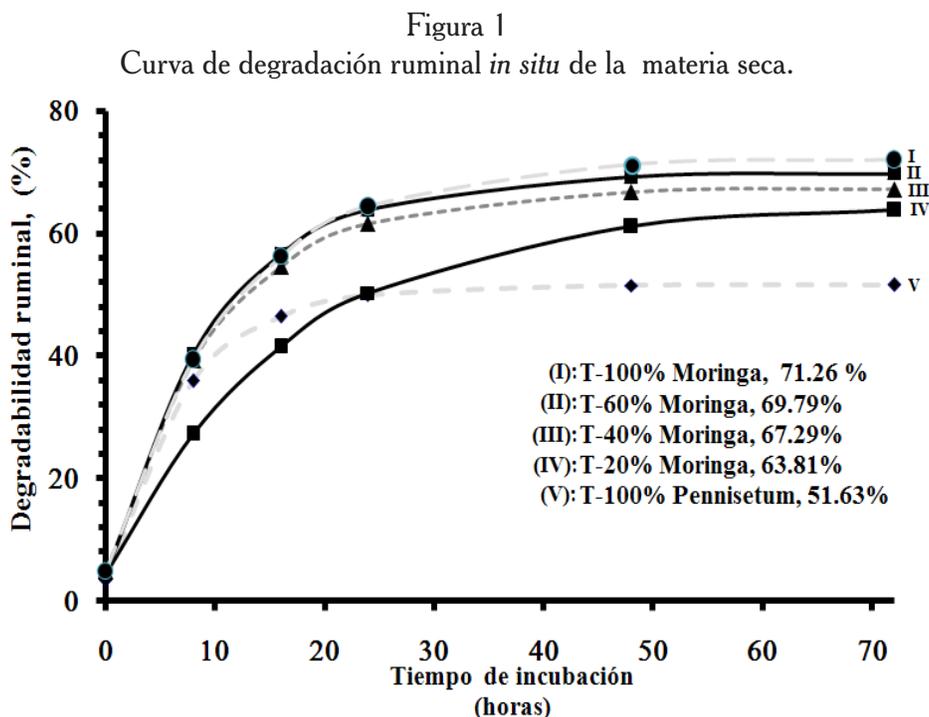
Por su parte, la degradabilidad efectiva tuvo una tendencia similar en los ensilados de moringa, con valores que oscilaron desde 83.30, 80.45, 78.34 y 78.87%, según niveles de inclusión (20, 40, 60, 100%) de la arbórea, respectivamente (cuadro 3). También se encontró que durante la dinámica de degradación ruminal de la MS pasadas las 48 horas de incubación, los ensilados con participación de moringa presentaron una tendencia a la estabilización, y donde el 60% de moringa en la mezcla mixta, a las 72 h, alcanza el valor más elevado de degradación de la MS (69.79%), sólo superado por el 100% de moringa (71.21%) (figura 1).

Cuadro 3
Indicadores de degradación ruminal de la materia seca.

Tratamientos	a, %	b, %	a+b, %	DE, $k=0.02$
100 % Pennisetum	3.46 ^a	48.17 ^a	51.41 ^a	53.10 ^a
80 % Pennisetum: 20 % Moringa	4.40 ^b	60.21 ^b	64.60 ^b	83.30 ^b
60 % Pennisetum: 40 % Moringa	4.80 ^c	62.51 ^c	67.30 ^c	80.41 ^b
40 % Pennisetum: 60 % Moringa	4.39 ^b	65.45 ^d	69.82 ^d	78.34 ^b
100 % Moringa	4.89 ^c	67.27 ^e	72.06 ^e	78.87 ^b
EE±	0.08	0.29	0.33	4.96
Sign.	0.0001	0.0001	0.0001	0.0118

Letras diferentes en la misma columna difieren para Duncan $P < 0.05$; ± Error estándar.

a) Fracción soluble para $t=0$, (b) fracción insoluble pero potencialmente degradable, (a+b) fracción potencial de degradación, (DE) degradación efectiva calculada para una tasa fraccional de pasaje $0.02h^{-1}$.



Fuente: según modelo matemático propuesto por Ørskov y McDonald (1979).

Discusión

Al utilizar el contenido de materia seca, como indicador controlador de la calidad del proceso fermentativo (Vallejo, 1995), los valores obtenidos en este estudio sobrepasan el 25% de lo señalado por McDonald (1981), Boschini y Elizondo (2003), Huertas y Polo (2007), quienes refieren a este indicador como el de mayor interacción en los procesos de preservación, por los efectos restrictivos que ejercen en el crecimiento de los microorganismos; así como que intervine en la disminución de las pérdidas por efluentes, responsable de las pérdidas por respiración, del predominio de las bacterias ácido-lácticas, estrecha relación pH óptimo (3.9) y como factor necesario para la conservación del forraje ensilado por un periodo largo, variación que confirma cambio en la concentración de la MS durante la conservación.

De modo que el material ensilado en este estudio logra la categoría de excelente para ensilaje mixto con gramíneas tropicales y arbóreas, con valores de MS alrededor del 27%, según el sistema de evaluación de calidad desarrollado en Cuba por Wernlin y Ojeda (1992).

Los valores proteicos estuvieron en correspondencia con la participación y nivel de inclusión de la arbórea en la mezcla, lo que corrobora lo enunciado por numerosos autores (Cárdenas *et al.*, 2003; Pinto *et al.*, 2010), quienes refieren que la incorporación de la arbórea mejora la calidad, incrementa los niveles de proteína, carbohidratos fermentables y la conservación.

Los valores alcanzados en este estudio superan lo informado (> 11.0% PB) por Kato *et al.* (2006) en ensilajes de maíz mezclado con *Leucaena leucocephala*, *Acacia boliviana* y en diversas proporciones con *Morus alba*, por Santana (2000), en ensilajes mixtos con leucaena y gliricidia con King grass; ambos con alrededor del 12.0% PB, Pinto *et al.* (2010) en mezclas del *Pennisetum purpureum* con diferentes niveles de inclusión (20, 40, 60, 80%) con la *Leucaena leucocephala* (9.4 vs. 16.0% PB), *Guazuma ulmifolia* (8.0 vs. 12.6 % PB) y *Gliricidia sepium* (9.6 vs. 15.0% PB), así como lo enunciado por Alpízar *et al.* (2014) (11.51% PB) en mezclas ensiladas con 75% de morera:sorgo, y Gutiérrez *et al.* (2014) en ensilajes con *Tithonia diversifolia*: *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169 de 8.0, 11.0, 14.0 y 17.0% PB, para niveles de inclusión del 20, 40, 60 y 80% de *Tithonia* en la mezcla, respectivamente.

Incluso, superiores a lo logrado por Mendieta-Araica *et al.* (2009) y Rodríguez (2010), al utilizar la planta entera de moringa, y sólo el follaje (hojas y tallos tiernos), con concentraciones promedio de 144 g kg⁻¹ MS. Lo alcanzado parece estar asociado con un aumento de la solubilidad de la pared celular, mayor disponibilidad de nutrientes (compuestos nitrogenados, energía), elementos que favorecen la proteólisis como resultado del incremento de la actividad enzimática de los microorganismo.

Este aumento en los valores de PB también pudo estar ligado al tipo de ensilaje (pre-secado), práctica de conservación que contribuye al incremento de la concentración del nitrógeno amoniacal y carbohidratos solubles; además de reducir la desaminación de los aminoácidos, elementos indispensables para lograr el éxito en los ensilajes (Michelena *et al.*, 2002; Ruiz *et al.*, 2009).

Las características de la cinética de degradación ruminal de la MS, en este estudio, mostró valores bajos para la fracción (a), la que pudiera atribuirse (aunque no determinadas), por las diferencias en el contenido de carbohidratos solubles o no estructurales de las mezcla (Pulido y Leaver, 2000); sin embargo, es necesario destacar que los valores máximos de degradación potencial en los ensilajes con participación de moringa, resultan similares a los valores reportados por Gutiérrez *et al.* (2013), de 65.10% con la planta sola, y edad similar a la de este estudio (60 días); lo que afirma que esta especie posee una pared celular que se degradan rápidamente, que puede ser utilizada por los microorganismos ruminales durante la digestión como fuente proteica y energética, y que los factores anti-nutricionales de la moringa no deben ser considerados de importancia como para afectar su digestibilidad (Reyes, 2004).

De igual modo, se observó que la dinámica de degradación ruminal parece corresponderse con la composición química de las mezclas y la inclusión de moringa, referido al incremento en la concentración de proteína y menor contenido de fibra, nutrientes beneficiosos para garantizar la actividad de los microorganismos ruminales (La O *et al.*, 2006), en comparación con el ensilado de *Pennisetum* solo. Elementos que parecieron condicionar una rápida degradación y aumento progresivo de la desaparición del material durante el tiempo incubación, con valores de degradación para la MS a las 72 h, superior al 60%; valor que, según Delgado *et al.* (2002), justifica la posibilidad de utilización de estas mezclas ensiladas en rumiantes.

Es preciso señalar que a pesar de la similitud alcanzada en los resultados de degradación efectiva con la participación de la moringa en la mezcla, en general, lo logrado parece estar asociado a la calidad de los forrajes utilizados, su alta concentración de amonio en el rumen, como elemento que debió contribuir al crecimiento de las poblaciones microbiana y su actividad ruminal (Souza *et al.*, 2002).

Conclusiones

La combinación del 40% de *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-169: 60% *Moringa oleifera* cv Supergenius en ensilaje mixto, mejora el valor nutritivo de la mezcla, en lo referente a la concentración PB, disminución de la FDN y alta degradación de la materia seca; práctica que indica una opción viable de conservación para forrajes arbóreos combinado con gramíneas tropicales.

Agradecimientos

Esta investigación agradece al proyecto “Obtención de productos que incrementen la disponibilidad y eficiencia de utilización de la proteína en rumiantes alimentados con dietas fibrosas”, perteneciente al Instituto de Ciencia Animal (ICA). A Cuba, por incluir el protocolo en los estudios básicos de la línea de investigación.

Literatura citada

- Alpizar, A.; Camacho, M.I.; Sáenz, C.; Campos, M. E.; Arece, J. y Esperance, M. (2014). Efecto de la inclusión de diferentes niveles de morera (*Morus alba*) en la calidad nutricional de ensilajes de sorgo (*Sorghum alnum*). *Rev. Pastos y Forrajes*. 37(1): 55-60.
- AOAC. (2005). *Association of Official Analytical Chemistry*. International Official Methods of Analysis. 15th Ed. The Association of Official Analytical Chemists: chapter Washington. U.S.A. 684 pp.
- Balzarini, G.M.; Casanoves, F.; Di Rienzo, J.A.; González, L.A. y Robledo, C.W. (2012). *InfoStad. Software estadístico. Manual del usuario*. Versión 1. Córdoba, Argentina.
- Boschini, C. y Elizondo, J. (2003). *Curso teórico y práctico de ensilaje de forrajes*. Serie Agrotecnológica 1. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 3-29 pp.
- Cárdenas, M. J.; Sandoval, C. J. y Solorio, F. J. (2003). Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Técnica Pecuaria en México*. 41(3): 283-294.
- Chen, B. (1997). *NEWAY version 5.0. A utility for processing data of feed degradability in vitro*. Rowett Research Institute. Aberdeen, Escocia. 29 pp.
- Delgado, D.; La O, O. y Santos, Y. (2002). Determinación del valor nutritivo del follaje de dos árboles forrajeros tropicales: *Brosimum alicastrum* y *Bauhini agalpinii*. *Rev. Cubana. Ciencia Agrícola*. 36(4): 391-395.
- Duncan, D.B. (1955). Multiple range and multiple F-tests. *Biometrics. Jour. Exp. Botanic*. 11:1-42.
- Francisco, G.; Simón, L. y Soca, M. (1998). Efecto de tres alturas de corte en el rendimiento de biomasa de *Leucaena leucocephala* cv. CNIA-250. *Rev. Pastos y Forrajes*. 21(4).
- Goering, H. K. y Van Soest, P.J. (1970). *Forage Fiber Analysis*. Agricultural Handbook, US. Department of Agriculture, No. 379. Washington. USA. p. 20.
- Gutiérrez, D.; Morales, A.; Elías, A.; García-López, R. y Sarduy, L. (2014). Composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca en ensilajes mixtos *Tithonia diversifolia: Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169, inoculados con el producto biológico VITAFERT. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 48(4): 379-385.
- Gutiérrez, P.; Rocha, L.; Reyes-Sánchez, N.; Paredes, V. y Mendieta-Araica, B. (2013). Tasa de degradación ruminal de follaje de *Moringa oleifera* en vacas Reyna usando la técnica *in sacco*. *La Calera*. 12(18): 37-44.
- Hernández, I.; Benavides, J. E. y Simón, L. (1998). Manejo de defoliaciones de *Leucaena leucocephala* para la producción de forraje en el periodo seco en Cuba. Efecto de podas únicas en el rendimiento, la tasa de crecimiento y las variables gasométricas. *Rev. Pastos y Forrajes*. 21(3).
- Huertas, J. C. y Polo, E. A. (2007). Efecto de la adición morera (*Morus alba*) sobre la calidad del ensilaje de pasto *Pennisetum purpureum* OM.22. *Rev. PROMEGA. Panamá*. 4: 11.
- Kato, H.; Bareeba, F. B.; Ebong, C. y Sabiiti, E. (2006). Ensiling characteristics and milk producing capacity of browse/maize forage mixtures. *Livestock Research and Rural Development*. 18:6.
- La O, O.; Chongo, B.; Delgado, D.; Ruiz, T. y Ruiz, O. (2006). Fraccionamiento proteico y digestión de nutrientes de siratro (*Macroptilium atropurpureum*). *Rev. Cubana Ciencia Agrícola*. 40(3): 315-320.
- McDonald, I.M. (1981). A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *J. Agric. Sci.* 96(1): 251-252.
- McDonald, P. (1981). *The biochemistry of silage*. John Wiley and Sons. New York. USA. 226 pp.
- Mehrez, A. Z. y Ørskov, E. R. (1977). The use of a dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* 88(3): 645-650.
- Mendieta-Araica, B.; Spörndly, E.; Reyes-Sánchez, N. y Spörndly, R. (2009). Silage quality when *Moringa oleifera* is ensiled in mixture with Elephant grass, sugar cane molasses. *Grass and Forage Science*. 64: 364-373.
- Michelena, J. B. y Molina, A. (1990). The effect of time of sun exposure of King grass (hybrid *Pennisetum*) on silage quality. *Cuban J. Agric. Sci.*, 24(2): 219-224.
- Michelena, J. B.; Senra, A. y Fraga, C. (2002). Effect of formic acid, propionic acid and predrying on the nutritive value of king grass (*Pennisetum purpureum*), silage. *Cuban J. Agric. Sci.* 36(3): 241-346.

- Nocek, J. E. y Russell, J. B. (1988). Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy. Sci.* 71(8): 2070-2107.
- Ojeda, F.; Montejo, I. y López, O. (2006). Estudio de la calidad fermentativa de la morera y hierba de guinea ensilada en diferentes proporciones. *Revista Pastos y Forrajes.* 29(2): 1-9.
- Ørskov, E. R. y McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science.* 92(02): 499-503.
- Pinto, R.; Hernández, D.; Guevara, F.; Gómez, H.; Medina, F.; Hernández, A.; Jiménez, J.; Alfonso, E.; Mendoza, P. y Ruiz, B. (2010). Preferencia de ovinos por el ensilaje de *Pennisetum purpureum* mezclado con arbóreas forrajeras tropicales. *Livestock Research for Rural Development.* 22(6).
- Pulido, R. y Leaver, J. D. (2000). Degradabilidad ruminal del forraje disponible en la pradera y el aparentemente consumido por vacas lecheras. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira.* 35(5): 1003-1009.
- Reyes, N. (2004). *Marango: cultivo y utilización en la alimentación animal.* Guía técnica No. 5. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 23 pp.
- Reyes, N.; Mendieta, B.; Fariñas, T. y Mena, M. (2008). Elaboración de microsilos para los ejercicios de descubrimiento y experimentación en fincas. En: *Guía de suplementación alimenticia estratégica para bovinos en época de seca.* Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua, 63 pp.
- Rodríguez, R. (2010). *Estudio in vitro del valor nutritivo y de los efectos antinutricionales de cuatro leguminosas arbóreas tropicales con potencialidades como suplemento del Pennisetum purpureum (cv. CUBA CT-115).* Tesis de doctorado. Medicina Veterinaria. Zaragoza, España.
- Ruiz, B.O.; Castillo, Y.; Anchondo, A.; Rodríguez, C.; Beltrán, R.; La O, O. y Payan, J. (2009). Efectos de enzimas e inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. *Archivos de Zootecnia.* 58(222): 163-172.
- Santana, A. (2000). *Mejoramiento del valor nutritivo de los ensilajes tropicales mediante mezclas de gramíneas y leguminosas.* Tesis de doctorado. Universidad Granma. Cuba.
- Souza, M. S.; Ezequiel, J. M. B.; Júnior, P. R. y Malheiros, E. B. (2002). Efeitos de fontes nitrogenadas com distintas degradabilidades sobre o aproveitamento da fibra, do nitrogênio e do amido em Rações para Bovinos. *Rev. Bras. Zootec.* 31(5): 2139-2148.
- Suárez, R.; Mejía, J.; González, M.; García, D. E. y Perdomo, D. A. (2011). Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos. *Rev. Pastos y Forrajes.* 34(1): 69-86.
- Toral, O. (2005). La utilización del germoplasma arbóreo forrajero. En: *Silvopastoreo: un nuevo concepto del pastizal.* EEPF Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. 267 pp.
- Vallejo, M. A. (1995). *Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales.* Tesis de maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Wernlin, C. y Ojeda, F. (1992). Research methodology for silage conservation and utilization. En: *Ruminant nutrition research. Methodological guidelines.* San José, Costa Rica. Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture. 350 pp.

Recepción: 30 de julio de 2014

Envío arbitraje: 29 de septiembre de 2014

Dictamen: 21 de octubre de 2014

Aceptación: 20 de noviembre de 2015