

***In situ* ruminal degradability of the dry matter of henequen (*Agave fourcroydes*) bagasse. Technical note**

Degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca del bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*). Nota técnica

G.D.Gutiérrez¹, A. Elías¹, O. R. Lima², O. Tuero¹, F. Monteagudo² and L. B Medina²

¹Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

²Universidad Central de La Villas

Email: delfin@ica.co.cu

To characterize the incubation kinetics and determine the *in situ* ruminal degradability parameters of the dry matter of the henequen (*Agave fourcroydes*) bagasse, a cow from Dexter breed, with 350 kg of live weight, fistulated in rumen was used. It was fed with concentrate (6 g kg LW⁻¹) and free access to forage, water and mineral salts. A total of 24 dacron bags were used, incubated in rumen by quadruplicate (72, 48, 24, 12, 4, 0 h). The maximum degradation was reached in the last incubation hours (48 h: 63.39 % vs 72h: 63.62 %, P < 0.0001), with values for a, b, c and ED k = 0.02, 0.04 of: 28 %, 36%, 0.06 % h⁻¹, 55 % and 49 %, respectively. It is concluded that the variations presented during incubation kinetics and *in situ* rumen degradation parameters of dry matter confirm the possibility of using henequen (*Agave fourcroydes*) bagasse in ruminant feeding. However, studies on the degradability of the rest of the nutrients, characterization of ruminal fermentation and microbial populations are required.

Key words: rumen, ruminal fermentation, dynamics

In the world, agro-industrial by-products, in general, constitute environmental pollutants (Cegarra *et al.* 2006). These lignocellulosic residues are mainly composed of cellulose, hemicellulose and lignin, but they are used in ruminants feeding to replace forage during dry periods, although due to their low nutritional value they must be complemented with other ingredients (Ramírez-Cortina *et al.* 2012).

The improvement of Cuban livestock could be increased by using the by-products available from the agro-industry, an example of which could be the henequen (*Agave fourcroydes*) industry and the use of its wastes in animal feeding. This perennial plant is native to Mexico, highly productive in ecological areas limited by the lack of water and soil. It also has high biomass production (± 25 t DM/ha/year), from which the leaves are used, as is the case of pineapple. Their wastes are used as a supplement for cattle, becoming a food that provides high levels of digestible energy, minerals and water (Zamudio, *et al.* 2009).

According to Sánchez and Vásquez (2014), in Cuba, with the defibration of the henequen leaf, only 4 % fiber is used, which generates large volumes of pulp (wet bagasse, juice) with high organic load, obtaining as average 9 t of waste per ton of processed fiber, so that an annual fiber production of 1700 t

Para caracterizar la cinética de incubación y determinar los parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca del bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*) se utilizó una vaca de la raza Dexter, con 350 kg de peso vivo, fistulada en rumen. Se alimentó con concentrado (6 g kg PV⁻¹) y acceso al forraje, agua y sales minerales a libre voluntad. Se utilizaron 24 bolsas de dacrón, incubadas en rumen por cuatruplicado (72, 48, 24, 12, 4, 0 h). La máxima degradación se alcanzó en las últimas horas de incubación (48 h: 63.39 % vs 72h: 63.62 %, P < 0.0001), con valores para a, b, c y DE k=0.02, 0.04 de: 28 %, 36 %, 0.06 % h⁻¹, 55 % y 49 %, respectivamente. Se concluye que las variaciones presentadas durante la cinética de incubación y parámetros de degradación ruminal *in situ* de la materia seca confirman la posibilidad de utilización del bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*) en la alimentación de rumiantes. Sin embargo, se requiere realizar estudios acerca de la degradabilidad del resto de los nutrientes, caracterización de la fermentación ruminal y las poblaciones microbianas.

Palabras clave: rumen, fermentación ruminal, dinámica

En el mundo, los subproductos agroindustriales, en su generalidad, constituyen contaminantes ambientales (Cegarra *et al.* 2006). Estos residuos lignocelulósicos están compuestos principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, pero se utilizan en la alimentación de rumiantes en sustitución de forraje en períodos de estiaje, aunque debido a su bajo valor nutritivo se deben complementar con otros ingredientes (Ramírez- Cortina *et al.* 2012).

La mejora de la ganadería cubana se pudiera incrementar al utilizar los subproductos disponibles de la agroindustria, ejemplo de ello pudiera ser la industria del henequén (*Agave fourcroydes*) y la utilización de sus residuos en la alimentación animal. Esta planta perenne es originaria de México, altamente productiva en áreas ecológicas limitadas por la escasez de agua y suelo. Posee además, alta producción de biomasa (± 25 t MS/ha/año), de la que se utilizan las hojas, como es el caso de la piña. Sus residuos se aprovechan como suplemento para el ganado, convirtiéndose en un alimento que proporciona altos niveles de energía digestible, minerales y agua (Zamudio, *et al.* 2009).

Según Sánchez y Vásquez (2014), en Cuba, con el desfibrado de la hoja del henequén solo se aprovecha en fibra 4 %, lo que genera grandes volúmenes de pulpa (bagazo húmedo, jugo) con alta carga orgánica, obteniéndose como promedio 9 t de residuo por tonelada

would generate 15300 t of pollutant, with negative effects for the environment.

The objective of this study was to estimate the kinetics and determine the *in situ* rumen degradability parameters of the dry matter (ISDDM) of henequen (*Agave fourcroydes*) bagasse, generated after the industrial defibration of the plant.

The experiment was developed in the Departamento de Manejo y Alimentación de Rumiantes, belonging to the Instituto de Ciencia Animal, located at km 47 ½ of the Central Highway, in San José de las Lajas municipality, Mayabeque province, in the Republic of Cuba.

For the ruminal degradability of the *in situ* DM, the nylon bag technique was used, described by Ørskov and McDonald (1979), and that of effective degradability, according to McDonald (1981). A fractional rate of passage from the rumen and velocity 2 and 4 % was considered. A total of 24 dacron bags (17 x 4 cm), with porosity of 50 µm and 5 g of ground henequen bagasse (2 mm) were used. The bags were incubated in rumen, in quadruplicate, and in the reverse order of incubation time (72, 48, 24, 12, 4h), to be removed only once and to be able to use the same washing procedure. The zero hour was determined with the same bag number per treatment in a bain Marie with controlled temperature at 39 °C for 15 min.

A cow from Dexter breed, fistulated in rumen, with 350 kg of live weight and housed in an individual cubicle was used, fed with commercial concentrate (6 g kg LW⁻¹) and grass forage and free access to water and mineral salts.

To the samples of henequen bagasse, coming from plants with more than twenty-five years of age, belonging to the Unidad empresarial de base (UEB) henequen "Artemisa", from Ministerio de la Agricultura. The proximal chemical analysis was performed according to AOAC (2005). The protein was determined by the micro-Kjeldhal method, while the metabolizable energy was estimated from the organic matter digestible in the DM, according to CSIRO (1990). All the analyzes were performed in the Laboratorios de Servicios Analíticos del ICA (LASAICA).

The analysis of variance was performed on the degradation results during the incubation kinetics. The Duncan test (1955) was applied to establish differences between means. All the data were processed using the statistical package INFOSTAT (Di Rienzo *et al.* 2012).

Table 1 shows the chemical composition of the bagasse samples, with low values of dry matter, high in energy, organic matter, crude fiber and ash. The latter showed high levels of calcium, poor in phosphorus and relatively low in crude protein. Similar average chemical analysis was reported by Harrison (1984) for henequen bagasse from Mexico and West Africa.

The results of table 2 show differences (P <0.0001)

de fibra procesada, de manera que una producción anual de fibra 1700 t generaría 15300 t de contaminante, con efectos negativos para el medio ambiente.

Este trabajo tuvo como objetivo estimar la cinética y determinar los parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca (DISMS) del bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*), generada después del desfibrado industrial de la planta.

El experimento se desarrolló en el Departamento de Manejo y Alimentación de Rumiantes, perteneciente al Instituto de Ciencia Animal, situado en el km 47 ½ de la Carretera Central, en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, en la República de Cuba.

Para la degradabilidad ruminal de la MS *in situ* se empleó la técnica de bolsas de nailon, descrita por Ørskov y McDonald (1979), y la de la degradabilidad efectiva, de acuerdo con McDonald (1981). Se consideró una tasa fraccional de pasaje desde el rumen y velocidad 2 y 4 %. Se utilizaron un total de 24 bolsas de dacrón (17 x 4 cm), con porosidad de 50 µm y 5g de bagazo de henequén molido (2 mm). Las bolsas se incubaron en rumen, por cuatuplicado, y en el orden inverso al tiempo de incubación (72, 48, 24, 12, 4h), para retirarlas en una sola ocasión y poder utilizar el mismo procedimiento de lavado. La hora cero se determinó con igual número de bolsa por tratamiento en baño de María, con temperatura controlada a 39 °C durante 15 min.

Se utilizó una vaca de la raza Dexter, fistulada en rumen, con 350 kg de peso vivo y alojada en un cubículo individual, alimentada con concentrado comercial (6 g kg PV⁻¹) y forraje de gramínea, agua y sales minerales a libre voluntad.

A las muestras del bagazo de henequén, procedente de plantas con más de veinte y cinco años de edad, pertenecientes a la unidad empresarial de base (UEB) henequenera "Artemisa", del Ministerio de la Agricultura. El análisis químico proximal se realizó según AOAC (2005). La proteína se determinó por el método de micro- Kjeldhal, mientras que la energía metabolizable se estimó a partir de la materia orgánica digestible en la MS, según CSIRO (1990). La totalidad de los análisis se realizaron en los Laboratorios de Servicios Analíticos del ICA (LASAICA).

A los resultados de degradación durante la cinética de incubación se les realizó análisis de varianza. Se aplicó la dócima de Duncan (1955) para establecer diferencias entre medias. La totalidad de los datos se procesaron mediante el paquete estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.* 2012).

En la tabla 1 se presenta la composición química de la muestras de bagazo, con valores bajos de materia seca, elevados en energía, materia orgánica, fibra bruta y ceniza. Esta última presentó altos niveles de calcio, pobres en fosforo y relativamente bajos en proteína bruta, Similar análisis químico promedio informó Harrison (1984) para el bagazo de henequén procedente de México y África occidental.

Los resultados de la tabla 2 muestran diferencias

Table 1. Chemical composition of henequen bagasse

Food	DM, %	OM, %	CP (Nx6.25),%	ME, MJ	CF, %	Ash, %	Ca, %	P, %
Henequén bagasse	12.55	85.39	8.84	8.82	23.60	14.61	6.06	0.06

in the *in situ* degradability of the ISDDM, although with statistical similarity during the last incubation hours (48 h: 63.39 % vs 72h: 63.62 %), moment when it reached the maximum peak of disappearance. The ISDDM value coincides with the one obtained by Harrison (1984), of 64 % for the *in vitro* degradability of the dry matter, conditioned by the high concentration of carbohydrates in the DM, high solubility (26.6 %) and mineral concentration (151 g kg DM⁻¹) (table 2).

(P<0.0001) en la degradabilidad *in situ* de la DISMS, aunque con similitud estadística durante las últimas horas de incubación (48 h: 63.39 % vs 72 h: 63.62 %), momento en que alcanzó el pico máximo de desaparición. El valor de DISMS coincide con el logrado por Harrison (1984), de 64 % para la degradabilidad *in vitro* de la materia seca, condicionado por la alta concentración de carbohidratos en la MS, elevada solubilidad (26.6 %) y concentración de minerales (151 g kg MS⁻¹) (tabla 2).

Table 2. Average values of *in situ* degradation of dry matter (ISDDM) of henequen bagasse

Incubation time , h	ISDDM, %	Equation of regression
0	28.55 ^a	Y= 23.44+41.06 (1-e ^(-0.0670 t))
4	33.36 ^b	R ² =0.98
12	45.45 ^c	R ² adj =0.97
24	56.74 ^d	±SE=2.67
48	63.39 ^e	P= 0.0025
72	63.62 ^e	
SE	±1.50	
p	0.0001	

^{abde} different letters in superscripts in the same column indicate significant differences for P < 0.05 (Duncan, 1955), ± Standard error

Similarly, it could be explained that the increase in the degradation rate of bagasse from the first incubation hours could be determined by the amount of digestible organic matter, variations in the fermentation rate and growth of the microbial population (Godoy 2012). This shows the nutritive value of bagasse, then at 48 h and until the end (72 h) maintains the uniform degradative pattern, being this moment in which the highest digestion of carbohydrates is achieved. After this time, the highly digestible components decrease.

The analysis of regression showed a high degree of fit between the degradability values of henequen bagasse, which affirms the degradative performance of this food and shows that the structural compounds of the cell wall did not prevent the action of ruminal cellulolytic microorganisms.

The reached values of potential degradability of DM in this study were superior to those reported by Cáceres *et al.* (2007) in elephant grass (*Cenchrus purpureus*), of 56 % and 50 d of age, and those of Madera *et al.* (2013) also with elephant grass, between 60 and 90 d of age, with 59 % and 52 % of digestibility, respectively. Likewise, they were similar to that referred by Di Marco *et al.* (2005) with maize silage (61.6 %), and to what Knowles *et al.* (2008) reported in *Cenchrus* genus

Del mismo modo, se pudiera plantear que el incremento del ritmo de degradación del bagazo desde las primeras horas de incubación pudo estar determinado por la cantidad de materia orgánica digerible, variaciones en el ritmo de fermentación y crecimiento de la población microbiana (Godoy 2012). Esto demuestra el valor nutritivo del bagazo, para luego a las 48 h y hasta el final (72 h) mantener el patrón degradativo uniforme, siendo este momento en el que se logra la mayor digestión de carbohidratos. Pasado este tiempo, los componentes altamente digestible disminuyen.

El análisis de la regresión mostró alto grado de ajuste entre los valores de degradabilidad del bagazo de henequén, lo que afirma el comportamiento degradativo de este alimento y demuestra que los compuestos estructurales de la pared celular no impidieron la acción de los microorganismos celulolíticos ruminales.

Los valores alcanzados de degradabilidad potencial de la MS en este estudio fueron superiores a los informados por Cáceres *et al.* (2007) en pasto elefante (*Cenchrus purpureus*), de 56 % y 50 d de edad, y a los de Madera *et al.* (2013) también con pasto elefante, entre 60 y 90 d de edad, con 59 % y 52 % de digestibilidad, respectivamente. Asimismo, fueron semejantes a lo referido por Di Marco *et al.* (2005) con ensilaje de maíz (61.6 %), y a lo que informó Knowles *et al.* (2008) en el

(62.5 %) to 45 d of regrowth.

When considering the cumulative ruminal degradation of the DM, which was 64 %, at 72 h, and the contribution of crude fiber (24 %) of the bagasse, associated with the lignification of the cell wall, as a factor that would cause severe limitations in DM degradation, it could be assumed that 40.4 % of the bagasse would be degraded and absorbed at intestinal level. This could perhaps explain the combined availability of carbohydrates with different ruminal degradation rate in this material during fermentation. This benefit, synchronized with an exogenous contribution of protein in the diet, could favor the synthesis of microbial protein and improve the energy-protein balance. In turn, it would increase the voluntary intake of dry matter by the animal (Fernández 2002).

The obtained results allow intuiting that the ingestion of bagasse by the animals, as well as the amount of energy extracted during the retention of the material in the rumen, could be high (Razz *et al.* 2004).

Regarding the characterization of the degradability parameters, it was observed that the value of the soluble fraction ($a = 28.5\%$) made possible the rapid disappearance of the potentially degradable fraction ($a+b=64.51\%$) and the shorter time of ruminal incubation, which shows the existence of highly fermentable substrate, able to ensure from the beginning the degradative activity of ruminal microorganisms. Although the value of the insoluble fraction, but potential degradable ($b=35.96\%$) of the DM in rumen contributed with more than half (56 %) of fraction $a+b$, at 48 h of incubation, it indicated some protection against the microbial attack in rumen, a situation that favors the pos ruminal use of this material.

Apparently, the value reached in fraction (a) was determined by the high content of soluble carbohydrates in the bagasse, an element that should have influenced on the degradation rate ($c = 6\% \text{ h}^{-1}$) and by the shorter time of colonization (lag phase = $2.0\% \text{ h}^{-1}$) of ruminal microorganisms (Aragadvay-Yungán *et al.* 2015).

With respect to the degradation rate ($c = 6.7\% \text{ h}^{-1}$), the value reached corresponds to medium quality foods, which require shorter residence time in the rumen for their degradation, and achieve higher deposition of nutrients, to the instead they exceed that of tropical grasses ($5.3\% \text{ h}^{-1}$). Likewise, this value is similar to that of multipurpose trees ($6.2\% \text{ h}^{-1}$), as stated by Izaquirre *et al.* (2011)

Regarding the effective degradation (ED), a parameter that reflects the reduction of potential degradability due to the effect of the passage rate (Araiza-Rosales *et al.* 2013), associated with the variation in the ruminal turnover rate ($k = 0.022, 0.004$), the values oscillated between 55 and 46 % respectively, which demonstrates the nutritional quality of henequen bagasse.

It is concluded that the variations during incubation kinetics and *in situ* ruminal degradation parameters of

propio género de *Cenchrus* (62.5 %) a 45 d de rebrote.

Al considerar la degradación ruminal acumulada de la MS, que fue de 64 %, a las 72 h, y el aporte de fibra bruta (24%) del bagazo, asociado a la lignificación de la pared celular, como factor que provocaría severa limitaciones en la degradación de MS, se podría asumir que 40.4 % del bagazo se degradaría y absorbería a nivel intestinal. Esto podría explicar quizá la disponibilidad combinada de hidratos de carbono con diferente velocidad de degradación ruminal en este material durante la fermentación. Este beneficio, sincronizado con un aporte exógeno de proteína en la dieta, podría favorecer la síntesis de proteína microbiana y mejorar el balance de energía-proteína. A su vez, incrementaría el consumo voluntario de materia seca por el animal (Fernández 2002).

Los resultados alcanzados permiten intuir que la ingestión de bagazo por los animales, así como la cantidad de energía extraída durante la retención del material en el rumen, pudiera ser alta (Razz *et al.* 2004).

En lo que respecta a la caracterización de los parámetros de degradabilidad, se observó que el valor de la fracción soluble ($a= 28.5\%$) posibilitó la rápida desaparición de la fracción potencialmente degradable ($a+b=64.51\%$) y el menor tiempo de incubación ruminal, lo que demuestra la existencia de sustrato altamente fermentable, capaz de asegurar desde el inicio la actividad degradativa de los microorganismos ruminales. Aunque el valor de la fracción insoluble, pero potencial degradable ($b=35.96\%$) de la MS en rumen contribuyó con más de la mitad (56 %) de la fracción $a+b$, a las 48 h de incubación, indicó cierta protección contra el ataque microbiano en rumen, situación que favorece la utilización pos ruminal de este material.

Al parecer, el valor alcanzado en la fracción (a) estuvo determinado por el alto contenido de carbohidratos solubles en el bagazo, elemento que debió influir en la tasa de degradación ($c = 6\% \text{ h}^{-1}$) y por el menor tiempo de colonización (fase lag = $2.0\% \text{ h}^{-1}$) de los microorganismos ruminales (Aragadvay-Yungán *et al.* 2015).

Con respecto a la velocidad de degradación ($c = 6.7\% \text{ h}^{-1}$), el valor alcanzado corresponde a alimentos de mediana calidad, que necesitan menor tiempo de permanencia en el rumen para su degradación, y logran mayor deposición de nutrientes, a la vez que superan el de las gramíneas tropicales ($5.3\% \text{ h}^{-1}$). Asimismo, este valor resulta similar al de los árboles multipropósito ($6.2\% \text{ h}^{-1}$), según lo enunciado por Izaquirre *et al.* (2011)

En cuanto a la degradación efectiva (DE), parámetro que refleja la reducción de la degradabilidad potencial por efecto de la tasa de pasaje (Araiza-Rosales *et al.* 2013), asociado a la variación en la tasa de recambio ruminal ($k = 0.022, 0.004$), los valores oscilaron entre 55 y 46 % respectivamente, lo que demuestra la calidad nutritiva del bagazo de henequén.

Se concluye que las variaciones durante la cinética de incubación y los parámetros de degradación ruminal

dry matter confirm the possibility of using henequen (*Agave fourcroydes*) bagasse in ruminant feeding. However, studies on the degradability of the rest of nutrients, characterization of ruminal fermentation and microbial populations are required.

in situ de la materia seca confirman la posibilidad de utilización del bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*) en la alimentación de rumiantes. Sin embargo, se requieren estudios acerca de la degradabilidad del resto de los nutrientes, caracterización de la fermentación ruminal y poblaciones microbianas.

References

- AOAC. 2005. Official methods of analysis, 32th. (Ed.) Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D.C. 27 p.
- Aragadvy- Yungán, R.G., Amor, A.A.R., Heredia-Nava, D., Estada-Flores, J.G., Martínez-Castañeda, F.E. & Arriaga-Jordán, C.M. 2015. Evaluación *in vitro* del ensilaje de girasol (*Helianthus annuus* L.) solo y combinado con ensilaje de maíz. Rev. Mexicana de Ciencias Pecuarias. 6 (3), 315-327
- Araiza-Rosales, E., Delgado-Licon, E., Carrete-Carreón, F. O., Medrano-Roldán, H., Solís-Soto, A., Murillo-Ortiz, M. & Haubi-Segura, C. 2013. Degradabilidad ruminal y digestibilidad *in vitro* de diferentes formulaciones de ensilado de maíz: manzana adicionado con melaza. Rev. AIA. Colima. México 17:2. 79-96.
- Cáceres, F., Echevarría, M. & Basurco, V. 2007. Evaluación de rendimiento y valor nutritivo del pasto elefante morado (*Pennisetum purpureum*) cultivar camerón a diferentes edades en otoño e invierno en la costa central Anales científicos 68(1) 136-141.
- Cegarra, J., Alburquerque, J., González, J., Tortosa, G & Chaw, D. 2006. Effects of the forced ventilation on composting of a solid olive- mill by product managed by mechanical turning. Waste Manage. 26: 1377-1383.
- CSIRO, 1990. Feeding standards for Australian livestock. Ruminants: CSIRO Australia, 266 pp.
- Di Marco, O. N., Aello, M.S. & Arias, S. 2005. Digestibility and ruminal digestión kinetics of corn silage. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 57(2): 223-228
- Di Riezo, J. A., González, L. A. & Robledo, C. W. 2012. Infostad Software estadístico. Manual de usuario. Versión 5, Córdoba, Argentina
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F-tests. Biometrics. 11:1-42
- Fernández, M.A. 2002. Manejo y calidad de la dieta. La Mañana. Suplemento INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. Available: <http://www.lamanana.com.ar/01-12-02/notainta5.html>. Consulted: 24/3/2017.
- Godoy, V.H.E, 2012. Valoración de la composición química y cinética de fermentación y degradabilidad ruminal *in vitro* de dietas con diferentes inclusiones de harina de banano y urea. Tesis presentada en opción al título de Máster en Zootecnia y Gestión Sostenible: Ganadería Ecológica e Integrada.
- Harrison, D. G. 1984. Subproductos del sisal como alimento para los rumiantes. Revista Mundial de Zootecnia. 49:25-31.
- Izaguirre, F., Martínez, J.J.T., Jiménez, O.G.J.F., Posada, S.C., García, G.C.C. & Martínez, G.P. 2011. Digestibilidad *in situ* de la materia seca de tres árboles multipropósito (AMP) y pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) en borregos fistuladas. Livestock Research for Rural development 23:10.
- Knowles, M.M., Esparza, C., Pabón, M. L. & Carulla, J. E. 2008. Utilización de un inóculo preparado a partir de heces de ovino o bovino en la determinación de la digestibilidad ruminal *in vitro* de forrajes. Livestock Research for Rural Development 20:10.
- Madera, N.B., Ortiz, B., Bacab, H.M. & Magaña, H. 2013. Influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Rev. Avances de Investigación Agropecuaria. 17:2. 41-52.
- McDonald, I.M. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. J. Agric. Sci. 96 (1): 251-252.
- Ørskov, E.R. & McDonald, I.M. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. Camb. 92:499.
- Ramírez-Cortina, C. R., Alonso-Gutiérrez, M. S. & Rigal, L. 2012. Valorización de residuos agroindustriales del tequila para alimentación de rumiantes. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 18(3), 449-457.
- Razz, R., Clavero, T. & Vergara, J. 2004. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ, 14(5): 424-430.
- Sánchez, R.A. & Vásquez, M. 2014. Modelación del proceso de gasificación de biomasa a partir de residuos de la industria henequenera de Cuba. Memoria .II Congreso Cubano de Fibras Naturales, FIBRATEC. La Habana. p.1
- Zamudio, D. M., Pinos-Rodríguez, J.M., González, S.S., Robinson, P.H., García, J.C. & Montañés, O. 2009. Effects of *Agave salmiana* Otto Ex Salm-Dyck silage as forage on ruminal fermentation and growth in goats. Science Direct. Animal Feed Science and Technology. 148: 1-11.

Received: November 20, 2017