

NOTA TÉCNICA

Digestibilidad *in vitro* ileal y total de *Morus alba* L. y *Trichanthera gigantea* (H & B), como alimento para cerdos

Ileal and total *in vitro* digestibility of *Morus alba* L. and *Trichanthera gigantea* (H& B) Nees, as feed for pigs

Yasmani Caro¹, Julio Ly¹, Enrique J. Delgado² y Pok Samkol³

¹Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Cuba.

²Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ciudad de México, México.

³ Centro para el Desarrollo de la Agricultura y la Ganadería (CelAgrid). Phnom Penh, Camboya.

RESUMEN

Se hicieron estudios *in vitro* de la digestibilidad ileal y total en cuatro lotes de harina de hojas de *Morus alba* y *Trichanthera gigantea* (H & B) Nees usadas para alimentar cerdos. Las harinas de hojas de *Morus alba* y *Trichanthera gigantea* (H & B) Nees tenían como promedio, 31,5 y 50,5% de fibra detergente neutro (FDN) y 22,19 y 21,88% de proteína bruta (Nx6,25), en base seca, respectivamente. Se encontró que la digestibilidad ileal, *in vitro* del N fue significativamente ($P<0,001$) más alta en la morera que en la tricantera (45,0 y 35,0% respectivamente). La digestibilidad fecal, *in vitro* de la materia orgánica fue más alta ($P<0,001$) en la morera que en la tricantera (65,2 y 40,0% respectivamente). Los datos de digestibilidad ileal, *in vitro*, estuvieron asociados con el contenido de N ligado a la pared, mientras que los de digestibilidad fecal, *in vitro*, se correspondieron con la producción de ácidos grasos de cadena corta (R^2 , 0,996; $P<0,001$). Estos estudios confirmaron el alto valor nutritivo de la harina de hojas de morera dada a cerdos en crecimiento. La harina de hojas de tricantera mostró un valor nutritivo evidentemente inferior en comparación con el de la morera.

Palabras clave: *Morus alba*, *Trichanthera gigantea*, digestibilidad *in vitro*, íleal, total.

ABSTRACT

Studies were conducted mimicking mouth to ileum (*in vitro*, pepsin/pancreatin) and mouth to rectum (*in vitro*, fecal) digestibility in four batches of mulberry (*Morus alba* L.) and tricantera (*Trichanthera gigantea* (H & B) Nees) leaf meals used for feeding pigs. Mulberry and tricantera leaf meals contained on average, 31.5 and 50.5% cell wall and 22.19 and 21.88% of crude protein (Nx6.25) in dry basis, respectively. It was found that ileal, *in vitro* N digestibility was significantly ($P<0.001$) higher in mulberry meal than in tricantera meal (45.0 and 35.0% respectively). Fecal, *in vitro* digestibility of organic matter was higher in mulberry than in tricantera meal (65.2 and 40.0% respectively.) Data of ileal, *in vitro* digestibility were associated to the N linked to cell wall, whereas fecal, *in vitro* digestibilities were related to production of short chain fatty acids (R^2 , 0.996; $P<0.001$). These studies confirmed the high nutritive value of mulberry leaf meal given to growing pigs. Trichanthera leaf meal showed a lower nutritive value as compared to that of mulberry.

Key words: *Morus alba*, *Trichanthera gigantea*, *in vitro* digestibility, ileum, rectum.

INTRODUCCION

El uso del follaje de morera (*Morus alba* L.) como recurso alimentario de la ganadería en el trópico se mantiene como una alternativa interesante (Sánchez, 2000; Medina *et al.*, 2009). Dentro de los animales de granja, los cerdos han sido considerados como candidatos para ser alimentados con follaje de morera en varios países del trópico americano (Osorto, 2003; Tepper, 2006). En estudios del valor nutritivo de harina de hojas de morera, tanto en condiciones *in vivo* como *in vitro*, se ha encontrado que es importante el aprovechamiento digestivo por cerdos en crecimiento (Ly *et al.*, 2001a, 2004; Samkol *et al.*, 2004, 2011). Por otra parte, los ensayos hechos con otra especie arbórea no leguminosa, la tricantera (*Trichanthera gigantea* (H & B) Nees) no han sido prometedores para su uso en el ganado porcino, a pesar de su contenido de proteína cruda (Ly *et al.*, 2001).

El objetivo de este experimento fue determinar la digestibilidad *in vitro* ileal y total de la harina de hojas de morera, comparados con las de tricantera, como alimentos potenciales en la nutrición de cerdos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se hicieron estudios de digestibilidad *in vitro*: boca-íleon (pepsina/pancreatina) y boca-recto (fecal) en muestras representativas de cuatro lotes de harina de hojas de morera (*Morus alba* L.) y de tricantera (*Trichanthera gigantea* (H & B) Nees) que procedían de plantaciones con cortes periódicos a 60 días. Las plantaciones estaban

localizadas en la granja del Centro, en Chamcar Daung, cercano a Phnom Penh, Camboya, y la tricantera era de origen colombiano, mientras que la morera era vietnamita. Las harinas de hojas, lámina y peciolo, de morera y tricantera tuvieron como origen inmediato, cuatro cortes consecutivos. La harina se obtuvo después de separar las hojas de los tallos, secarlas al sol y molerlas en un molino de martillo con criba igual a 1 mm.

Estas harinas fueron muestreadas, convenientemente, por el método del cuarteo cuando estaban en el proceso de desecación al sol, extendidas en el suelo sobre láminas de polietileno. Las muestras de morera y tricantera tenían como promedio en base seca, 31,5 y 50,5%, de FDN, y 22,19 y 21,88% de proteína bruta (Nx6,25), respectivamente. Otras características de las hojas aparecen listadas en el Cuadro 1.

Se hicieron evaluaciones de digestibilidad *in vitro* (pepsina/pancreatina) simulando la digestibilidad ileal *in vivo*, de acuerdo con procedimientos descritos por Ly *et al.* (2001a) para las harinas de las hojas de morera y tricantera. Este procedimiento implica la incubación en dos pasos de la muestra durante cuatro horas cada uno (Dierick *et al.*, 1985). Se usó caseína como sustancia de referencia.

Para la determinación de la digestibilidad fecal, *in vitro*, se utilizó como inóculo, el material fecal recientemente emitido por dos cerdos adultos usados como animales donantes. El inóculo fue preparado con un tampón de fosfato 0,2N, siguiendo las recomendaciones de Lowgreen

Cuadro 1. Características de las harinas de hojas arbóreas (por ciento en base seca).

	Harina de hojas ¹	
	Tricantera	Morera
Análisis		
Materia seca	26,5	33,5
Ceniza	14,5	13,7
Materia orgánica	85,5	86,3
FDN	50,5	31,5
Proteína bruta, Nx6.25	21,88	22,19

¹ Lámina y peciolo, de cortes cada 60 días.

(1992). Las incubaciones, hechas durante 48 horas a 39°C fueron cuatro por tipo de follaje y en condiciones de anaerobiosis bajo ambiente de CO₂ a pH 6,9 después de predigerir 0,5 g de muestra con pepsina/pancreatina (*vide supra*). Al término de la incubación se tomaron muestras alícuotas del sobrenadante con el fin de medir la concentración de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) totales por una técnica estándar de arrastre con vapor de agua (Phinmasan *et al.*, 2004). Se utilizó almidón de arroz y celulosa de madera como sustancias de referencias en este segundo tipo de incubación *in vitro*.

La determinación de MS, cenizas y N de las muestras de harina se llevó a cabo siguiendo los procedimientos establecidos por la AOAC (2000), mientras que la fibra detergente neutro (FDN) se midió de acuerdo con Van Soest *et al.* (1991) y el N ligado a la pared celular (N-FDN) se hizo mediante la técnica de Licitra *et al.* (1996). Se consideró que el contenido de materia orgánica de las muestras fue igual a restar de 100 el por ciento de cenizas. Todos los análisis se llevaron a cabo al menos por duplicado.

Los cálculos de digestibilidad *in vitro* se hicieron por procedimientos descritos para métodos gravimétricos. Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico Minitab (2000) siguiendo la técnica del análisis de varianza, de acuerdo con una clasificación simple (Steel *et al.*, 1997). Se estableció el grado de dependencia lineal entre la producción de ácidos grasos de

cadena corta y la digestibilidad *in vitro*, fecal, de materia orgánica mediante análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La digestibilidad ileal, *in vitro* del N fue ($P < 0,001$) más alta en la morera (45%) que en la tricantera (35%). La misma tendencia fue observada para digestibilidad ileal, *in vitro*, de la MS y la materia orgánica (MO), tal como se presenta en el Cuadro 2. Estos resultados coinciden con los reportados por Samkol *et al.* (2004) y Samkol *et al.* (2011), y su relación con digestibilidad *in vivo total* (Ly *et al.*, 2001, 2004). También se observó que el N ligado a la pared celular fue menor en las hojas de morera en comparación con las de tricantera. De hecho, los datos de digestibilidad ileal, *in vitro*, estuvieron asociados con el contenido de N ligado a la pared, de forma aparentemente inversa, como fue sugerido por Licitra *et al.* (1996) y también por Ly *et al.* (2001b).

Los datos correspondientes a la digestibilidad fecal, *in vitro*, se muestran en el Cuadro 3. Estos resultados de la digestibilidad fecal *in vitro* siguieron la misma dirección que en condiciones de incubación con pepsina/pancreatina, con ventajas significativas ($P < 0,001$) para las hojas de morera. El *status* de los AGCC totales se correspondió muy estrechamente con la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (r , 0,998; $P < 0,001$), lo cual está en línea con los resultados de Awati *et al.* (2006). Esto puede observarse en la Figura.

Cuadro 2. Digestibilidad ileal, *in vitro* (pepsina/pancreatina), de harinas de hojas arbóreas.

	Harina de hojas, 50% en dieta		ES ±
	Tricantera	Morera	
n ¹	4	4	-
Digestibilidad <i>in vitro</i> , % ²			
Materia seca	33,0	55,5	4,8***
Materia orgánica	34,3	58,1	3,3***
Proteína	35,0	45,0	3,0***
N-FDN, % del N total	50,0	35,0	4,5***

¹ Cuatro lotes de harinas de hojas de árboles, en cuatro cortes sucesivos de 60 días cada uno.

² La digestibilidad *in vitro* de la proteína en la caseína fue 98,5%.

*** $P < 0,001$.

Cuadro 3. Digestibilidad fecal, *in vitro*, de harinas de hojas arbóreas.

	Harina de hojas, 50% en dieta		ES \pm
	Tricantera	Morera	
n	4	4	-
Digestibilidad <i>in vitro</i> , % ¹			
Materia seca	38,8	63,7	3,1***
Materia orgánica	40,0	65,2	3,3***
Proteína	39,0	50,5	2,5***
AGCC, mmol/g materia orgánica	4,75	5,90	0,20***

¹ La digestibilidad *in vitro* de la proteína en la caseína fue 98,5%.

*** P<0,001.

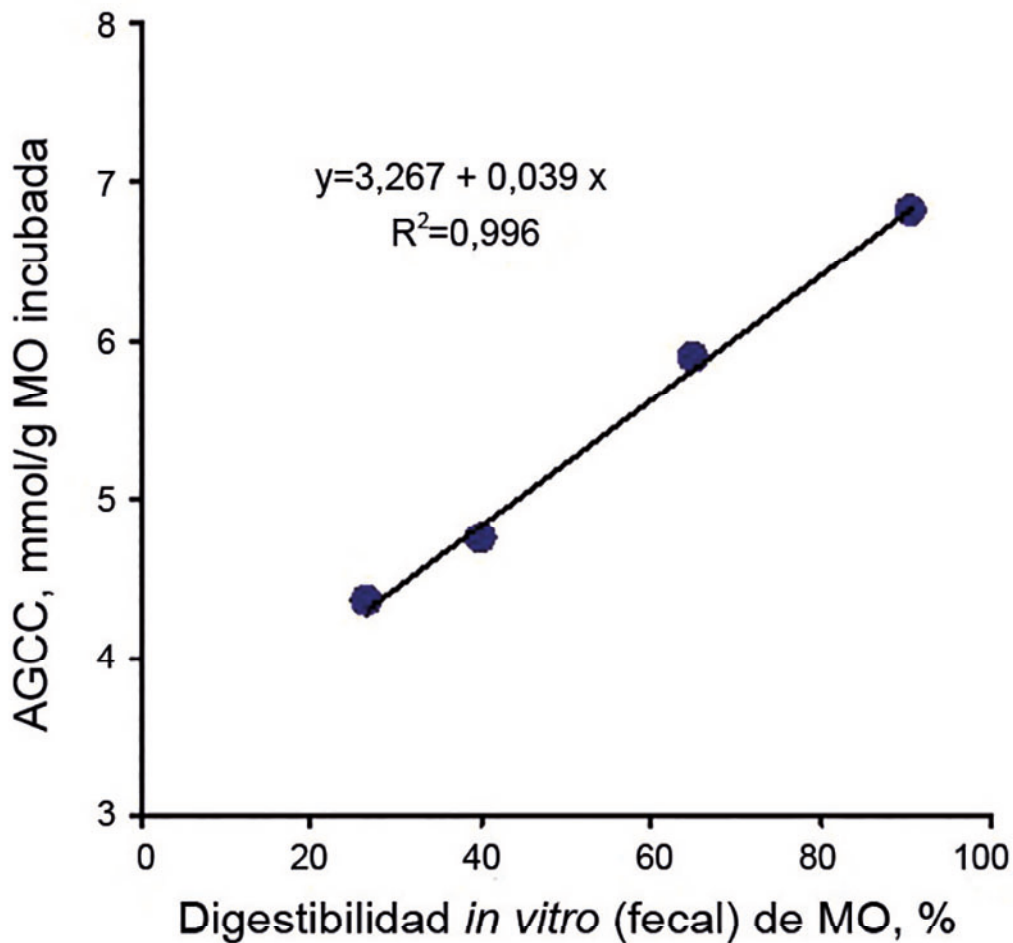


Figura. Interdependencia entre la digestibilidad *in vitro*, fecal, de la materia orgánica (MO) y la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Cada punto es el promedio de cuatro muestras (tamaño de población, 16).

Se hizo evidente que los valores encontrados para la digestibilidad fecal *in vitro* (Cuadro 3) de las muestras de las hojas arbóreas que se examinaron en esta investigación fueron más altos que los correspondientes a la digestibilidad ileal, *in vitro*, por incubación con pepsina/pancreatina (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con los habitualmente hallados en alimentos convencionales (Lowgreen 1992). Si se considera que la diferencia entre la digestibilidad fecal y la ileal equivale a la digestión en el intestino grueso, podría asumirse que la harina de hojas de morera es más desgradable por la vía fermentativa en el ciego y colon, que la harina de hojas de tricantera.

Esto a su vez podría indicar que la morera, cuando se compara con la tricantera, puede proveer a los cerdos una mayor cantidad de productos finales del metabolismo bacteriano, en forma de AGCC (Awati *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

Estos estudios confirmaron el alto valor nutritivo de la harina de hojas de morera, tanto a nivel ileal como rectal, suministrado a cerdos en crecimiento. Comparativamente, la harina de hojas de tricantera mostró un valor nutritivo evidentemente inferior al de morera

LITERATURA CITADA

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (K. Helrick, editor). Arlington, 2.200 p.
- Awati, A., B. A. Williams, M. W. Bosch, Y. C. Li and M. W. A. Verstegen. 2006. Use of the *in vitro* cumulative gas production technique for pigs: an examination of alterations in fermentation products and substrate losses at various time points. *Journal of Animal Science* 84:1110-1118.
- Dierick, N., I. Vervaeke, J. Decuypere and H. K. Henderickx. 1985. Protein digestion in pigs measured *in vivo* and *in vitro*. In: *Digestive Physiology in the Pig* (A. Just, H. Jorgensen y J.A. Fernández, editores). 580 Beretnig Statens fra Husdyrbrugsforsog. Copenhagen, pp. 329-332.
- Licitra, G., T. M. Hernández and P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation in ruminant feed. *Animal Feed Science and Technology* 57:347-358.
- Lowgreen, W. 1992. An *in vitro* method for studying digestion of dietary components and the energy value of pig feeds. Thesis of PhD. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, 102 p.
- Ly, J., P. Samkol and Ch. Phiny. 2004. An approach to N balance in pigs fed high levels of trichantera and mulberry leaf meal. In: VII Taller Internacional Silvopastoril "Los Arboles y Arbustos en la Ganadería". Ciudad de Holguín (Cuba), versión electrónica disponible en disco compacto ISBN 959-16-6285-1.
- Ly, J., T. Chhay, Ch. Phiny and T. R. Preston. 2001a. Some aspects of the nutritive value of leaf meals of *Trichanthera gigantea* and *Morus alba* for Mong Cai pigs. *Livestock Research for Rural Development*, 13(3): versión electrónica disponible en línea: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/3/ly133.htm>
- Ly, J., P. Samkol and T. R. Preston. 2001b. Nutritional evaluation of tropical leaves for pigs: pepsin/pancreatin digestibility of thirteen plant species. *Livestock Research for Rural Development* 13(5): versión electrónica disponible en línea: <http://www.cipav.org/lrrd/lrrd13/5/ly135.htm>.
- Medina, M. G., D. E. García, P. Moratinos e I. J. Cova. 2009. La morera (*Morus spp*) como recurso forrajero: avances y consideraciones de investigación. *Zootecnia Trop.*, 27(2):343-362.
- Minitab 2009. Minitab 15 Statistical Software. Minitab In Company. State College (Pennsilvania). Versión electrónica disponible en línea: <http://www.minitab.com>
- Osorto, W. A. 2003. Harina de morera como ingrediente de la ración alimenticia de cerdos en crecimiento y engorda. Tesis MSci. Instituto Tecnológico Agropecuario de Conkal. Conkal (México), 86 p.

- Phinmasan, H., P. Samkol and J. Ly. 2004. A note on the estimation of metabolites in hard faeces of rabbits. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 11(2):37-41.
- Samkol, P., H. Araque, C. González and J. Ly. 2011. An approach to the chemical composition and *in vitro* digestibility of mulberry and trichanthera leaf meals for pigs. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 18(3):199-202.
- Samkol, P., Y. Bun, C. Díaz, M. Macías and J. Ly. 2004. The nutritive value for monogastric animals of tropical tree leaves may be a response of its physico-chemical properties. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 11(suplemento 1):30-32.
- Sánchez, M. D. 2000. Mulberry: an exceptional forage available almost worldwide. *World Animal Review* 93:1-21.
- Steel, R. G. D., J. H. Torrie and M. Dickey. 1997. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. McGraw and Hill Book Company In Company (second edition). New York, 666 p.
- Tepper, R. J. 2006. Comportamiento productivo de de cerdos estabulados y a campo alimentados con recursos alternativos. Tesis MSci. Universidad Central de Venezuela. Maracay, 57 p.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3593.