

DEGRADABILIDAD RUMINAL DEL FOLLAJE DE *Moringa oleifera* A TRES DIFERENTES EDADES DE REBROTE

RUMINAL DEGRADABILITY OF *Moringa oleifera* FOLIAGE AT THREE DIFFERENT REGROWTH AGES

Jarquín Almanza Jefren Adonis¹, Rocha Espinoza Josué Daniel¹, Rocha Lester², Reyes-Sánchez Nadir³, Mendieta-Araica Bryan⁴

¹ Graduados en Ingeniería en Zootecnia, Universidad Nacional Agraria

² PhD en Biología, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

³ PhD en Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria

⁴ PhD en Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria. bryan.mendieta@una.edu.ni



RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de estimar la degradabilidad ruminal de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) del follaje de *Moringa oleifera* a tres edades de rebrote (30, 45 y 60 días) y nueve tiempos de incubación ruminal (3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 y 120 horas). Se utilizó un diseño completamente al azar con una estructura bi-factorial de tratamientos con cuatro repeticiones. La degradabilidad se estimó mediante el modelo de Ørskov y McDonald (1979) y los parámetros de degradación fueron evaluados por regresión no lineal. Para conocer el efecto del tiempo de incubación sobre la tasa de degradabilidad para cada edad de rebrote se realizó análisis de varianza y la prueba honesta de Tukey. Con 48 horas de incubación ruminal, la degradabilidad potencial de la MS y la MO disminuyó ($p < 0.001$) de 81.48% a 73.27% y desde 58.87% a 52.28%, respectivamente, y esto ocurrió cuando la edad de rebrote del follaje de *Moringa* se incrementó de 45 a 75 días. En conclusión, el follaje de *Moringa* con edad de rebrote de 45 días y a 48 horas de incubación ruminal presentó la mejor ($p < 0.001$) degradabilidad ruminal de la MS y MO con 81.46% y 58.87% respectivamente.

Palabras clave: *Moringa*, degradabilidad ruminal, follaje, edad rebrote

ABSTRACT

The effect of three different regrowth ages (45, 60 and 75 days) and nine incubation times (3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 y 120 hours) on dry matter (MS) and organic matter (MO) ruminal degradability of *Moringa oleifera* foliage was studied in a completely randomized design with a two-factor factorial treatment structure with four replicates. Ørskov and McDonald (1979) model was used to estimate the ruminal degradability where all parameters were evaluated using non-linear regression. In order to know the effect of incubation time over the degradability rate for each regrowth age analysis of variance and Tukey's honest significant difference were performed. At 48 hours of incubation time the potential degradability of MS and MO decreased ($p < 0.001$) from 81.48% to 73.27% and from 58.87% to 52.28%, respectively, and this happened when regrowth age of *Moringa* foliages increased from 45 to 75 days. In conclusion, *Moringa* foliages of 45-day-old regrowth and 48 hours of incubation time showed the highest ($p < 0.001$) potential degradability of MS and MO with 81.46% and 58.87%, respectively.

Key words: *Moringa*, rumen degradability, foliage, cut age

La búsqueda de nuevas fuentes no convencionales de alimentación con alta concentración de proteína y energía, es un reto para ganaderos e investigadores, sobre todo si se pretende lograr a partir de sistemas de producción sostenibles técnica, financiera y ecológicamente. Una de las alternativas promisorias es la utilización de especies de árboles y arbustos forrajeros que tengan alta productividad de follaje, vigorosa capacidad de rebrote, tolerancia a la poda, altas concentraciones de proteína y otros nutrientes, además de un sistema radicular profundo (Rachie, 1983; Atta-Krah and Sumberg, 1988).

Moringa oleifera es uno de estos árboles forrajeros que crece bien en todo tipo de suelos desde ácidos hasta alcalinos (Duke, 1983), su producción de forraje es entre 24 y 99 ton MS/ha/año, las hojas frescas contienen entre 17 y 27.4% de PB, 2.73 Mcal de EM/kg MS (Reyes-Sánchez *et al.*, 2006; Reyes-Sánchez *et al.*, 2006b; Reyes-Sánchez *et al.*, 2009; Mendieta-Araica *et al.*, 2011; Mendieta-Araica *et al.*, 2013) y son ricas en vitaminas A, B y C, calcio, hierro y en aminoácidos esenciales.

La susceptibilidad a la degradación ruminal de la fracción fibrosa del follaje de árboles y arbustos forrajeros, cambia en función de la especie, edad y el estado de madurez. A medida que la planta avanza en su crecimiento vegetativo hacia el estado de madurez, ocurre una disminución del contenido de proteína y un aumento del contenido de fibra, todo ello asociado a un incremento en la concentración de lignina. La lignina actúa como una barrera que impide la acción microbiana y la hidrólisis enzimática de la celulosa y la hemicelulosa, haciendo menos disponibles los carbohidratos estructurales potencialmente degradables, disminuyendo la digestibilidad de la fibra y la calidad y aprovechamiento del forraje, es importante destacar que este proceso es mucho más acentuado en los tallos que en las hojas y peciolos.

La evaluación de la degradación ruminal del follaje a diferentes edades permite determinar el mejor estado de madurez para su utilización como forraje, lo cual se debe correlacionarse con la producción de materia seca para seleccionar la edad de corte del follaje donde se obtenga un excelente rendimiento con la calidad y digestibilidad más adecuada. Sin embargo, la información referida a la degradación ruminal del follaje de *Moringa oleifera* a diferentes edades de rebrote es escasa.

El objetivo de este trabajo fue determinar la cinética de degradación ruminal de la materia seca (MS) y materia orgánica (MO) del follaje de *Moringa oleifera*, a tres edades de rebrote empleando el método de degradabilidad *In Situ* y la técnica *In Sacco*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la finca Santa Rosa, propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicada en la comarca Sabana Grande, municipio de Managua, localizada

geográficamente a 12°08'15" latitud norte, 86°09'36" longitud este, con una elevación de 56 metros sobre el nivel del mar (msnm) (INETER, 2009), en el período comprendido entre agosto y noviembre del 2012.

Para la preparación de las muestras de follaje se utilizó un área de *Moringa oleifera* establecida como cultivo puro en el año 2008, con una densidad de 166 000 plantas por hectárea, en la cual no se utiliza ni riego, ni fertilización. Antes de iniciar el experimento de incubación de las muestras en las vacas fistuladas, se realizó un corte de uniformidad para asegurar la disponibilidad de rebrotes de 45, 60 y 75 días de edad. La cosecha de follaje se realizó con machete cortando a una altura de 50 cm del suelo y seleccionando la fracción fina que incluía hojas, peciolos y tallos con diámetro menor o igual a cinco mm.

Las muestras de fracción fina fresca fueron sometidas a un proceso de deshidratación, en un horno solar de circulación forzada de aire, a una temperatura promedio de 60±5°C durante 48 horas, posteriormente fueron molidas en un molino Cyclotec con una criba de 2.5 mm y luego almacenadas e identificadas para su posterior utilización en etapa de degradación ruminal.

La estimación de la tasa de degradabilidad ruminal del follaje de *Moringa* a diferentes edades de rebrote se efectuó mediante la técnica descrita por Ørskov y McDonald (1979) con bolsas de nylon. Se usaron bolsas PSE 28/17 con tamaño de poros de 28 micras y área abierta de 17%. Las bolsas tienen un tamaño exterior de 120 x 60 mm e interior de 100 x 50 mm. Las bolsas fueron pesadas individualmente y en cada una de ellas se colocaron 10 gramos del follaje molido de *Moringa*. Se utilizaron nueve tiempos de incubación (3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 y 120 horas), con cuatro bolsas por tiempo de incubación y tres edades de rebrote, para un total de 108 bolsas por animal.

Las bolsas de nylon fueron suspendidas en el rumen de dos vacas doble propósito criollas Reyna fistuladas con una cánula ruminal permanente #1C de la compañía Bar Diamond, con un peso corporal al inicio del ensayo de 360 ± 8 kg y 9 años de edad, que fueron alimentadas antes y durante el experimento con forraje fresco picado de *Pennisetum purpureum* cv CT-115 de 45 días de edad, en una cantidad de materia seca equivalente al 3% del peso corporal según el NRC (1989).

Transcurrido el tiempo de incubación respectivo para cada edad de rebrote, se retiraron las respectivas bolsas y se lavaron con abundante agua potable a temperatura ambiente durante cinco minutos con el objetivo de detener el proceso de fermentación y eliminar cualquier rastro de saliva, líquido ruminal o material extraño. Luego del lavado, las bolsas extraídas del rumen fueron secadas en un horno eléctrico de circulación forzada de aire a una temperatura de 105°C.

Antes de comenzar el ensayo, a las muestras de follaje de *Moringa* se les determinó el contenido de materia seca (MS), cenizas y materia orgánica (MO) según los procedimientos descritos por la AOAC (1990). Finalizado cada tiempo de incubación, al material residual de cada bolsa de nylon se le realizó similares determinaciones que a la muestra inicial.

Se utilizó un diseño completamente al azar con una estructura bi-factorial de tratamientos con cuatro repeticiones. La cinética de la degradación fue determinada con el procedimiento descrito por Ørskov y McDonald (1979). Los datos fueron ajustados a la ecuación exponencial $Y = a + b * (1 - \exp(-c * t))$, donde: Y = degradación potencial del material después de t horas; a = representa el sustrato soluble y completamente degradado que sale rápidamente de la bolsa de nylon; b = representa la fracción insoluble pero potencialmente degradable del sustrato el cual es degradado por los microorganismos de acuerdo con un proceso cinético de primer orden; c = tasa constante de la función b; e = base de los logaritmos neperianos y t = tiempo de incubación ruminal en horas.

El ajuste de las curvas de degradabilidad se realizó por medio de modelos no lineales asumiendo que las curvas de degradación de ambas vacas eran iguales. Los coeficientes iniciales del modelo fueron estimados por prueba y error. Después del ajuste de los modelos, se realizó análisis de residuales para detectar violaciones a los supuestos de homocedasticidad y normalidad por medio de inspección visual de gráficos y pruebas conexas de Fligner-Killeen y Shapiro-Wilk. Para remediar las violaciones a los supuestos anteriores y obtener estimadores consistentes en los modelos, se utilizó una matriz robusta de varianza-covarianza (estimador sándwich). Para conocer el efecto del tiempo de incubación sobre la tasa de degradabilidad para cada edad de rebrote se realizó análisis de varianza y, después del ajuste del modelo, se realizó análisis de residuales siguiendo el mismo procedimiento que para los modelos no lineales. Para remediar las violaciones a los dos supuestos mencionados arriba, los análisis fueron realizados sobre datos transformados en rango. Se utilizó la prueba honesta de Tukey para realizar comparaciones múltiples entre tratamientos. Todos los análisis fueron realizados en el paquete estadístico R (R Development Core Team, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química (MS, PB, FDN, FDA y cenizas) del follaje de *Moringa oleifera* a diferentes edades de rebrote se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Composición química del follaje de *Moringa oleifera* a diferentes edades de rebrote

Nutrientes	Edad de rebrote (días)		
	45	60	75
Materia Seca (g kg ⁻¹) g kg ⁻¹ MS	170.2	157.1	151.0
Proteína bruta (PB)	228.9	226.3	222.5
Fibra detergente neutro (FDN)	289.0	307.5	321.2
Fibra detergente ácido (FDA)	203.1	225.1	227.6
Cenizas	94.1	92.4	82.7

El contenido de PB no se ve afectado por las diferentes edades de rebrote. Esto puede ser explicado porque el contenido de nitrógeno en las hojas y tallos jóvenes generalmente no disminuye significativamente cuando la madurez de la planta incrementa en rangos de edades muy cortas (Miquilena *et al.*, 1995). En el presente trabajo el contenido de PB estuvo entre el rango de 170-274 g PB kg⁻¹ MS, reportado por otros autores (Reyes-Sánchez *et al.*, 2006a; Reyes-Sánchez *et al.*, 2006b; Reyes-Sánchez *et al.*, 2009; Mendieta-Araica *et al.*, 2011; Mendieta-Araica *et al.*, 2013)

No obstante, el contenido de FDN, FDA y cenizas incrementan ligeramente cuando se incrementa la edad de rebrote. Los tallos jóvenes son normalmente de alta calidad, sin embargo, la calidad disminuye más rápido que en las hojas, debido a que la pared celular y el contenido de lignina aumentan al incrementar la edad de rebrote. El contenido de FDN y FDA obtenidos en este estudio para diferentes edades de rebrote están dentro del rango de 219-564 g kg⁻¹ MS y 114-515 reportados por otros investigadores (Makkar and Becker 1996; Makkar and Becker 1997; Reyes-Sánchez *et al.*, 2006; Reyes-Sánchez *et al.*, 2009; Mendieta-Araica *et al.*, 2011; Mendieta-Araica *et al.*, 2013) para FDN y FDA, respectivamente.

Degradación ruminal de la materia seca (DRMS). En la figura 1, se observa la curva de DRMS y en la tabla 2 se presentan los valores de degradabilidad ruminal de la MS del follaje de *Moringa oleifera* a diferentes edades de rebrote. Se encontró diferencia altamente significativa (p<0.001) de la edad de corte sobre la DRMS del follaje de *Moringa* y que independientemente de la edad de rebrote la degradabilidad potencial de la MS del follaje de *Moringa* es superior al 90%, esto significa que cualquiera de estos materiales, al permanecer por tiempo indefinido en el rumen del animal se lograría la desintegración total.

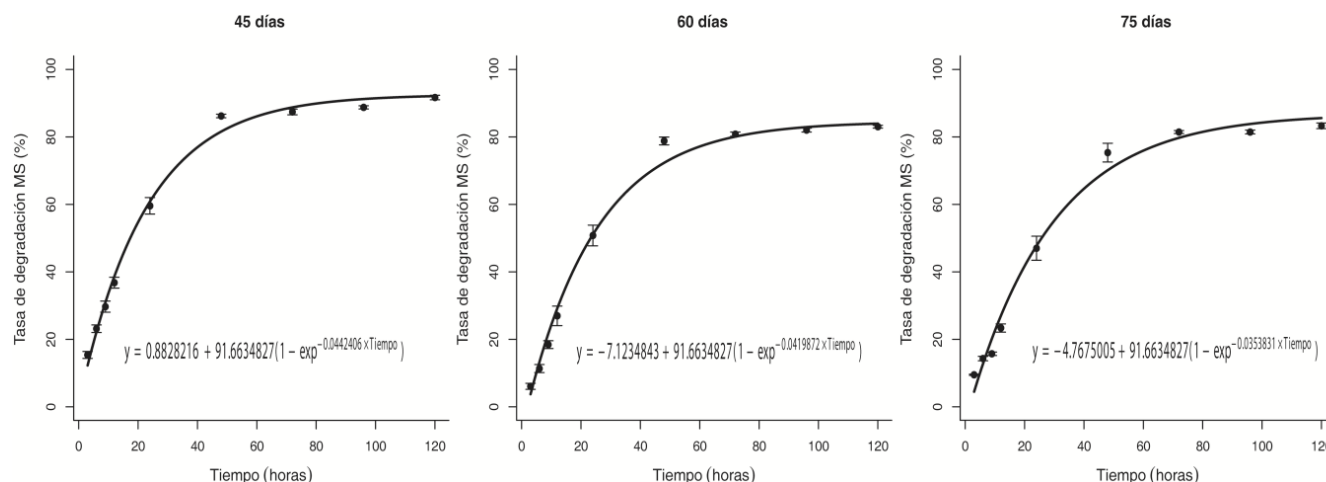


Figura 1. Degradación ruminal de la MS del follaje de *Moringa oleifera* a tres diferentes edades de rebrotes y tiempos de incubación ruminal.

Tabla 2. Valores de degradabilidad ruminal de la materia seca (MS) de *Moringa oleifera* a diferentes edades de rebrote

Edad de rebrote (días)	Fracción soluble (a)	Fracción degradable (b)	Tasa de degradación (c)	Degradabilidad potencial (a+b)
45	0.88	91.66	4.42	92.54
60	7.12	91.66	4.19	98.78
75	4.77	91.66	3.53	96.43

La fracción soluble (a) que representa el material de rápida fermentación compuesta por células del mesofolio, fue diferente para las tres edades de corte ($p < 0.001$), por otro lado no hubo diferencia estadística ($p > 0.01$) de la fracción degradable (b) que representa el material de lenta fermentación compuesta por células del esclerénquima y parénquima; no obstante se encontró diferencia estadística ($p < 0.001$) de la fracción (c) igual a la tasa con que se degrada la fracción b a las tres edades de rebrote.

Por otro lado, cuando se estima la DRMS a las 48 horas de incubación en el rumen (tabla 3), el material que presenta mayor degradabilidad es el de 45 días de rebrote con 81.48%, la que difiere significativamente ($p < 0.050$) de la degradabilidad del follaje a los 60 y 75 días (73.3 y 78.7%).

Tabla 3. Degradación ruminal de la materia seca (MS) en porcentaje del follaje de *Moringa oleifera* a diferentes edades de rebrote y tiempos de incubación ruminal

Tiempo incubación (horas)	Edad de rebrote (días)		
	45	60	75
3	11.50	10.01	9.71
6	21.58	18.83	18.45
9	30.40	26.60	26.30
12	38.12	33.46	33.36
24	60.54	53.68	55.18
48	81.48	73.27	78.79

Los valores de degradación ruminal del follaje de *Moringa oleifera* de 45, 60 y 75 días de rebrote, a las 48 horas de incubación son superiores a los reportados por Gutierrez *et al.*, (2012) de un 64.85%, para follaje de *Moringa oleifera*. La diferencia entre los resultados pueden estar influenciado por diversos aspectos que pueden afectar la degradación de un forraje no solo relacionados con planta sino también con el animal como el pH del rumen y la temperatura que juegan un papel importante en la actividad microbiana (Galindo 2005). Otro factor a ser tomado en cuenta es el tamaño de la partícula, que es un criterio de regulación de la tasa de pasaje. Las partículas deben cumplir ciertos criterios antes de poder salir del rumen (reducción de tamaño, reducir la flotabilidad y aumentar la gravedad específica) y las posibilidades de abandonar el rumen aumentan con el tiempo que resida la partícula en el mismo (Araujo y Vergara, 2007).

Los resultados de degradabilidad del presente trabajo son también superiores a los reportados por Flores *et al.*, (1998) para otros arbustos forrajeros como *Trichantera gigantea* (67.4%) y *Morus alba* (74.5%).

Degradabilidad ruminal de la materia orgánica (DRMO). La curva y los valores de DRMO del follaje de *Moringa oleifera* a diferentes edades de rebrote se muestran en la figura 2 y la tabla 4, respectivamente.

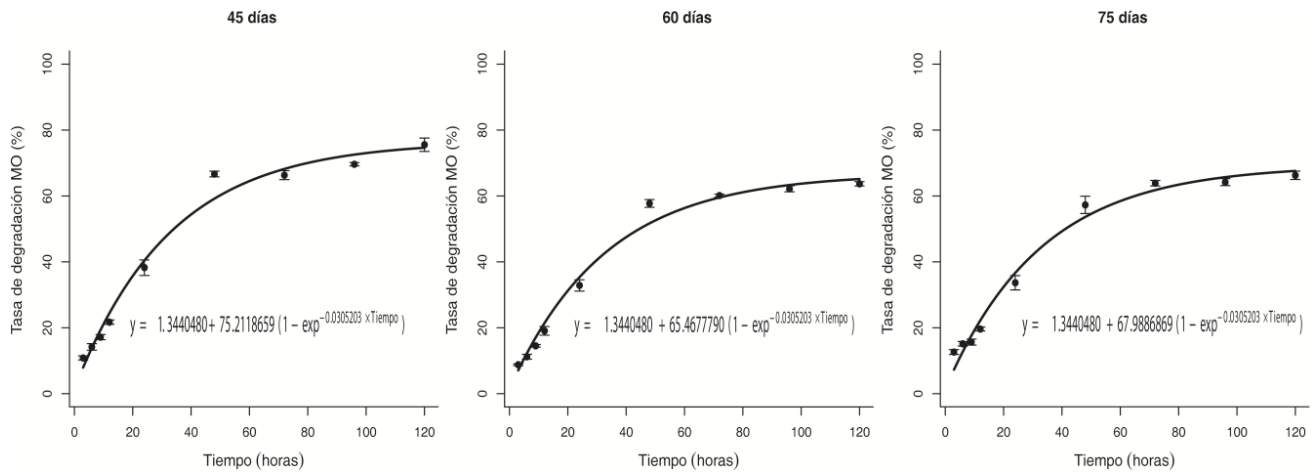


Figura 2. Degradación ruminal de la MO del follaje de *Moringa oleifera* a tres diferentes edades de rebrotes y tiempos de incubación ruminal.

Tabla 4. Valores de degradabilidad ruminal de la materia orgánica (MO) de *Moringa oleifera* a diferentes edades de rebrote

Edad de rebrote (días)	Fracción soluble (a)	Fracción degradable (b)	degradación Tasa de (c)	Degradabilidad potencial (a+b)
45	1.34	65.46	0.031	66.80
60	1.34	75.21	0.031	73.55
75	1.34	67.98	0.031	69.32

Se encontró diferencia significativa ($p > 0.001$) de la edad de rebrote del follaje de *Moringa* sobre la degradación de la MO (Prueba honesta de Tukey). Los valores de degradación ruminal máximos para materia orgánica se obtuvieron a las 120 horas de incubación con 74.59%, 65.10% y 66.24% a los 45, 60, y 75 días de edad de rebrote.

No se encontró diferencia significativa ($p > 0.01$) de la fracción de rápida degradación (a); en las diferentes edades de rebrote, aunque se encontró diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) de la fracción de menor rapidez de degradación (b), mientras que no se encontró diferencia de la tasa con que se degrada la fracción b (c) en las tres edades de rebrote (prueba honesta de Tukey).

Por otro lado, al estimar la degradabilidad de la MO a las 48 horas de incubación en el rumen (tabla 5), el follaje de *Moringa* con 45 días de rebrote presenta la mayor degradabilidad ruminal con 58.87% la que difiere estadísticamente ($p < 0.050$) de la degradabilidad del follaje con 60 y 75 días (51.37 y 52.28) de rebrote, los que no difieren entre sí.

Tabla 5. Degradación ruminal de la materia orgánica (MO) en porcentaje del follaje de *Moringa oleifera* a diferentes edades de rebrote y tiempos de incubación ruminal

Tiempo incubación (hora)	Edad de rebrote (días)		
	45	60	75
3	6.70	5.85	6.07
6	12.81	11.18	11.38
9	18.39	16.05	16.33
12	23.48	20.49	20.85
24	39.75	34.69	35.31
48	58.87	51.37	52.28

Los valores para degradación ruminal de la materia orgánica del follaje de *Moringa oleifera* reportados por Gutiérrez et al (2012) de 59.06% son similares a los encontrados en el presente trabajo con follaje de 45 días de edad (58.87%).

Este resultado encontrado a las 48 horas de incubación (58.87%) es superior a los reportados por Pinto et al., (2004) para follajes de otros árboles y arbustos forrajeros como *Eritrina goldmanni* (54.71%), *Leucaena leucocephala* (46.33%) y *Guazuma ulmifolia* (40.88%) e inferior a *Gliricidia sepium* (63.38%).

Los resultados de las tablas 3 y 5 son consistentes con lo encontrado en la composición química de las muestras de follajes de *Moringa* donde se observa un aumento de los componentes de la pared celular (FND y FAD) y disminución del contenido de PB, en la medida que el follaje se cosecha a mayor edad de rebrote (tabla 1). Sin embargo, es importante destacar que a pesar de haber un incremento en la FDN y FDA cuando se incrementa la edad de rebrote, el material aún presenta fibra muy degradable debido a que esta proviene en su mayoría de las hojas y que el proceso de lignificación de los tallos jóvenes aún no es muy marcado.

CONCLUSIÓN

Los resultados de este trabajo sugieren que el follaje de *Moringa oleifera* en las tres edades de rebrote (45, 60 y 75 días)

presenta una alta y fácil degradación potencial en el rumen, tanto de la MS con 92.54%, 98.78% y 96.43%, como de la MO con 66.8%, 73.55 y 69.32%, respectivamente. No obstante, el follaje con edad de rebrote de 45 días y a las 48 horas de incubación ruminal presenta la mejor degradabilidad ruminal de la MS y MO con 81.46% y 58.87%, respectivamente, ya que la intensidad de degradación está relacionada con las características del material vegetal y el tiempo de exposición del material a la acción de los microorganismos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Programa Marango (PROMARANGO) dentro de cuyo marco de acción se llevó a cabo el presente trabajo, asimismo se agradece el apoyo financiero brindado por ALBALINISA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, F; Vergara, L. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. *Producción Animal* 15:133-140.
- Atta-Krah, A; Sumberg, J. 1988. Studies with *Gliricidia sepium* for crop-livestock production systems in West Africa. *Agrof. Syst.* 6: 97-118.
- Duke J, A. 1983. Handbook of energy crops (*Moringa oleifera*). Center for new crops and plant products (en línea). Purdue University, Indiana, US. Consultado 29 ago. 2013. Disponible en: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Moringa_oleifera.html.
- Flores, O; Bolívar, D; Botero, J; Ibrahim, M. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico (en línea). *Livestock research for rural Development*, 10(1). Consultado 29 ago. 2013. Disponible en: lrrd.cipav.org.co/lrrd10/1/cont10_1.htm
- Galindo, J; González, N; Marrero, Y; Aldama, A. 2005. Cinética de la actividad de las celulasas microbianas en el líquido de rumen. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39(4), 587-592.
- Gutiérrez, P; Rocha, L; Reyes-Sánchez, N; Paredes, V; Mendieta-Araica, B. 2012. Tasa de degradación ruminal de follaje de *Moringa oleifera* en vacas Reyna usando la técnica *in sacco*. *La Calera* 12(18):37-44.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) 2009. Informe meteorológico. Nicaragua.
- Makkar, H; Becker, K. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Anim. Feed Sci. Techn.* 63: 211-228.
- Makkar, H; Becker, K. 1997. Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *J. Agric. Sci. Camb.* 128: 311-332.
- Mendieta-Araica, B; Spordly, E; Reyes-Sánchez, N; Spordly, R. 2011. Feeding *Moringa oleifera* fresh or ensiled to cows, effects on milk yield and milk flavor. *Tropical Animal Health and Production Tropical Animal Health and Production* 43:1039-1047
- Mendieta-Araica, B; Spordly, E; Reyes-Sánchez, N; Salmerón-Miranda, F; Halling, M. 2013. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. *Agroforestry Systems* 87:81-92
- Miquilena, E; Ferrer, O; Clavero, T. 1995. Efecto de tres frecuencias de corte y tres densidades de siembra sobre las fracciones nitrogenadas en hojas y tallos de *Gliricidia sepium*. *Rev. Fac. Agron. (Luz)* 12:193-207.
- National Research Council. (1989) Nutrients requirements of dairy cattle. Washington. D.C. National Academy Press. 157p.
- Ørskov, R; McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science* 92:499
- Pinto, R; Gómez, H; Martínez, B; Hernández, A; Medina, F; Ortega, L; Ramírez, L. 2004. Forage species utility in silvo pastoral system in the valley central of Chiapas. *Avances en Investigación agropecuaria*. 8:1-11.
- R Development Core Team (2012) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org/>.
- Rachie, KO. 1983. Intercropping tree legumes with annual crops. In: P.A. Huxley (ed). *Plant Res. Agrof. ICRAF*, Nairobi, Kenya. pp. 103-116.
- Reyes-Sánchez, N; Ledin S; Ledin I. 2006 a. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua. *Agroforestry Systems* 66:231-242
- Reyes-Sánchez N; Spordly, E; Ledin I. 2006 b. Effect of feeding different levels of foliage of *Moringa oleifera* to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and composition. *Livestock Science* 101: 24-31
- Reyes-Sánchez, N; Rodríguez, R; Mendieta-Araica, B; Mejía-Sovalbarro, L; Mora-Taylor, A. 2009. Efecto de la suplementación con *Moringa oleifera* sobre el comportamiento productivo de ovinos alimentados con una dieta basal de pasto guinea (*Panicum maximum Jacq.*). *La Calera* 9(13):60-69.