

¿Cuál es el Efecto de la *Moringa oleifera* sobre la Dinámica Ruminal? Revisión sistemática

WHAT IS THE EFFECT OF *Moringa oleifera* ON THE RUMINAL DYNAMICS? A SYSTEMATIC REVIEW

Indira Isis García Q.^{1,3}, Jairo Mora-Delgado¹, Julián Estrada A², Roberto Piñeros V.¹

RESUMEN

Moringa oleifera es un árbol con alto potencial para suplir deficiencias alimenticias en sistemas productivos tropicales, especialmente en rumiantes, ya que cuenta con aceptables valores nutricionales, buena palatabilidad, adaptabilidad a condiciones agrestes y alta producción de biomasa. El presente estudio es una revisión sistemática sobre el efecto del consumo de *M. oleifera* en la dinámica ruminal. Se planteó un protocolo de búsqueda que permitió sistematizar el proceso para el rastreo de información. La búsqueda identificó trabajos sobre el efecto del consumo de forraje de esta planta sobre la dinámica ruminal, en cuanto a digestibilidad y degradabilidad de la materia seca, producción de gases y cambios en población microbiana. Se consultaron 17 bases de datos bibliográficas, obteniéndose 28 artículos y 15 calificados como de calidad aceptable para el tema del estudio. Se concluye que hay una alta variación en los resultados publicados, lo cual está relacionado con la diversidad de las condiciones en que se desarrollan los estudios, el material empleado y las mezclas con forrajes y concentrados, así como las metodologías y técnicas utilizadas.

Palabras clave: alimentación animal, revisión sistemática, rumiante, poblaciones microbianas

ABSTRACT

Moringa oleifera is a tree with high potential to meet nutritional deficiencies in tropical production systems, especially in ruminants due to its nutritional value, palatability, biomass production and adaptability to harsh conditions. This systematic

¹ Grupo de investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima, Ibagué (Tolima), Colombia

² Grupo de Investigación Biología de la Producción Pecuaria, Universidad de Caldas, Manizales (Caldas), Colombia

³ E-mail: igarcia@ut.edu.co

Recibido: 23 de abril de 2016

Aceptado para publicación: 8 de octubre de 2016

review aimed to highlight the effect of fodder consumption in the ruminal dynamics. A search protocol was implemented to systematize the process for tracking the information. The search identified studies related to the effect of consumption of *M. oleifera* on rumen dynamics in terms of digestibility and degradability of dry matter, production of gases and changes in microbial population. Seventeen bibliographic databases were searched yielding 28 articles and 15 rated as acceptable quality for the purpose of this study. It was concluded that there was a high variability in the results published which is related to the diversity of conditions in the studies, material used and mixtures with other forages and concentrates, as well as the methodologies and techniques used.

Key words: animal feeding, systematic review, ruminant, microbial population

INTRODUCCIÓN

La literatura reporta diversos centros de origen de *Moringa oleifera* Lam (Brassicales: Moringaceae), pero todos coinciden en el Oriente Medio; así el sur del Himalaya, noreste de India, Pakistán, Bangladesh, Arabia Saudita y Afganistán, habiéndose naturalizado en la mayoría de países tropicales (Foidl *et al.*, 1999; Carballo, 2011). El árbol se caracteriza por tener una altura entre 10-12 m, tronco leñoso y recto con diámetro de 20-40 cm, siendo una especie de rápido crecimiento y puede vivir hasta 20 años (Falasca, 2008). Asimismo, posee copa abierta tipo paraguas y alta resistencia a plagas y enfermedades (Pérez *et al.*, 2010). La importancia del uso de esta planta como especie forrajera se debe a sus características nutricionales y alta producción de biomasa fresca (Reyes, 2006; Pérez *et al.*, 2010).

M. oleifera ha sido ampliamente estudiada en el área de alimentación y medicina humana. Las cualidades nutritivas de las hojas están entre las mejores de los vegetales perennes, pues presenta 27% de proteína cruda y cantidades importantes de calcio, hierro, fósforo, y vitamina A y C. Las hojas de moringa pueden cosecharse durante la época seca, cuando no hay otros vegetales frescos disponibles (Folkard y Sutherland, 1996).

El cultivo de *M. oleifera* se está extendiendo en América, desde el sur de los EEUU hasta el norte de Chile y Argentina (Falasca y Bernabé, 2008). Se cree que fue introducida en América por el intercambio de plantas realizado por los españoles mediante los barcos que realizaban comercio entre Filipinas y México, habiéndose encontrado referencias a esta especie en envíos de 1782, 1793, 1797 y 1872 (Pacheco, 2006). En Centroamérica fue introducida como especie ornamental y, para cercos vivos, en la década de 1920 (Foidl *et al.*, 1999). Por otro lado, no se dispone de información sobre su introducción en Colombia.

En las últimas dos décadas se han realizado investigaciones tendientes a la identificación de principios activos y sus mecanismos de acción, lo que ha permitido explicar muchos de los efectos benéficos previamente conocidos, optimizar su explotación y proponer nuevas aplicaciones. No obstante, aún se requiere la confirmación científica de algunos usos (Martín *et al.*, 2013).

Dada la importancia nutricional como económica de esta especie, el presente estudio tuvo como objetivo conocer, mediante una revisión sistemática, el grado de avance de los estudios del efecto de la *M. oleifera* sobre la dinámica ruminal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios sobre *M. oleifera* fueron seleccionados de acuerdo al protocolo y las recomendaciones de PRISMA (<http://www.prisma-statement.org/>) para el desarrollo de una revisión sistemática (RS) y el manual de Cochrane (Higgins y Green 2011); así como los reportes de Gómez Ortega *et al.* (2013) y Ferreira *et al.* (2011). En la estrategia de búsqueda se incluyeron 17 bases de datos bibliográficas específicas del área agropecuaria: University of Chicago Journals, AGBios, Embrapa, Academic Search Complete, Agris, Scielo, Science Direct, Agrícola, Pubmed, Journal of Animal Science, Animal Production, Journal of Dairy Science, Springer Journal, Scopus, Springer Books, e-books y EBSCO. Además, se consultaron diversos documentos, tesis de grado del repositorio de la Universidad Nacional de Colombia y documentos publicados en buscadores académicos. No se restringieron estudios por año ni por idioma y se tomaron los documentos publicados a diciembre de 2014.

La búsqueda se diseñó siguiendo la siguiente ruta: 1) Se definió a los rumiantes (bovinos, caprinos, ovinos) como la población objetivo, 2) el proceso a evaluar fue el efecto en la dinámica ruminal, 3) los resultados medidos en los estudios fueron el efecto de *M. oleifera* sobre la dinámica ruminal, digestibilidad y degradabilidad de la materia seca, la producción de gases y los cambios en la población microbiana.

En la búsqueda se incluyeron estudios de publicaciones de carácter científico, revisiones narrativas, conferencias y tesis de grado, donde se haya utilizado *M. oleifera* en la alimentación de rumiantes. Los términos de búsqueda, en español e inglés, utilizados fueron una combinación de *Moringa oleifera* con ruminants*, sheep, goats, cattle, bovine, animal nutrition, o marango. Se utilizaron los conectores 'or', 'and' y '*'; donde este últi-

mo realiza búsquedas orientadas por la raíz de la palabra o palabras relacionadas.

Se excluyeron los estudios en los que hacían referencia a especies diferentes a rumiantes, estudios no realizados en nutrición y estudios de carácter no científico. En la búsqueda inicial se incluyeron todos los documentos arrojados por las bases de datos, según los criterios de exclusión y selección contenidos en título y resumen. Posteriormente se excluyeron artículos repetidos, considerados duplicados por encontrarse en diferentes bases de datos.

Los criterios de inclusión fueron artículos relevantes (aquellos que son mayormente citados por otros autores). Se constató que las referencias bibliográficas citadas por otros autores se hayan incluido en la búsqueda. Los documentos fueron revisados teniendo en cuenta que en su metodología mencionaran la especie animal (rumiantes), digestibilidad *in vitro*, *in vivo* o *in situ*, microorganismo ruminal o producción de gases. Luego se excluyeron los manuales técnicos, evaluaciones nutricionales (composicional), trabajos de aceptabilidad y pruebas de consumo.

Al final, se desarrolló un formulario de evaluación para la RS modificando la metodología descrita por Ferreira (2011). Se tuvieron en cuenta los 14 ítems, que se encuentran clasificados en tres secciones donde se incluye el denominado IMRD (Introducción, metodología, resultados, discusión). Adicional a este, se tuvo en cuenta el título y el resumen (Cuadro 1). El proceso de selección, exclusión e inclusión se ilustra en la Figura 1.

Se contó con la colaboración de tres expertos en el área. Para el presente estudio se seleccionaron los artículos que estuvieran por encima de 10 puntos, que corresponde a aquellos que presentaban clara y apropiadamente los resultados.

Cuadro 1. Criterios de selección por formulario de evaluación en la revisión sistemática sobre estudios de la dinamica ruminal con *Moringa oleifera*¹

Criterio	Ítem	Puntaje
Introducción	Pertinencia del título	1
	Calidad del resumen	1
	Objetivos del estudio	1
	Justificación	1
	Evaluación de la introducción y marco teórico	1
Metodología	Instrumentos de medición	1
	Diseño	1
	Muestra	1
	Procedimiento de recolección y análisis de datos	1
Resultados	El estudio tiene asignación aleatoria	1
	Presentación de resultados	1
	Discusión, conclusión y recomendaciones	1
	Referencias	1
	Número de veces que ha sido citado	1
Total		14

¹ Si el resultado es positivo se suma 1 punto y si es negativo se resta 1 punto.

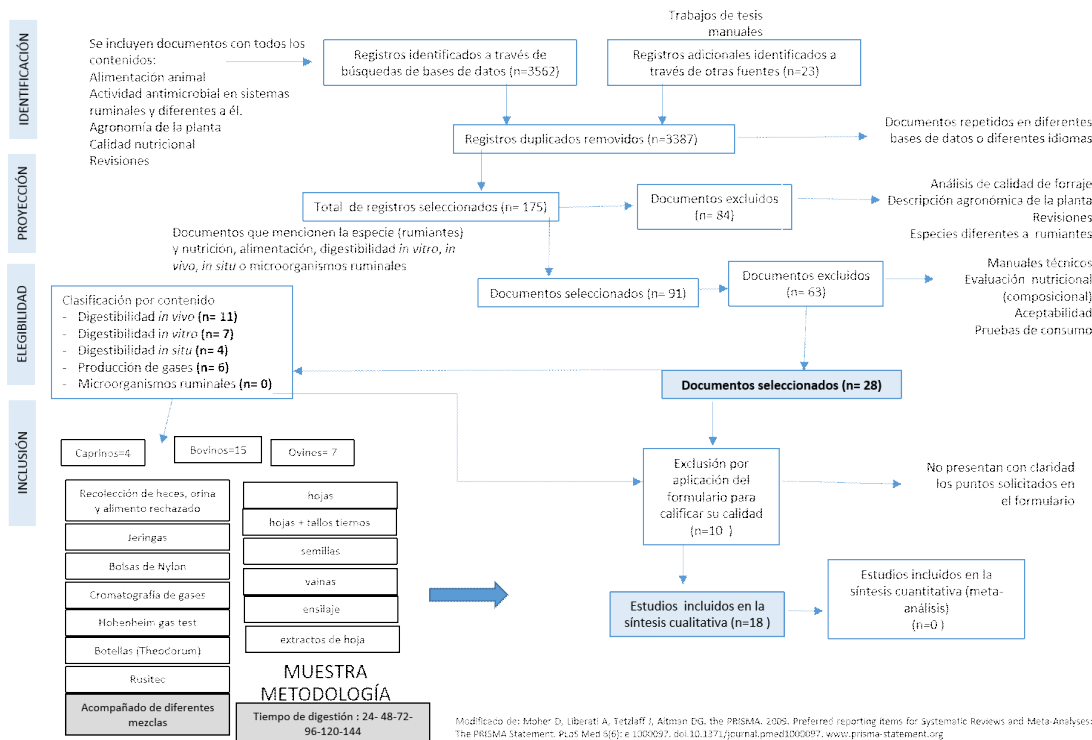


Figura 1. Diagrama de flujo de la revisión sistemática sobre estudios nutricionales para rumiantes con *Moringa oleifera*

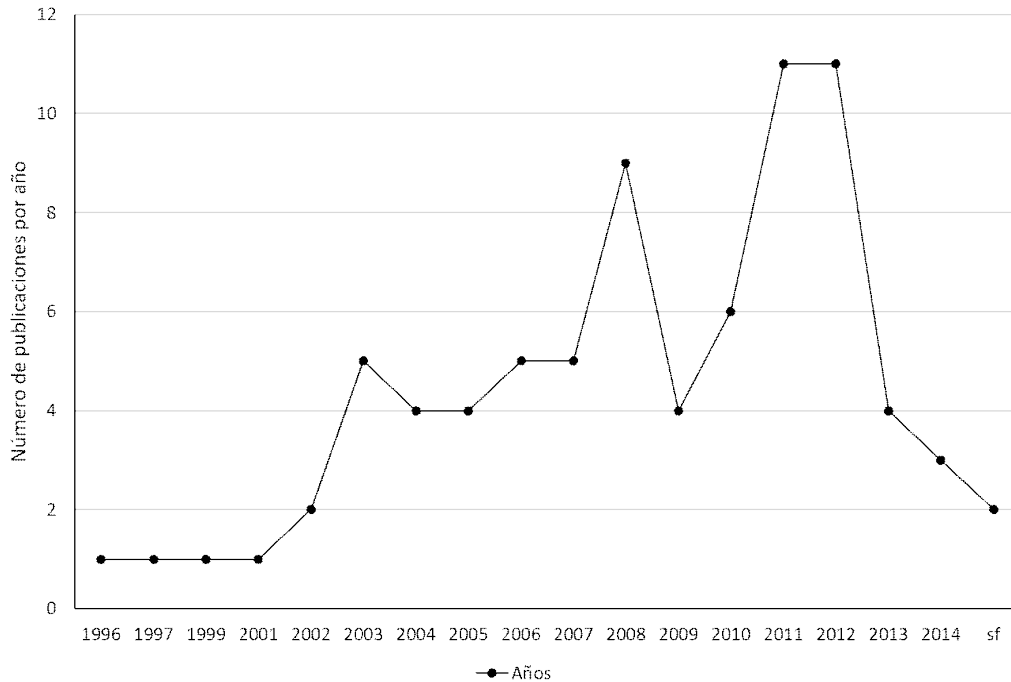


Figura 2. Distribución en el tiempo de estudios relacionados con el consumo de *Moringa oleifera* en rumiantes desde 1996 hasta 2014

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se trabajó con 28 publicaciones seleccionadas, cuya distribución según el año de publicación se muestra en la Figura 2. El mayor número de estudios sobre el tema se realizó en 2011 y 2012, con 11 publicaciones cada año. Asimismo, se observa un aumento de la producción intelectual en los últimos 10 años. Entre los estudios previos a 1996, destacan los dirigidos a la descripción botánica de la planta, sobresaliendo por su sistematicidad el artículo de Ramachandran *et al.* (1980).

En el Cuadro 2 se presentan las 28 referencias asociadas a los efectos de *M. oleifera* en la dinámica ruminal. Así mismo, se indica la especie de rumiante involucrada y la puntuación obtenida en la evaluación de selección. La especie animal más usada en los estudios fue la bovina con 16 estudios,

seguida de la caprina y ovina con 7 y 5 estudios, respectivamente. Trece de estas tuvieron una calificación igual o menor de 10, de allí que se les descartó del análisis siguiente.

Del listado de 28 estudios, al aplicar el formulario para medir la calidad, se seleccionaron 14 estudios que reunían, a criterio de los evaluadores, las características requeridas de un artículo científico y, además, contenían la información de interés para este estudio.

Los factores asociados al efecto del consumo de la *Moringa oleifera* sobre la dinámica ruminal se pueden determinar por indicadores como digestibilidad de la materia seca (DMS), contenido de fibra detergente neutra (FDN), proteína cruda (PC) y parámetros de fermentación como la producción de gases ruminales.

Cuadro 2. Referencias asociadas al efecto de la *Moringa oleifera* sobre la dinámica ruminal

Referencia	Especie	Autor	Año	Puntaje
1	Caprina	Moyo <i>et al.</i>	2014	9
2	Bovina	Rodríguez	2011	9
3	Caprina	Lam Kim Yen <i>et al.</i>	2007	9
4	Bovina	Hoffmann <i>et al.</i>	2003	9
5	Ovina	Adegun <i>et al.</i>	2011	9
6	Ovina	Astuti <i>et al.</i>	2011	10
7	Ovina	Jelali y Ben Salem	2014	10
8	Caprina	Luu Huu Manh <i>et al.</i>	2005	10
9	Caprina	Montejo <i>et al.</i>	2012	10
10	Bovina	Makkar y Becker	1996	10
11	Ovina	Murro <i>et al.</i>	2003	10
12	Ovina	Patra	2010	10
13	Bovina	Sánchez <i>et al.</i>	2006	10
14	Bovina	Nouala <i>et al.</i>	2006	10
15	Caprina	Aregheore	2002	11
16	Bovina	Gutiérrez	2012	11
17	Bovina	Mendieta-Araica	2011	11
18	Bovina	Reyes	2006	11
19	Caprina	Sarwatt <i>et al.</i>	2002	11
20	Bovina	Sarwatt <i>et al.</i>	2004	11
21	Bovina	Al-Masri	2003	12
22	Bovina	Melesse <i>et al.</i>	2013	12
23	Bovina	Pedraza <i>et al.</i>	2013	12
24	Bovina	Almanza <i>et al.</i>	2013	12
25	Bovina	Soliva <i>et al.</i>	2005	12
26	Bovina	Alexander <i>et al.</i>	2008	13
27	Bovina	Rodríguez <i>et al.</i>	2014	13
28	Ovina	Ben Salem y Makkar	2009	14

Como se puede observar en el Cuadro 3, los valores de degradabilidad reportada por la literatura son variados, en parte debido al diseño propio de los estudios. Por ejemplo, los estudios de Aregheore (2002) y Sarwatt *et al.* (2002) en caprinos utilizan la misma metodología (*in vivo*, y la técnica de colecta total de heces), pero con diferente nivel de in-

clusión de *M. oleifera*, de allí que la digestibilidad fue de 58.3 a 52.1% en el primer estudio y de 57.8 a 59.6% en el segundo. En bovinos, donde se encontró la mayor cantidad de estudios, se emplearon diversas técnicas y fracciones de plantas, así como tiempos de digestión. Por ejemplo, en el estudio de Gutiérrez (2012), utilizando forraje de

Cuadro 3. Factores asociados al efecto de la *Moringa oleifera* sobre la dinámica ruminal¹

Ref	Especie	Fracción	Método	Técnica	Digest. / Prod de gases	Carbohidratos estructurales	Proteína cruda
15	Caprina	Hojas + pasto	<i>in vivo</i>	Colecta total de heces	DMS 58.3 a 52.1% con moringa (20-80%)	FDN 35.8% a 22.6% con Moringa 20-80%	PC 10.5 a 17.1% con moringa de 20 a 80%
16	Bovina	Forraje	<i>in situ</i>	Bolsa de nylon	DMS 37.4 a 64.9% a las 48 y 120 h	FDN 28.8%	PC 26.7%
17	Bovina	Hoja	<i>in vivo</i>	Colecta total de heces	DMS 74%	FDN 16.1%	PC 29.2%
18	Bovina	Hojas	<i>in vitro</i>	Digest. de dos fases	DMS 70.9%	FDN 28.9%	PC 22.8%
19	Caprina	Hojas + suplemento	<i>in vivo</i>	Colecta total de heces	DMS 57.8 a 59.6% con inclusiones del 9 y 36%	FDN 53 y 36.7% con inclusiones de 9 y 36%	PC 16.1% con inclusiones de 9 y 36%
20	Bovina	Hojas	<i>in situ</i>	Bolsas de nylon	DMS 82% a las 48 h	FDN 32%	PC 27.4%
21	Bovina	Forraje	<i>in vitro</i>	Digest. de dos fases	DMS 84.9 %	FDN 19.3%	PC 25.5%
22	Bovina	Hojas y vainas verdes	Gases	Hohenheim <i>in vitro</i> gas	40.6 – 25.1 (ml/200 mg DM) - DMO de 72.5% a 51.0 a 24 h	FDN 53.1%	PC 15.8%
23	Bovina	Forraje	Gases	Jeringas	72.7 ml/500 mg de MS		
24	Bovina	Forraje	<i>in situ</i>	Bolsas de nylon	DMS 73.2%	FDN 30.7%	PC 22.6%
25	Bovina	Hoja	<i>in vitro</i>	Rusitec	277.9 ml/500 mg de MS	FDN 16.7%	PC 32.1%
26	Bovina	Hojas	Gases	Jeringas	88.3 ml/500 mg de MS	FDN 39.9%	PC 23.7%
21	Bovina	Forraje	Gases	Jeringas	83.6 ml/500 mg de MS	FDN 19.3%	PC 25.5%
28	Bovina	Forraje	<i>in vitro</i>	Botellas de vidrio (Theodorou)	67.7 ml/500 mg de MS	FDN 40.5 %	PC 22.2%
29	Ovina	Harina de semilla	<i>in vivo</i>	Colecta total de heces	DMS 67.4%	FDN 10.5 %	PC 59.2%

¹ Forraje: mezcla de hojas, pecíolos y tallos hasta 5 mm de diámetro. Fracción: fracción de la planta utilizada. Método: metodología empleada en el estudio

moringa (hojas+ramas+tallos tiernos), la metodología *in situ* con la técnica de bolsa de nylon y tiempos de 3 a 120 horas de digestión encontró rangos de digestibilidad DMS de 37.4 a 64.9%, mientras que Sarwatt *et al.* (2004), con la misma metodología y técnica, en mezclas con *Pennisetum purpureum*, salvado de maíz y torta de algodón, e inclusiones de solo hojas de moringa al 30%, a 48 horas de digestión, reporta una DMS de 82%.

Se encontró que las mezclas de forrajes constituyen una fuente de variación en la calidad bromatológica. Así se tienen como ejemplo el estudio de la mezcla de *M. oleifera* con pasto henificado de Aregheore (2002) en cabras, el estudio de la mezcla con suplementos (torta de semillas de girasol y salvado de maíz) de Sarwatt *et al.* (2002), también en caprinos o con el uso de *P. purpureum* y concentrado comercial en bovinos de Sarwatt *et al.* (2004) (Cuadro 3).

Los valores reportados en el Cuadro 3, tanto para las fracciones de *M. oleifera* como sus mezclas, revelan el papel que juega la FDN en la digestibilidad de la materia seca de la dieta, encontrando que la digestibilidad disminuye a medida que aumenta los valores de FDN. Ejemplos de esto son los valores reportados de DMS de 67.4% y FDN de 10.5% (Ben Salem y Makkar, 2009); de DMS de 82% y FDN de 32% (Sarwatt *et al.*, 2002), y de DMS de 73.2% y FDN de 30.7% (Almanza *et al.*, 2013).

Se observa que entre las metodologías más usadas para determinar la digestibilidad se encuentran la colecta total de heces, reportada en cuatro estudios, seguido de la técnica de bolsa de nylon con tres estudios y, en menor medida, la técnica de digestibilidad en dos fases con dos estudios. Por otro lado, la técnica de jeringas en la evaluación de gases fue la más empleada (cuatro reportes).

Para la producción de gases, se encuentran los valores reportados por Melesse *et al.* (2013), comparando fracciones de la plan-

ta (hojas y vainas verdes), donde la producción de gas a 24 h varía de 40.6 (ml/200 mg DM), con DMO de 72.5% en hojas a 25.1 (ml/200 mg DM) en vainas con una DMO de 51.0%, utilizando liquido ruminal bovino.

Melesse *et al.* (2013) afirman que, usualmente, la baja producción de gas indica baja degradabilidad en el rumen, pero alimentos con alto contenido de PC producen menos gas durante la fermentación, incluso si su grado de degradación es alto. Esto se debe a que la fermentación de proteínas produce amoníaco, que influye en el carbonato tampón de equilibrio mediante la neutralización de los iones H⁺ desde ácidos grasos volátiles sin liberación de dióxido de carbono (Cone y Van Gelder, 1999).

Según Makkar y Becker (1996), aproximadamente el 24% de la PC de hojas de *M. oleifera* era soluble en tampón de fosfato (pH 7, 0.05 M). Aparte de esto, la baja producción de gas de las hojas de *M. oleifera* se podría atribuir a la reducción del contenido de carbohidratos no fibrosos (NFC). Getachew *et al.* (2004) reportaron que la NFC fue positiva, sugiriendo que la producción de gas a partir de la fermentación de hidratos de carbono es relativamente alta en comparación con la fermentación de proteínas. Por otra parte, el bajo volumen de gas de las hojas de *M. oleifera* podría explicarse por su alto contenido de grasa, lo cual contribuye a bajar la producción de gas (Akinfemi *et al.*, 2009).

Igualmente, Melesse *et al.* (2013) reportan que las vainas verdes tienen un volumen de gas muy bajo, comparado con las hojas, probablemente debido a su alto contenido de lignina. Se ha informado que el alto contenido de lignina y otras sustancias fibrosas en un alimento puede disminuir la tasa de producción de gas (Getachew *et al.*, 2000; Melesse *et al.*, 2009). El efecto negativo de lignina se puede atribuir a la obstrucción física de los hidratos de carbono estructurales como celulosa y hemicelulosa y a un ataque

limitado por microorganismos sobre este sustrato. El bajo volumen de producción de gas para las vainas verdes podría ser también causado por la presencia de factores antinutricionales, probablemente taninos y saponinas (Frutos *et al.*, 2002).

Existen diversos factores que generan variabilidad en los resultados de las pruebas nutricionales (Pérez *et al.*, 2013). Cornelissen *et al.* (2003) reportan variaciones en la calidad nutricional de diferentes plantas leñosas, entre ellas la *M. oleifera*, teniendo en cuenta los rasgos funcionales de las plantas (PFT), enfatizando en respuestas a factores ambientales como agua, nutrientes y sombra, entre otros. Asimismo, Reich *et al.* (2003) definen estos PFT como cualquier atributo de respuesta con influencia significativa en el establecimiento, supervivencia y capacidad de expresión de las plantas. Estas variaciones determinan rasgos físicos y nutricionales que afectan la preferencia bovina. La variación considerable en las propiedades nutrimentales de la moringa es considerable y depende de factores genéticos, medio ambiente y métodos de cultivo (Brisibe *et al.*, 2009).

De igual manera, existen diferencias al utilizar diversos protocolos para determinar digestibilidades, ya que estos requieren información como estimativas de consumo voluntario, digestibilidad y valor nutricional de las fuentes forrajeras (Ceballos *et al.*, 2008) y esto depende de las características de los animales utilizados (edad, peso, sexo, raza y especie, entre otras).

CONCLUSIONES

- A pesar del valor nutricional que presenta la *Moringa oleifera* y el buen comportamiento en la alimentación de rumiantes, los estudios de carácter científico debidamente realizados son muy pocos. Se requiere que los investigadores compartan la información generada y que los artículos contengan toda la información

requerida para poder replicar los experimentos.

- La variabilidad en los valores encontrados en los diferentes estudios con relación a la calidad bromatológica de *Moringa oleifera* se pueden deber a condiciones agroclimáticas diversas o a características fenológicas de la planta, y estado de madurez.
- Las condiciones en que se desarrollan los estudios con diversidad en el tipo de material usado, las mezclas elaboradas, las metodologías y técnicas utilizadas, constituyen factores de variación en los resultados encontrados.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad del Tolima por la comisión de estudios otorgada y a la Universidad de Caldas por la asesoría recibida de sus investigadores.

LITERATURA CITADA

1. **Adegun MK, Aye PA, Dairo FAS. 2011.** Evaluation of *Moringa oleifera*, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*-based multivitamin blocks as feed supplements for sheep in South Western Nigeria. *Agric Biol J N Am* 2: 1395-1401. doi:10.5251/abjna.2011.2.11.1395.1401
2. **Akinfemi A, Adesanya AO, Aya VE. 2009.** Use of an *in vitro* gas production technique to evaluate some Nigerian feedstuff. *Am Eurasian J Sci Res* 4: 240-245.
3. **Alexander G, Singh B, Sahoo A, Bhat TK. 2008.** *In vitro* screening of plant extracts to enhance the efficiency of utilization of energy and nitrogen in ruminant diets. *Anim Feed Sci Tech* 145: 229-244. doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.05.036
4. **Almanza AJJ, Espinoza DJR, Rocha L, Reyes-Sánchez N, Mendieta-Araica B. 2013.** Degradabilidad ruminal

- del follaje de *Moringa oleifera* a tres diferentes edades de rebrote. *Calera* 13(21): 76-81.
5. **Al-Masri MR. 2003.** An *in vitro* evaluation of some unconventional ruminant feeds in terms of the organic matter digestibility, energy and microbial biomass. *Trop Anim Health Prod* 35: 155-167. doi: 10.1023/A:1022877603010
 6. **Aregheore EM. 2002.** Intake and digestibility of *Moringa oleifera*-batiki grass mixtures by growing goats. *Small Ruminant Res* 46: 23-28. doi: 10.1016/S0921-4488(02)00178-5
 7. **Astuti DA, Baba AS, Wibawan IWT. 2011.** Rumen fermentation, blood metabolites, and performance of sheep fed tropical browse plants. *Media Peternakan* 34: 201-206. doi: 10.5398/medpet.2011.34.3.201
 8. **Ben Salem H, Makkar HPS. 2009.** Defatted *Moringa oleifera* seed meal as a feed additive for sheep. *Anim Feed Sci Tech* 150: 27-33. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2008.07.007
 9. **Brisibe EA, Umoren UE, Brisibe F, Magalhaes PM, Ferreira JFS, Luthria D, Wu X, Prior RL. 2009.** Nutritional characterization and antioxidant capacity of different tissues of *Artemisia annua* L. *Food Chem* 115: 1240-1246. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.01.033
 10. **Carballo N. 2011.** *Moringa oleifera* Lam. Árbol de la vida. La Habana: CENPALAB. 12 p.
 11. **Ceballos A, Noguera RR, Bolívar DM, Posada SL. 2008.** Comparación de las técnicas *in situ* de los sacos de nylon e *in vitro* (Daisy^{II}) para estimar la cinética de degradación de alimentos para ruminantes. *Livest Res Rural Dev* 20(7). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd20/7/ceba20108.htm>
 12. **Cone JW, Van Gelder AH. 1999:** Influence of protein fermentation on gas production profiles. *Anim Feed Sci Technol* 76: 251-264. doi: 10.1016/S0377-8401(98)00222-3
 13. **Cornelissen JHC, Lavorel, S, Garnier E, Diaz S, Buchmann N, Gurrich DE, Reich PB, et al. 2003.** A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Aust J Bot* 51: 335-380. doi:10.1071/BT02124
 14. **Falasca S. 2008.** Las especies del género *Jatropha* para producir biodiesel. *Redesma* 19 p. [Internet]. Disponible en: <http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Espgenjatprobioar.pdf>
 15. **Falasca S, Bernabé MA. 2008.** Potenciales usos y delimitación del área de cultivo de *Moringa oleifera* en Argentina. *Redesma*. [Internet]. Disponible en: [http://api.ning.com/files/zlToq5jvxOn7za5bxe0jeeDaRlh0Qkl5gz8YZv0M14Y26PAYaa9v2U_yA9wryKzDMyl*GioYzUp8n4wbrjA*6kkIdYMeaxm2/Moringa investigacin Argentina. pdf](http://api.ning.com/files/zlToq5jvxOn7za5bxe0jeeDaRlh0Qkl5gz8YZv0M14Y26PAYaa9v2U_yA9wryKzDMyl*GioYzUp8n4wbrjA*6kkIdYMeaxm2/Moringa%20investigacin%20Argentina.pdf)
 16. **Ferreira F, Urrutia G, Alonso-Coello P. 2011.** Revisiones sistémicas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Rev Esp Cardiol* 64: 688-696. doi: 10.1016/j.recesp.2011.03.029
 17. **Foidl N, Mayorga L, Vásquez W. 2011.** Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre «Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica». [Internet]. Disponible en: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/foidl16.htm>
 18. **Folkard G, Sutherland J. 1996.** *Moringa oleifera* un árbol con enormes potencialidades. *Agroforestería en las Américas*. [Internet]. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/LEAD/X6324S/X6324S00.pdf>
 19. **Frutos P, Hervas G, Ramos G, Giraldez FJ, Montecon AR. 2002.** Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. *Anim Feed Sci Tech* 95: 215-226. doi: 10.1016/S0377-8401(01)00323-6

20. **Getachew G, Makkar HPS, Becker K. 2000.** Effect of polyethylene glycol on *in vitro* degradability and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. *Br J Nutrit* 84: 73-83.
21. **Getachew G, Robinson PH, DePeters EJ, Taylor SJ. 2004.** Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Anim Feed Sci Technol* 111: 57-71. doi: 10.1016/S0377-8401(03)00217-7
22. **Gómez Ortega OR, Amaya Rey MC. 2013.** ICRESAI-IMeCI: instrumentos para elegir y evaluar artículos científicos para la investigación y la práctica basada en evidencia. *Aquichan* 13: 407-420.
23. **Gutiérrez PM. 2012.** Determinación de la tasa de degradación ruminal del follaje de Marango (*Moringa oleifera*) usando la técnica *in sacco* en vacas Reyna. Finca Santa Rosa, Managua, Nicaragua. Tesis de grado. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. 35 p.
24. **Higgins JPT, Green S. 2011.** Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones. v. 5.1.0 [Internet]. Disponible en: https://es.cochrane.org/sites/es.cochrane.org/files/uploads/Manual_Cochrane_510_reduit.pdf
25. **Hoffmann EM, Muetzel S, Becker K. 2003.** Effects of *Moringa oleifera* seed extract on rumen fermentation *in vitro*. *Arch Tierernahr* 57: 65-81. doi: 10.1080/0003942031000086617
26. **Jelali R, Ben Salem H. 2014.** Daily and alternate day supplementation of *Moringa oleifera* leaf meal or soyabean meal to lambs receiving oat hay. *Livest Sci* 168: 84-88. doi: 10.1016/j.livsci.2014.07.005
27. **Lam Kim Yen, Luu Huu Manh, Bach Tuan Kiet, Nguyen Nhut Xuan Dung, Tran Phung Ngoi. 2007.** Effect of *Moringa oleifera* on performance and nitrogen utilization of growing goats. En: MEKARN Regional Conference 2007. [Internet]. Disponible en: <http://www.mekarn.org/prohan/manh.htm>
28. **Luu Huu Manh, Nguyen Nhut Xuan Dung, Tran Phung Ngoi. 2005.** Introduction and evaluation of *Moringa oleifera* for biomass production and as feed for goats in the Mekong Delta. *Livest Res Rural Dev* 17(9). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/manh17104.htm>
29. **Makkar HPS, Becker K. 1996.** Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Anim Feed Sci Tech* 63: 211-228. doi: 10.1016/S0377-8401(96)01023-1
30. **Martín C, Martín G, García A, Fernández T, Hernández E, Puls J. 2013.** Potenciales aplicaciones de *Moringa oleifera*. Una revisión crítica. *Pastos y Forrajes* 36: 137-149.
31. **Melesse A, Bulang M, Kluth H. 2009.** Evaluating the nutritive values and *in vitro* degradability characteristics of leaves, seeds and seedpods from *M. stenopetala*. *J Sci Food Agric* 89: 281-287. doi: 10.1002/jsfa.3439
32. **Melesse A, Steingass H, Boguhn J, Rodehutschord M. 2013.** *In vitro* fermentation characteristics and effective utilisable crude protein in leaves and green pods of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera* cultivated at low and mid-altitudes. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 97: 537-546. doi: 10.1111/j.1439-0396.2012.01294.x
33. **Mendieta-Araica B, Spörndly R, Reyes-Sánchez N, Spörndly E. 2011.** *Moringa (Moringa oleifera)* leaf meal as a source of protein in locally produced concentrates for dairy cows fed low protein diets in tropical areas. *Livest Sci* 137: 10-17. doi: 10.1016/j.livsci.2010.09.021
34. **Montejo IL, López O, Sánchez T, Muetzel S, Becker K, Lamela L.** Efecto del nivel de inclusión de soya en la digestibilidad *in vitro* de la harina de piscidium de *Moringa oleifera*. *Pastos y Forrajes* 35: 197-204.

35. **Moyo B, Masika PJ, Muchenje V. 2014.** Effect of feeding moringa (*Moringa oleifera*) leaf meal on the physico-chemical characteristics and sensory properties of goat meat. *S Afr J Anim Sci* 44: 64-70.
36. **Murro JK, Muhikambe VRM, Sarwatt SV. 2003.** *Moringa oleifera* leaf meal can replace cottonseed cake in the concentrate mix fed with Rhodes grass (*Chloris gayana*) hay for growing sheep. *Livest Res Rural Dev* 15(11). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd15/11/murr1511.htm>
37. **Nouala FS, Akinbamijo OO, Adewumi A, Hoffman E, Muetzel S, Becker K. 2006.** The influence of *Moringa oleifera* leaves as substitute to conventional concentrate on the *in vitro* gas production and digestibility of groundnut hay. *Livest Res Rural Dev* 18: 121. [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd18/9/noua18121.htm>
38. **Pacheco RM. 2006.** Análisis del intercambio de plantas entre México y Asia de los siglos XVI al XIX. Tesis de Maestría. México DF: Univ Nacional Autónoma de México. 254 p.
39. **Patra AK. 2010.** Aspects of nitrogen metabolism in sheep-fed mixed diets containing tree and shrub foliages. *Br J Nutr* 103: 1319-1330. doi: 10.1017/S0007114509993254
40. **Pedraza R, Pérez S, González M, González E, León M, Espinosa E. 2013.** Indicadores *in vitro* del valor nutritivo de *Moringa oleifera* en época de seca para rumiantes. *Rev Prod Anim* 25 (Especial).
41. **Pérez A, Sánchez N, Amerangal N, Reyes F. 2010.** Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* 33: 1-16.
42. **Pérez AN, Ibrahim M, Villanueva C, Skarpe C, Cuerin H. 2013.** Diversidad forrajera tropical 2. Rasgos funcionales que determinan la calidad nutricional y preferencia de leñosas forrajeras para su inclusión en sistemas de alimentación ganadera en zonas secas. *Agroforestería en las Américas* 50: 44-52.
43. **Ramachandran C, Peter KV, Gopalakrishnan PK. 1980.** Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. *Econ Bot* 34: 276-283.
44. **Reich PB, Wright IJ, Cavender-Bares J, Craine JM, Oleksyn J, Westoby KM, Walters MB. 2003.** The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *Int. J Plant Sci* 164 (Suppl): S143- S164.
45. **Reyes SN. 2006.** *Moringa oleifera* and *Cratylia argentea*: potential fodder species for ruminants in Nicaragua. PhD Thesis. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. 51 p.
46. **Rodríguez R. 2011.** Alimentación de vacas lecheras con *Moringa oleifera*, fresco o ensilado y su efecto sobre la producción, composición y calidad de leche. Tesis de Maestría. Managua, Nicaragua: Univ Nacional Agraria. 35 p.
47. **Rodríguez R, González N, Alonso J, Domínguez M, Sarduy L. 2014.** Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. *Rev Cub Cienc Agríc* 48: 371-378.
48. **Sánchez NR, Spörndly E, Ledin I. 2006.** Effect of feeding different levels of foliage of *Moringa oleifera* to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and composition. *Livest Sci* 101: 24-31. doi: 10.1016/j.livprodsci.2005.09.010
49. **Sarwatt SV, Kapange SS, Kakengi AMV. 2002.** Substituting sunflower seedcake with *Moringa oleifera* leaves as a supplemental goat feed in Tanzania. *Agroforest Syst* 56: 241-247. doi: 10.1023/A:1021396629613
50. **Sarwatt SV, Milang'ha MS, Lekule FP, Madalla N. 2004.** *Moringa oleifera* and cottonseed cake as supplements for smallholder dairy cows fed Napier grass. *Livest Res Rural Dev* 16(6). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd16/6/sarw16038.htm>

51. Soliva CR, Kreuzer M, Foidl N, Foidl G, Machmüller A, Hess HD. 2005. Feeding value of whole and extracted *Moringa oleifera* leaves for ruminants

and their effects on ruminal fermentation *in vitro*. Anim Feed Sci Tech 118: 47-62. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2004.10.005