



DEGRADABILIDAD *IN SITU* DE LA MATERIA SECA DE CUATRO PLANTAS PROTEICAS FORRAJERAS: *ERYTHRINA VARIEGATA*, *LEUCAENA* *LEUCOCEPHALA*, *MORINGA OLEIFERA* Y *NEONOTONIA WIGHTII*

IN SITU DEGRADABILITY OF DRY MATTER FROM FOUR FORAGE PROTEIN PLANTS: *ERYTHRINA VARIEGATA*, *LEUCAENA LEUCOCEPHALA*, *MORINGA OLEIFERA* AND *NEONOTONIA WIGHTII*

✉ J. MARTÍNEZ-MELO^{1*}, ✉ DAYAMI FONTES MARRERO¹, ✉ C.A. MAZORRA CALERO¹,
✉ DAIKY VALENCIAGA², ✉ Y. ACOSTA¹, ✉ J.O. SERRANO¹

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez (UNICA),
Carretera a Morón km 9 ½ CP: 69450, Ciego de Ávila, Cuba

²Instituto de Ciencia Animal, C. Central, km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

*E-mail: martinezmelo79@gmail.com

Para determinar la degradabilidad *in situ* de la materia seca de: *Erythrina variegata*, *Leucaena leucocephala*, *Moringa oleifera* y *Neonotonia wightii* (Glycine) se utilizaron dos ovinos machos canulados de la raza Pelibuey, con peso de 36 kg. Se utilizaron tiempos de incubación de 0, 8, 16, 24, 36, 48 y 72 horas y se aplicó el método de la bolsa en rumen. La tendencia de degradabilidad ruminal fue en incremento en el orden: Glycine, Leucaena, Erythrina y Moringa. Para Moringa, se obtuvo mayor valor de degradabilidad ruminal a las 72 horas, superior a 80 %, así como de degradabilidad efectiva (59.35 %). Se concluye que, aunque las plantas son promisorias para la alimentación de rumiantes, la Moringa presentó indicadores superiores en los parámetros de la degradación ruminal y degradabilidad *in situ* de la materia seca. Se requieren estudios de degradabilidad ruminal que relacionen la frecuencia de corte y efectos de metabolitos secundarios.

Palabras clave: arbóreas, composición química, degradabilidad ruminal, leguminosas, valor nutritivo

To determine the *in situ* degradability of dry matter of: *Erythrina variegata*, *Leucaena leucocephala*, *Moringa oleifera* and *Neonotonia wightii* (Glycine), two cannulated male sheep of Pelibuey breed, weighing 36 kg, were used. Incubation times of 0, 8, 16, 24, 36, 48 and 72 hours were used and the rumen bag method was applied. The trend in ruminal degradability was increasing in the order: Glycine, Leucaena, Erythrina and Moringa. For Moringa, a higher value of ruminal degradability was obtained at 72 hours, greater than 80 %, as well as effective degradability (59.35 %). It is concluded that, although the plants are promising for ruminant feeding, Moringa showed superior indicators in the parameters of ruminal degradation and *in situ* degradability of dry matter. Ruminal degradability studies are required that relate cutting frequency and secondary metabolite effects.

Key words: chemical composition, legumes, nutritional value, ruminal degradability, trees

La biomasa de los árboles y plantas leguminosas ha tenido una función importante en la alimentación de los rumiantes en los últimos años. Las plantas forrajeras leguminosas han mostrado ser una opción favorable para complementar la alimentación de rumiantes. No obstante, existen otras plantas con potencial para la producción de follaje, las que tienen

valor nutricional comparable con las leguminosas, como *Moringa oleifera* (Gutiérrez *et al.* 2015). Otros factores, como los ambientales, influyen en la composición bromatológica y el valor nutritivo de las plantas: las condiciones edafoclimáticas y las diferentes variedades, aunque todavía falta información para precisar el valor nutricional de diferentes especies.

Recibido: 01 de junio de 2025

Aceptado: 03 de septiembre de 2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del artículo.

Declaración de contribución de autoría CRediT: Conceptualización, Investigación, Redacción - documento original: J. Martínez Melo, C.A. Mazorra Calero. Conceptualización, Supervisión, Redacción - documento original: Dayami Fontes Marrero. Curación de datos, Investigación, Redacción - documento original: Daiky Valenciaga. Metodología: Y. Acosta, J.O. Serrano.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Los estudios de la degradabilidad ruminal infieren la calidad de los nutrientes de los alimentos. En la actualidad, el método *in sacco* ha sido el método más eficaz para estudiar la degradación de alimentos dentro del rumen (Elizondo-Salazar y Monge-Rojas 2020 y Meza-Bone et al. 2022). La técnica de bolsas de nailon para medir la degradabilidad ruminal de muestras de alimentos sigue siendo de gran utilidad en la evaluación de especies vegetales con potencialidades para la alimentación de rumiantes.

El objetivo de este trabajo fue determinar la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca (MS) de las plantas *Erythrina variegata* (Erythrina), *Leucaena leucocephala* (Leucaena), *Moringa oleifera* (Moringa) y *Neonotonia wightii* (Glycine).

El estudio se realizó en la Estación Experimental “Dr. Juan Tomás Roig” del Centro de Bioplasmas, perteneciente a la Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”.

Colección y procesamiento de las muestras: Las distintas muestras de follajes se colectaron en zonas del municipio Ciego de Ávila, en áreas de fincas ganaderas y en la Universidad de Ciego de Ávila.

Se colectaron aleatoriamente muestras compuestas del follaje de cuatro plantas proteicas: Erythrina, Leucaena, Moringa y Glycine. En cada caso, se tomaron muestras de las hojas - peciolo. Las muestras se secaron a 65 °C en una estufa con circulación forzada de aire durante 48 h.

El molinado de todas las muestras se realizó para obtener tamaños de partículas entre 2.5 y 3 mm para los análisis de degradabilidad ruminal y entre 0.8-1 mm para los análisis químicos de MS. En todos los casos, se utilizó un molino de martillo con sus correspondientes tamices y el material procesado se preservó adecuadamente hasta su utilización.

Manejo de los animales y dietas: Las muestras se tomaron de dos ovinos machos Pelibuey, con peso vivo de 36 kg y canulados en el saco dorsal del rumen. Los animales pastorearon en un área donde predominaba la leguminosa rastrera *Teramnus labialis* y tuvieron libre acceso al agua y sal común.

Procedimiento para separar las fracciones solubles e insolubles de los follajes: Entre 1-2 g de muestra de MS se colocó en un vaso de precipitado con 150 mL de agua destilada a temperatura ambiente (20-25 °C) durante 105 min, con agitación intermitente. Se filtró la solución mediante un papel de filtro Whatman No. 1 (diámetro de 15 cm) y se lavó el residuo con agua destilada hasta que se recogieron aproximadamente 500 mL del filtrado. El papel de filtro, que contenía los residuos insolubles, se colocó en una estufa a 60 °C durante 48 h. El papel con el residuo seco se traspasó rápidamente a una bolsa plástica, previamente pesada, y se selló herméticamente. La bolsa se pesó luego de una hora y se calcularon las pérdidas de lavado por diferencia de pesos.

Degradabilidad ruminal in situ: La determinación de la degradabilidad ruminal de la MS de los materiales vegetales evaluados se realizó según el procedimiento de las bolsas

de nailon o *in situ*, descrito por Mehrez y Ørskov (1977). Se pesaron por duplicado 5 g de muestra de cada material vegetal colectado (Erythrina, Leucaena, Moringa y Glycine) para cada horario de incubación y animal. Se utilizaron para ello bolsas de nailon Ankom® de dacrón/poliéster (ANKOM Technology), con tamaño de poro de 50±10 µm y dimensiones internas de 10 x 20 cm, previamente taradas y debidamente identificadas.

Las bolsas se cerraron y se sumergieron durante 30 segundos en agua limpia, previo a su incubación en rumen, con el propósito de prehidratarlas y generar el factor de corrección por escape de partículas al tiempo de 0 h. Se introdujeron secuencialmente en el compartimento ventral del rumen de los animales, canulados a las 0, 8, 16, 24, 36, 48 y 72 h, y luego se retiraron en forma simultánea. Para ello se utilizó una bolsa de poliéster acoplada a una cuerda de nailon de 50.0 cm de largo.

Posteriormente, cada bolsa se lavó con agua corriente de forma manual hasta que el agua salió clara. Se colocaron en bandejas de aluminio y se secaron durante 48 h, a una temperatura de 60 °C, en una estufa de ventilación forzada. Después se transfirieron a una desecadora por 30 min y se pesaron en una balanza de precisión para determinar la desaparición de la MS. La diferencia entre el peso inicial de la muestra colocada en los sacos de nailon y el peso del residuo después de la incubación ruminal, se utilizó para determinar la MS degradada en el rumen.

La MS se determinó según la AOAC (1995). Los contenidos de MS residual se determinaron por triplicado, al secar 2 g de muestra a 105 °C durante 24 h.

Procesamiento de los datos y análisis estadístico: Para la determinación de las características degradativas, se utilizó el modelo exponencial propuesto por Ørskov y Mc Donald (1979). Se asumió que la curva de degradación de la MS (DMS) en el tiempo sigue un proceso cinético de primer orden que se describe de la siguiente forma:

$$P = A \text{ para } t_0 = 0$$

$$P = a + b(1 - e^{-ct}) \quad t > t_0$$

donde:

P: Degradación ruminal. Es la degradación ruminal del indicador evaluado en el tiempo (t) de permanencia en el rumen

a: Intersección de la curva de degradación a tiempo cero.

Representa el componente que se degrada rápidamente

b: Degradabilidad potencial del componente en el tiempo t

c: Base de los logaritmos naturales (2.71828)

a + b: Degradabilidad total del componente

t: Tiempo de incubación

A: Fracción rápidamente soluble. Se obtiene mediante la incubación de la muestra en un baño de agua a 39 °C durante 30 min

Para la determinación de la degradabilidad efectiva ruminal (DE) se empleó el modelo de McDonald (1981)

$$DE = A + \left(\frac{B}{c+k} \right)$$

donde:

DE: Degradabilidad efectiva ruminal *in situ*

k: Tasa fraccional de pasaje ruminal. Se asume k = 0.02

B: Fracción insoluble pero potencialmente degradable.

$$B = (a+b) - A \text{ (Ørskov 2002)}$$

c: Tasa de degradación de la fracción

Para la estimación matemática de la cinética de degradación de la MS de cada uno de los materiales, se empleó el programa NEWAY EXCEL (Chen 2000).

Los parámetros de la cinética ruminal y degradabilidad de la MS de los materiales vegetales evaluados (tabla 1) muestra que la degradabilidad efectiva de la MS mantuvo una tendencia al incremento en el orden siguiente: Glycine, Leucaena, Erythrina y Moringa. La leguminosa rastrera Glycine presentó valores inferiores al 50 %, mientras que el resto de los materiales vegetales estuvieron entre 53.81 y 59.35 %, con el mayor valor para la Moringa.

Tabla 1. Parámetros de la cinética ruminal y degradabilidad efectiva de la MS de materiales vegetales de plantas proteicas

Parámetros	Moringa	Erythrina	Leucaena	Glycine
A (%)	37.95	35.97	34.80	30.10
B (%)	52.55	52.53	51.78	45.15
A+B (%)	90.50	88.50	86.58	75.25
c (Fracción h ⁻¹)	0.081	0.075	0.072	0.063
R ²	0.99	0.97	0.99	0.98
DE (%) k: 0.02	59.35	56.00	53.81	45.35

A: fracción soluble, B: fracción insoluble pero potencialmente degradable, A+B: degradabilidad potencial, c: tasa de degradación de la fracción B, R²: coeficiente de determinación perteneciente al modelo, DE: degradabilidad efectiva ruminal.

El modelo utilizado en el análisis presentó altos coeficientes de determinación (R²) para cada uno de los materiales vegetales. Los valores de la fracción soluble (A) también mostraron tendencia al incremento en el mismo orden de los materiales vegetales antes mencionados. La fracción potencialmente degradable (B) presentó valores semejantes en la Moringa, Erythrina y Leucaena, mientras que en la Glycine fue inferior a 50 % de la MS. Asimismo, la degradabilidad potencial (A+B) mostró la misma tendencia en los materiales vegetales que la fracción soluble (A). Se destacó la Moringa con 90.5 % de degradabilidad potencial y la Glycine con el menor valor.

La evolución de la desaparición de la MS después de la incubación ruminal *in situ* (figura 1), mostró aumento a medida que se incrementó el tiempo de incubación para

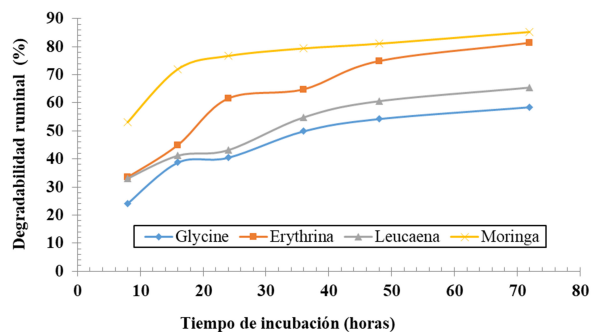


Figura 1. Degradabilidad ruminal *in situ* de la MS de las plantas proteicas

los materiales vegetales. La Moringa presentó valores de degradabilidad ruminal superiores al resto de las plantas en cada hora de evaluación. La tendencia de degradabilidad ruminal de los materiales vegetales fue en incremento en el siguiente orden: Glycine, Leucaena, Erythrina y Moringa. Para esta última planta se obtuvo una degradabilidad ruminal a las 72 h de más del 80 %, mientras que la Glycine presentó un valor inferior al 60 %.

La cinética degradativa mostró incremento de la desaparición de la MS con el tiempo de incubación en el rumen. Asimismo, el ajuste de los datos de degradabilidad ruminal *in situ* al modelo propuesto, $P = a + b(1 - e^{-ct})$ mostraron R² iguales o superiores a 97.0 para las plantas estudiadas. Esto demuestra un correcto ajuste de los valores de degradación al modelo (tabla 1). Lo anterior explica el comportamiento degradativo de estos materiales de plantas proteicas y demuestra que los compuestos estructurales de la pared celular no impidieron la acción de los microorganismos celulolíticos ruminales (Gutiérrez *et al.* 2015).

La O *et al.* (2018) con forraje de *Gliricidia sepium*, procedente de un ecosistema salino y de alta sequía encontraron valores de la degradabilidad ruminal efectiva de MS entre 63.1 y 67.6 % para diferentes constantes de recambio ruminal. Asimismo, los valores de la fracción soluble A) 40.7 % e insoluble B) 36.76 % difirieron de los encontrados en las plantas evaluadas (tabla 1). No obstante, la fracción A+B de Moringa, Erythrina y Leucaena fue superior a la *Gliricidia sepium*, según La O *et al.* (2018). Al parecer, estas diferencias se pueden debe a las diferentes proporciones de los carbohidratos solubles y a la composición bromatológica, así como a otros factores relacionados con las condiciones edafoclimáticas.

Valenciaga *et al.* (2018) encontraron resultados diferentes en los parámetros de la degradabilidad de materiales vegetales de *Tithonia diversifolia*, con menores valores en la fracción “a” y mayores en la fracción “b”, comparados con las plantas evaluadas (tabla 1). Los resultados de degradabilidad ruminal de las plantas proteicas de este estudio pudieron estar relacionados con su composición química

(contenidos de carbohidratos solubles), que favorecieron mayor degradabilidad de la MS de la planta Moringa a las 72 h. La fermentación ruminal de estas plantas podría propiciar mayor disponibilidad de compuestos como amoníaco, aminoácidos, péptidos y ácidos grasos de cadena corta ramificados, que favorece la sincronización de nitrógeno y energía para los microorganismos del rumen (Valenciaga et al. 2018). Gutiérrez et al. (2024) constatan los beneficios en la degradabilidad ruminal al mezclar el raigrás (*Lolium perenne*) y dos especies de tréboles (*Trifolium repens* y *T. pratense*). Estos autores encontraron que la mezcla con 70 % de raigrás y 30 % de trébol tuvo degradabilidad potencial (AB) entre 90 y 96 %, resultados semejantes a la degradabilidad potencial de la Moringa en el presente estudio.

Los resultados de la degradabilidad efectiva de la MS (tabla 1) difieren con la mayoría de las gramíneas tropicales que presentan valores inferiores al 40 % (Ascencio-Rojas et al. 2019). En este sentido, se pueden lograr mejores condiciones del ambiente y degradabilidad ruminal de los forrajes, cuando se incluyen plantas arbustivas con mayores niveles de proteína que los forrajes de gramíneas (Meza-Bone et al. 2022). Otros autores determinaron mayor degradabilidad de la MS cuando se incrementó el nivel de proteína con la incorporación de frutos de leguminosas (Sosa-Pérez et al. 2023).

Los resultados obtenidos se relacionan con la composición química de las plantas estudiadas. Se puede considerar que el contenido de proteína se encuentra en un rango superior, en relación con las gramíneas forrajeras utilizadas para la alimentación de los rumiantes. Asimismo, con niveles altos de carbohidratos solubles lo que indica una posible ventaja de su utilización en rumiantes, ya que con la cantidad de carbohidratos no estructurales presentes, se espera un aprovechamiento más eficiente de la proteína degradable en rumen (Valenciaga et al. 2018).

Los resultados de la cinética de degradación ruminal (figura 1) concuerdan con otros estudios en plantas no leguminosas, como los de Ascencio-Rojas et al. (2019), que obtuvieron un 77 % de degradación para la *Moringa oleifera*, Choque-Durand et al. (2018) encontraron un 70 % para *Erythrina sp.* Gutiérrez et al. (2015) obtuvieron en muestras de Moringa degradabilidad *in situ* de la MS de 71.26 % en una mezcla de *Cenchrus purpureus* con Moringa (40:60), una degradabilidad del 69.79 % y 67.29 % de degradabilidad con 40 % de Moringa y 60 % de *Cenchrus purpureus*.

Se concluye que la Moringa presentó superiores indicadores en los parámetros de la degradación ruminal, como en la degradabilidad *in situ* de la MS, seguidos en orden descendente de la *Erythrina*, *Leucaena* y *Glycine*. No obstante, se demuestra que son promisorias para su uso en la alimentación de rumiantes. Se requieren estudios de degradabilidad ruminal que relacionen la frecuencia de corte y efectos de metabolitos secundarios.

Referencias

- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. 16th Ed. Assoc. Off. Agric. Chem. Washington, D.C.
- Ascencio-Rojas, L., Valles-de la Mora, B., Castillo-Gallegos, E. & Ibrahim, M. 2019. *In situ* ruminal degradation and effective degradation of foliage from six tree species during dry and rainy seasons in Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems*, 93: 123-133, ISSN: 1572-9680. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0184-z>.
- Chen, X. B. 2000. NEWAY: Curve fitting programme software for Orskov's model (DOS version). International Feed Resources Unit, Macaulay Land Use Research Institute, Aberdeen, Scotland.
- Choque-Durand, H., Huaita, A., Cárdenas, L.A. & Ramos, R. 2018. Effect of regrowth age in the ruminal degradation of pisonay (*Erythrina sp*) in Andean valley of Abancay. *Journal of High Andean Research*, 20(2): 189 - 202, ISSN: 2313-2957. <http://doi.org/10.18271/ria.2018.363>.
- Elizondo-Salazar, J.A. & Monge-Rojas, C.R. 2020. Fistulación en bovinos y uso de la técnica de degradabilidad ruminal para análisis de alimentos. *Nutrición Animal Tropical*, 14(2): 209-229, ISSN: 2215-3527. <http://dx.doi.org/10.15517/nat.v14i2.45167>.
- Gutiérrez, D., Borjas, E., Rodríguez, R., Rodríguez, Z., Stuart, R. & Sarduy, L. 2015. Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de ensilaje mixto con *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-169: *Moringa oleifera*. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 19(3): 7-16, ISSN: 2638-1716. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83743886002>.
- Gutiérrez, F., Sacido, M. & Feldman, S. 2024. Efecto sinérgico de las mezclas de raigrás perenne con trébol sobre la degradabilidad ruminal. *Nutrición Animal Tropical*, 18(2): 56-80, ISSN: 2215-3527. <https://doi.org/10.15517/nat.v18i2.61798>.
- La O, O., González, H., Vázquez, M.C., Hernández, J., Estrada, A. & Ledea, J.L. 2018. Nutritional characterization of *Gliricidia sepium* in a saline and high drought ecosystem of the Cauto river basin, Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(3): 347-356, ISSN: 2079-3480. <https://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/8256>.
- McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *The Journal of Agricultural Science*, 96(1): 251-252, ISSN: 1469-5146. <https://doi.org/10.1017/S0021859600032081>.
- Mehrez, A.Z. & Ørskov, E.R. 1977. A study of artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *The Journal of Agricultural Science*, 88(3): 645-650, ISSN: 1469-5146. <https://doi.org/10.1017/S0021859600037321>.

- Meza-Bone, G., Meza-Bone, C., Avellaneda-Cevallo, J., Godoy-Montiel, L., Barros-Rodríguez, M. & Jines-Fernández, F. 2022. *In vitro* ruminal degradation of *Tithonia diversifolia*. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1): 43206, ISSN: 2215-3608. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.43206>.
- Ørskov, E.R. 2002. Trails and trails in Livestock Research. Abeerden. Garamond. pp.204.
- Ørskov, E.R. & McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2): 499-503, ISSN: 0021-8596. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>.
- Sosa-Pérez, G., López-Ortiz, S., Pérez-Hernández, P., Vaquera-Huerta, H., Galván, M.M. & Gallegos-Sánchez, J. 2023. Degradability of the dry matter and crude protein of fruits of *Chloroleucon manguense* and *Acacia cochliacantha* in sheep. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 58: e03026, ISSN: 1678-3921. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2023>.
- Valenciaga, D., López, J.R., Galindo, J., Ruiz, T. & Monteagudo, F. 2018. Cinética de degradación ruminal de materiales vegetales de *Tithonia diversifolia* recolectados en la región oriental de Cuba. *Livestock Research for Rural Development*, 30(11): 186, ISSN: 0121-3784. <http://www.lrrd.org/lrrd30/11/daiky30186.html>.