

Artículo científico

Calidad fermentativa de ensilados de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y pulpa de cítrico (*Citrus* sp.)[▲]Fermentative quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and citrus fruit (*Citrus* sp.) pulp silage[▲]

Dariel Morales-Querol¹, Rafael Rodríguez-Hernández², Leyanis Fundora-Fernández¹, Flavia García-Sánchez¹, Félix Ojeda-García¹ y Onel López-Vigo¹

¹Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba.

²Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Correo electrónico: daniel.morales@ihatuey.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2935-7260>

Resumen

Para caracterizar la dinámica de fermentación de un ensilaje de planta entera de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con niveles de inclusión de pulpa de cítrico (*Citrus* sp.), se evaluaron como indicadores de calidad el pH, el contenido de amoníaco y la concentración de ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico). Se aplicó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos: a) 100 % sorgo, b) 75 % sorgo: 25 % pulpa; c) 50 % sorgo: 50 % pulpa, d) 25 % sorgo: 75 % pulpa). Se establecieron cuatro momentos (14, 28, 42 y 56 días) con seis repeticiones para cada uno. Los ensilajes mostraron pH entre 3,29 y 4,32. Se observó una disminución de este indicador, según aumentaba el porcentaje de pulpa en la mezcla. Los ensilajes con pulpa alcanzaron los valores más bajos de pH a los 56 días de evaluación, mientras que el de sorgo (100 %) lo logró a los 42 días. El nitrógeno amoniacal, al igual que el pH, disminuyó con la inclusión de la pulpa, y aumentó a medida que trascurrieron los momentos de evaluación, con contenidos entre 0,05 y 2,54 mg N-NH₃ 100 mL⁻¹. Con respecto a los ácidos grasos volátiles, el acético mostró las mayores concentraciones en todos los ensilajes durante el período de evaluación, con valores entre 1,7 y 17,2 mmole L⁻¹. Las cantidades de ácido propiónico y butírico fueron despreciables, y estuvieron en el orden de 0,015 y 0,33 mmole L⁻¹ para el propiónico y 0,037 y 0,004 mmole L⁻¹ para el butírico. Hubo diferencias significativas en la producción de acético y butírico entre los tratamientos a partir del día 28 de evaluación. El propiónico mostró diferencias a partir del día 42. Se concluye que los indicadores de calidad fermentativa se encuentran en el rango establecido para clasificar los ensilajes de buena calidad.

Palabras clave: ácido graso volátil, amoníaco, ensilaje, pH

Abstract

In order to characterize the fermentation dynamics of a silage of whole sorghum plant (*Sorghum bicolor* L. Moench) with inclusion levels of citrus fruit (*Citrus* sp.), pH, ammonia content and concentration of volatile fatty acids (acetic, propionic and butyric) were evaluated as quality indicators. A complete randomized design was applied with four treatments: a) 100 % sorghum, b) 75 % sorghum: 25 % pulp; c) 50 % sorghum: 50 % pulp, d) 25 % sorghum: 75 % pulp. Four moments were established (14, 28, 42 and 56 days) with six repetitions for each one. The silages showed pH between 3,29 and 4,32. A decrease of this indicator was observed, as the pulp percentage in the mixture increased. The silages with pulp reached the lowest pH values at 56 days of evaluation; while the sorghum silage (100 %) achieved them at 42 days. The ammoniacal nitrogen, just like pH, decreased with the inclusion of the pulp, and increased as the evaluation moments passed, with contents between 0,05 and 2,54 mg N-NH₃ 100 mL⁻¹. With regards to the volatile fatty acids, acetic acid showed the highest concentrations in all the silages during the evaluation period, with values between 1,7 and 17,2 mmole L⁻¹. The quantities of propionic and butyric acid were negligible, and were in the range of 0,015 and 0,33 mmole L⁻¹ for propionic and 0,004 and 0,037 mmole L⁻¹ for butyric. There were significant differences in the production of acetic and butyric acid among the treatments since day 28 of the evaluation. Propionic acid showed differences since day 42. It is concluded that the fermentation quality indicators are within the established range to classify silages as having good quality.

Keywords: volatile fatty acid, ammonia, silage, pH

[▲]Trabajo presentado en la V Convención Internacional Agrodesarrollo 2019 celebrada del 22 al 26 de octubre del 2019. Centro de Convenciones Plaza América. Varadero, Cuba.

[▲]Paper presented in the 5th International Convention Agrodesarrollo 2019 celebrated on October 22-26, 2019. Plaza America Convention Center. Varadero, Cuba

Introducción

En el trópico, la alimentación de los rumiantes se basa, fundamentalmente, en el consumo de pastos y forrajes. Sin embargo, las condiciones climáticas que existen en la región influyen en el crecimiento y la productividad de las pasturas. La distribución anual de las lluvias, principalmente, determina la buena disponibilidad del forraje en el período lluvioso, en contraste con su escasez en el período poco lluvioso (Ku-Vera, 2010; Canesin *et al.*, 2014). Con la escasez de forrajes en la época de pocas lluvias, el ganado experimenta importantes pérdidas de peso, que afectan su productividad, salud y reproducción (Asaolu *et al.*, 2015).

Ante estas condiciones, se impone la búsqueda de alternativas tecnológicas de alimentación para el ganado que no representen competencia para los humanos, y que sean económicamente factibles y amigables con el medio ambiente, además de que contribuyan a reducir los costos y no compliquen el sistema de manejo en las explotaciones, a la vez que mejoren su eficiencia (Campos-Granados y Arce-Vega, 2016).

La utilización de fuentes de alimento basadas en el ensilaje, henolaje y subproductos agroindustriales es una opción que permite subsanar, a bajo costo, la deficiencia nutricional del rebaño (Asar *et al.*, 2010) y obtener productos en mayor cantidad, con alto valor biológico durante la conservación (Fernández-Herrero *et al.*, 2013). Estas alternativas alimentarias permiten reducir la pérdida de nutrientes por el rápido deterioro de los forrajes cuando no se conserva en condiciones adecuadas, además de compensar los costos de su producción (Ali *et al.*, 2014; Miranda-Yuquilema *et al.*, 2014).

La confección de ensilajes hace posible la conservación del exceso de forraje producido durante el período lluvioso para que pueda ser utilizado en la época de menor disponibilidad, sin ocasionar grandes transformaciones en la calidad nutricional del alimento (Morales *et al.*, 2017).

El objetivo de este estudio fue caracterizar la dinámica de fermentación de un ensilaje de planta entera de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con niveles de inclusión de pulpa de cítrico (*Citrus* sp.).

Materiales y Métodos

Se trabajó con la planta entera de sorgo blanco (*S. bicolor* cv. UGD-110), sembrado en áreas experimentales de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EEPFIH), en un suelo Ferralítico Rojo, de buen drenaje superficial

interno y perfil uniforme (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015). Se sembró a chorrillo, a distancia de 1,0 m entre surcos, con dosis de 20 kg ha⁻¹. Se fertilizó con materia orgánica. El forraje se cosechó al inicio de la floración, aproximadamente entre los 65-70 días después de la siembra.

Los residuos de frutas de cítrico se recolectaron en estado de maduración comercial en la Empresa Cítrica de Jagüey Grande, provincia Matanzas. Las muestras se sometieron a un proceso de limpieza manual para eliminar cualquier tipo de suciedad. Además, se retiraron las partes dañadas o alteradas.

Para la confección de los ensilajes, la planta entera de sorgo se pre-marchitó a la sombra durante 48 h, hasta lograr disminuir la humedad y alcanzar un valor de materia seca (MS) superior a 30 %. Luego, se trocó en un molino para forraje hasta alcanzar un tamaño de partícula de 4-5 mm, aproximadamente. La pulpa de cítrico y el sorgo se combinaron en tres proporciones (tabla 1).

Tabla 1. Proporción de planta entera de sorgo y pulpa de cítrico para la confección de los microsilos.

Tratamiento	Descripción
A	100 % sorgo
B	75 % sorgo: 25 % pulpa
C	50 % sorgo: 50 % pulpa
D	25 % sorgo: 75 % pulpa

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de evaluación de alimentos de la EEPFIH y en el laboratorio de fisiología del Instituto de Ciencia Animal (ICA).

Tratamiento y diseño experimental. Para evaluar el efecto de las diferentes formulaciones en la calidad fermentativa de los ensilajes, se aplicó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos (A, B, C y D), cuatro momentos (14, 28, 42 y 56 días) y seis repeticiones. Se consideró el microsilo como la unidad experimental.

Evaluación de la calidad fermentativa. Los ensilajes se monitorearon a los 14, 28, 42 y 56 días después de su elaboración, a partir del grado de acidez (pH) mediante el método potenciométrico. Además, se determinó el contenido de nitrógeno amoniacal (Chaney y Marbach, 1962) y la concentración de ácidos grasos volátiles (Cottyn y Boucque, 1968).

Análisis estadístico. Para el análisis de los datos de la dinámica del proceso fermentativo, se utilizó un modelo lineal del SAS® (SAS Institute Inc., 2007). Cuando se hallaron diferencias ($p < 0,05$), las medias de los tratamientos se compararon mediante la dódima de rangos múltiples de Duncan.

Resultados y Discusión

Para que un ensilaje sea considerado de buena calidad, es necesario que preserve, al máximo posible, las características nutricionales del material original. Esto ocurre cuando se logran reducciones en la respiración del tejido de la planta, en la actividad proteolítica y en el desarrollo de clostridios, lo que se obtiene con el descenso rápido del pH después del ensilaje (McDonald *et al.*, 1991).

En la tabla 2 se muestra el pH de los ensilajes en estudio. Se pudo observar una tendencia a su disminución con el incremento del nivel de pulpa de cítrico y el tiempo. De acuerdo con Garcés-Molina *et al.* (2005), la producción de ácido láctico y otros ácidos hace posible que la fermentación se desarrolle exitosamente y que proliferen la actividad de las bacterias ácido lácticas (BAL), convirtiéndose estas últimas en la población predominante. En

dichas condiciones, el pH disminuye entre 3,8 y 5,0 en dependencia de la especie y las características del forraje.

Sánchez (2018) señala que el pH recomendado para obtener ensilados de buena calidad es 4,0. Según refieren Moura *et al.* (2017), este valor indica que los forrajes ensilados presentan cantidades suficientes de carbohidratos solubles y que su fermentación garantiza la conservación adecuada del material vegetal mediante la producción de ácido láctico.

El amoníaco mostró tendencia al incremento, según se redujo el nivel de inclusión de pulpa de cítrico (tabla 3). De igual forma, aumentó desde el día 14 hasta el 56. No obstante, este incremento se debió, probablemente, al amoníaco generado por los procesos de proteólisis, presentes durante las primeras fases de la producción del ensilaje.

Los valores esperados de nitrógeno amoniacal para un ensilado de buena calidad varían según el tipo de forraje (Jones *et al.*, 2004). Concentraciones menores que 11 % se califican como ensilajes aceptables, mientras que los de mala calidad se relacionan con valores superiores al 15 % de nitrógeno amoniacal. Ojeda *et al.* (1991) indicaron que, en

Tabla 2. Valor de pH de ensilajes de planta entera de sorgo y pulpa de cítrico.

Tratamiento	Momentos, días			
	14	28	42	56
100 % sorgo	4,24 ^c	4,32 ^c	4,07 ^c	4,18 ^c
75 % sorgo: 25 % pulpa	3,86 ^b	3,82 ^b	3,90 ^{bc}	3,78 ^b
50 % sorgo: 50 % pulpa	3,62 ^a	3,58 ^a	3,64 ^{ab}	3,47 ^a
25 % sorgo: 75 % pulpa	3,58 ^a	3,42 ^a	3,49 ^a	3,29 ^a
EE ±	0,025	0,058	0,122	0,065
Valor-P	<0,0001	0,0002	0,0547	0,0003

a, b, c: Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos en una misma columna ($p < 0,05$)

Tabla 3. Contenido de amoníaco (mg N-NH₃ 100 mL⁻¹) en ensilajes de planta entera de sorgo y pulpa de cítrico.

Tratamiento	Momentos, días			
	14	28	42	56
100 % sorgo	2,13 ^d	2,09 ^d	1,98 ^d	2,54 ^d
75 % sorgo: 25 % pulpa	1,06 ^c	0,81 ^c	1,37 ^c	1,39 ^c
50 % sorgo: 50 % pulpa	0,55 ^b	0,52 ^b	0,84 ^b	0,87 ^b
25 % sorgo: 75 % pulpa	0,05 ^a	0,17 ^a	0,29 ^a	0,36 ^a
EE ±	0,021	0,092	0,011	0,015
Valor-P	0,0805	<0,0001	<0,0001	<0,0001

a, b, c, d: Letras diferentes indican diferencias entre tratamientos en una misma columna ($p < 0,05$)

ensilajes bien conservados, la concentración de nitrógeno amoniacal con respecto al total debe ser menor que 7 %. En este estudio, los valores de nitrógeno amoniacal no fueron mayores que 3 %. Estos resultados no se corresponden con lo informado por Roa y Galeano (2015), quienes evaluaron el efecto del tiempo de conservación en la calidad nutricional y la digestibilidad *in situ* de ensilajes de cuatro plantas leñosas forrajeras. Estos autores refieren concentraciones de nitrógeno amoniacal inferiores a 1 %.

La figura 1 muestra la dinámica de producción de los ácidos grasos volátiles (AGV) durante el proceso de evaluación. La producción de ácido acético no difirió a los 14 días (figura 1.1); sin embargo, hubo diferencias significativas a partir de los 28 días de fermentación (figura 1.2), momento

en que el ensilaje con 75 % de pulpa de cítrico alcanzó mayor concentración con respecto al resto; mientras que, a los 42 y 56 días, el tratamiento con 50 % de pulpa presentó la mayor producción de ácido acético, seguido del tratamiento con 25 % de pulpa, que superó a los restantes.

La producción de ácido propiónico no difirió hasta los 42 días de fermentación (figura 1.3), momento en que los tratamientos con 50 y 75 % de pulpa de cítrico produjeron más de este compuesto en comparación con los demás. Sin embargo, a los 56 días se observó que solo el tratamiento con 50 % de pulpa superó a los restantes (figura 1.4).

En cuanto a la producción de ácido butírico de los ensilajes evaluados a partir de los 28 días, hubo una disminución de este metabolito (figura 1.2), a medida que disminuyó la proporción de pulpa de

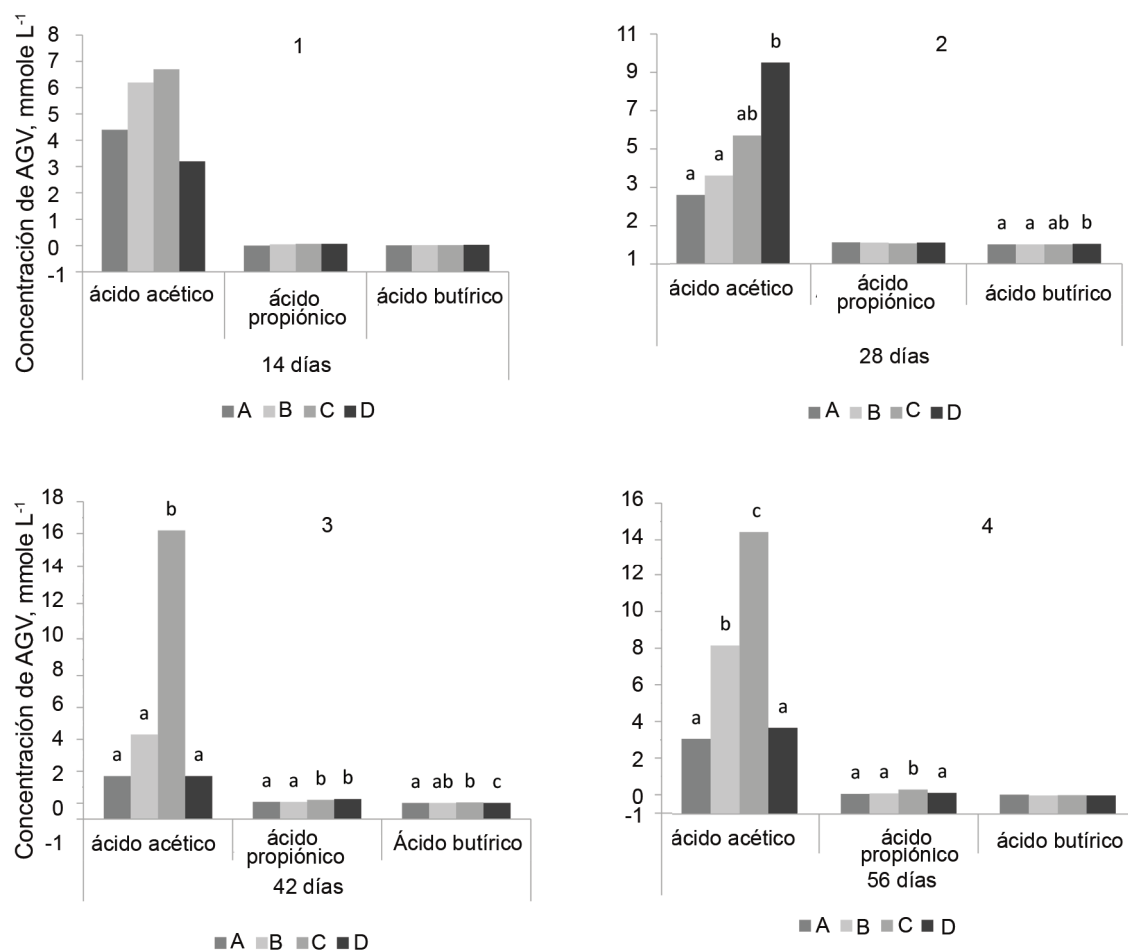


Figura 1. Dinámica de producción de ácido acético, propiónico y butírico (mmole L⁻¹) en ensilajes de planta entera de sorgo y pulpa de cítrico.

cítrico en la mezcla ensilada. La concentración de este AGV varió de 0,004 hasta 0,034 mmole L⁻¹, lo que según Ojeda *et al.* (1991) es despreciable en ensilajes de buena calidad. Resultados similares informaron Noguera *et al.* (2014), al evaluar el efecto de diferentes aditivos en la calidad nutricional y el perfil de fermentación del ensilaje de cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.).

Conclusiones

Desde el punto de vista del proceso fermentativo, en los ensilajes estudiados, los valores de pH, concentraciones de amoníaco y AGV (acético, propiónico y butírico), se hallan entre los parámetros establecidos para considerarlos de buena calidad.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto “Estrategias sostenibles de suplementación para mejorar la eficiencia productiva y reproductiva de rebaños lecheros en sistemas silvopastoriles”, perteneciente al programa de Producción de Alimento Animal, por el financiamiento para la realización de las investigaciones que se desarrollaron como parte de este estudio.

Referencias bibliográficas

- Ali, M.; Cone, J. W.; van Duinkerken, G.; Klop, A.; Kruisdijk, J.; Blok, M. C. *et al.* Relationship between chemical composition and *in situ* rumen degradation characteristics of grass silages in dairy cows. *NJAS-Wagen. J. Life Sc.* 70-71:9-15, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.njas.2014.01.002>.
- Asaolu, V.; Binuomote, R.; Okunlola, D. & Oyelami, O. Characteristics of *Moringa oleifera* silage with mixtures of *Panicum maximum* and wheat offals. *J. Natural Sci. Res.* 5 (18):121-130, 2015.
- Asar, M. A.; Osman, Mona; Yakout, H. M. & Safoat, A. Utilization of corn-cob meal and faba bean straw in growing rabbits diets and their effects on performance, digestibility and economical efficiency. *Egypt. Poult. Sci.* 30 (II):415-442, 2010.
- Campos-Granados, C. M. & Arce-Vega, J. Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Nutr. Anim. Trop.* 10 (2):91-113, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/nat.v10i2.27327>.
- Canesin, Roberta C.; Berchielli, Telma T.; Messina, Juliana D.; Baldi, F.; Pires, A. V.; Frighetto, Rosa T. S. *et al.* Effects of supplementation frequency on the ruminal fermentation and enteric methane production of beef cattle grazing in tropical pastures. *R. Bras. Zootec.* 43 (11):590-600, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982014001100005>.
- Chaney, A. L. & Marbach, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8:130-132, 1962.
- Cottyn, B. G. & Boucque, C. V. Rapid method for the gas-cromatografic determination of volatile fatty acids in rumen fluid. *J. Agric. Food Chem.* 16 (1):105-107, 1968. DOI: <http://doi.org/10.1021/jf60155a002>.
- Fernández-Herrero, Adriana L.; Tabera, Anahí; Agüeria, Daniela & Manca, E. Obtención, caracterización microbiológica y fisicoquímica de ensilado biológico de anchoíta (*Engraulis anchoíta*). *REDVET-Rev. electrón. vet.* 14 (2). <https://www.redalyc.org/pdf/636/63631892017.pdf>, 2013.
- Garcés-Molina, Adelaida M.; Suárez-Holguín, E.; Serna-D'León, J. G. & Ruiz-Alzate, S. . Evaluación de la calidad bromatológica del ensilaje de pasto kikuyo y maní forrajero. *Rev. Lasallista Investig.* 3 (2):34-37, 2005.
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- Jones, C. M.; Heinrichs, A. J.; Roth, G. W. & Ishler, V. A. *From harvest to feed: understanding silage management*. USA: College of Agricultural Sciences, Pennsylvania State University, 2004.
- Ku-Vera, J. C. Requerimientos de energía en rumiantes en el trópico, implicaciones del concepto de mantenimiento. *III Congreso de Producción Animal Tropical y I Simposio FOCAL*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 2010.
- McDonald, P.; Henderson, A. R. & Heron, S. J. E. *The biochemistry of silage*. 2 ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications, 1991.
- Miranda-Yuquilema, J. E.; Marín-Cárdenas, A. & González-Pérez, Mabel. Silage of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) with cowpeas (*Vigna unguiculata*) for pig alimentation. *REDVET-Rev. electrón. vet.* 15 (2). <https://www.redalyc.org/pdf/636/63632378004.pdf>, 2014.
- Morales, A.; Rodríguez, R.; Gutiérrez, D.; Elías, A.; Gómez, S. & Sarduy, L. Evaluation of the VITA-FERT inclusion in the nutritive value of *Tithonia diversifolia* and *Pennisetum purpureum* silages. *Cuban J. Agric. Sci.* 50 (4):619-630, 2017.
- Moura, Marielly M. A.; Pires, D. A. de A.; Costa, R. F.; Tolentino, Daniella C.; Rigueira, J. P. S. & Sales, Eleuza C. J. Nutritional value of sorghum silages. *Acta Sci. Anim. Sci.* 39 (2):137-142, 2017.

- DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i1.32677>.
- Noguera, R. R.; Valencia, S. & Posada, S. L. Efecto de diferentes aditivos sobre la composición y el perfil de fermentación del ensilaje de cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis*). *LRRD*. 26 (9). <http://www.lrrd.org/lrrd26/9/nogu26168.html>, 2014.
- Ojeda, F.; Cáceres, O. & Esperance, M. Sistema de evaluación para ensilajes tropicales. En: *Conservación de forrajes*. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación. p. 15-65, 1991.
- Roa, M. L. & Galeano, J. R. Calidad nutricional y digestibilidad *in situ* de ensilajes de cuatro leñosas forrajeras. *Pastos y Forrajes*. 38 (4):431-440, 2015.
- Sánchez, W. Potencial de los forrajes para producir ensilaje de calidad. *Alc. Tecnol.* 12 (1):49-58, 2018.
- SAS Institute. *Sistema de análisis estadístico Versión 9.1.3*. Lincoln, USA: Universidad de Nebraska-Lincoln, USA, 2007.

Recibido el 5 de julio de 2019

Aceptado el 30 de agosto de 2019