

PREDICCIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD ILEAL DEL N EN ALIMENTOS TROPICALES NO CONVENCIONALES PARA CERDOS

J. Ly

Instituto de Investigaciones Porcinas, PO Box 1, Punta Brava. La Habana, Cuba
email: julioly@utafoundation.org

RESUMEN

Se aplicó un método in vitro con enzimas disponibles comercialmente (pepsina y pancreatina) para la predicción de la digestibilidad ileal del N en fuentes tropicales no convencionales para cerdos. Los datos de digestibilidad ileal del N se tomaron de 21 experimentos hechos con cerdos ileorrectostomizados alimentados con harina de soya como fuente principal de N.

El método in vitro determinó una alta digestibilidad para el N de la caseína (97.2-98.5%), que se usó como patrón de proteína. La digestibilidad in vitro del N de la harina de soya indicó valores en el rango de 64.4-75.3%. El análisis de correlación para toda la población reveló que los datos de digestibilidad ileal in vivo (y, %) estuvieron fuertemente correlacionados (R^2 , 0.881; $P < 0.001$) con los de digestibilidad in vitro (x, %). En la ecuación de primer grado resultante los valores de a y b fueron 1.470 y 0.912 respectivamente ($SE_b \pm 0.101$).

Se recomienda fuertemente el utilizar el método in vitro para el cálculo del N ilealmente digestible en alimentos tropicales no convencionales para cerdos.

Palabras claves: cerdos, digestibilidad, in vitro, in vivo, nitrógeno

Título corto: Digestibilidad in vitro e in vivo del N en cerdos

PREDICTON OF ILEAL N DIGESTIBILITY IN NON CONVENTIONAL TROPICAL FEEDS FOR PIGS

SUMMARY

An in vitro method for ileal N digestibility estimation based on commercially available enzymes (pepsin and pancreatin) was applied to non conventional tropical sources of N for pigs. Data for N digestibility were obtained from 21 experiments conducted with ileorrectostomized pigs fed soybean meal as the main source of N

The in vitro method revealed a high digestibility value for casein N (97.2-98.5%), which was used as protein standard. In vitro digestibility of N from soybean meal was as high as 64.4-75.3%. It was found that the in all the examined population, in vivo ileal N digestibility values (y, %) were highly correlated (R^2 , 0.881; $P < 0.001$) to in vitro, pepsin/pancreatin data (x, %) data. The first degree equation found exhibited values for a and b of the order of 1.470 and 0.912 respectively ($SE_b \pm 0.101$).

The use of the in vitro method for calculation of digestible ileal N in non conventional tropical feeds for pigs is highly recommended.

Key words: pigs, digestibility, in vitro, in vivo, nitrogen

Short title: In vitro and in vivo N digestibility in pigs

INTRODUCCION

En los últimos tiempos se ha renovado el interés en distintos laboratorios por establecer el valor nutritivo de los alimentos, y particularmente, la digestibilidad in vitro de sus componentes nitrogenados, mediante el empleo de técnicas de simulación o in vitro de los procesos digestivos que se desarrollan en el intestino delgado de los cerdos (Qiao et al 2004; Pujol y Torrallardona 2007; Wilfart et al 2007, 2008; Regmi et al 2008).

Las ventajas y las desventajas del uso de técnicas in vitro, simulando los procesos digestivos que tienen lugar en el animal, han sido discutidas en otro lugar (Ly 1995; Moughan

1999; Boisen 2000). En este sentido, es indudable que el uso de las técnicas de evaluación digestiva de alimentos para cerdos, hechas en condiciones in vitro han merecido la atención de un considerable número de equipos de investigación, en lo fundamental, europeos (Dierick et al 1985, 1986; Graham et al 1989; Babinszky et al 1990; Boisen 1991; Cone et al 1993; Boisen y Fernández 1995), los que han utilizado enzimas de cerdo de naturaleza comercial, en contraste con el equipo de Furuya (Furuya et al 1979), quien empleó en Chiba-Shi digesta intestinal de cerdos.

Se pudiera resumir el estado del conocimiento en este tema, con el pensamiento de que en el tema de evaluación continua de alimentos convencionales de naturaleza tropical, la evaluación in vitro de los mismos, en lo particular en lo que

corresponde a la utilización prececal del N, es una herramienta sumamente valiosa, por lo rápida, barata y efectivamente reproducible, sin necesidad de entrenamientos largos y en ocasiones ininteligibles para insipientes. Ello estaría en línea con las propuestas de Kvasnitskii (1951).

Merece ser destacado que Dierick et al (1985), cuyo método fue usado sistemáticamente en la evaluación que aquí se informa, demostró consistentemente la correspondencia existente entre los datos de digestibilidad in vitro (pepsina/pancreatina) e ileal, in vivo, del N en cerdos alimentados con una gran variedad de alimentos, aunque de hecho, no tropicales.

Informes parciales relativos al trabajo que aquí se comunica han sido hechos en otras ocasiones (Ly y Domínguez 1997; Macías 1999).

MATERIALES Y METODOS

Los datos de digestibilidad ileal del N se tomaron de 13 experimentos hechos con cerdos ileorrectostomizados alimentados con harina de soya como fuente principal de N. En todas las oportunidades, la digestibilidad ileal del N de cada una de las muestras estudiadas se calculó por diferencia (Crampton y Harris 1969) en animales alimentados con dietas en las que la harina de soya siempre fue la única fuente de proteína que se sustituyó parcialmente por el alimento examinado en cada oportunidad. Las características de los alimentos estudiados se muestran en la tabla 1.

En líneas generales, algunos de estos alimentos pudieran considerarse, o bien residuos de cosecha, o interpretarse como susceptibles de cultivarse en forma perenne dentro un sistema de cortes periódicos (Preston 1995). En el caso de los residuos de cítricos y la harina de caña, fueron materiales enriquecidos con N por fermentación en fase sólida. Por otra parte, la levadura torula estudiada fue igualmente el producto de fermentación de miel final de caña de azúcar, en fase líquida. El contenido de N de estos productos examinados era variable, puesto que los valores mínimos y máximos estaban entre 1.15% (harina de banana verde) y 6.98% (levadura torula seca) en base seca, con exclusión de la harina de soya.

Se aplicó un método in vitro con enzimas disponibles comercialmente (pepsina/pancreatina) para la predicción de la digestibilidad ileal del N en fuentes tropicales no convencionales para cerdos, en este caso, generalmente ricas en pared celular vegetal.

El método usado correspondió al descrito por el grupo de investigadores de la Universidad de Gante (Dierick et al 1985, 1986), y consiste esencialmente en simular la digestión en condiciones in vitro de los procesos digestivos que tienen lugar en el estómago y el intestino delgado del cerdo, y que implica la incubación en dos etapas sucesivas con pepsina en medio ácido y después con pancreatina en medio ligeramente alcalino. Los detalles de este procedimiento aparecen descritos sucintamente por Dierick et al (1985).

Todos los alimentos evaluados fueron esencialmente tropicales, no convencionales, y estos alimentos examinados en experimentos en condiciones in vitro fueron a su vez probados in vivo, con animales preparados quirúrgicamente con una anastomosis ileorrectal término-terminal (Domínguez

et al 2000), llevada a cabo en nuestro laboratorio a partir de la técnica original descrita por Green et al (1987). En todas las evaluaciones in vitro se utilizó caseína con calidad de reactivo como patrón de proteína, mientras que en los experimentos in vivo, se utilizó harina de soya como única fuente proteica. Esta misma harina de soya fue evaluada en incubaciones in vitro, en muchas ocasiones.

Los datos de digestibilidad para el N en condiciones in vivo, ileal, en los cerdos, e in vitro (pepsina/pancreatina), fueron examinados biométricamente mediante un análisis de regresión (Steel y Torrie 1980). Se empleó el paquete estadístico de Minitab (2000) para computadoras de mesa en la organización y procesamiento de la información.

Tabla 1. Características de los alimentos probados

Alimento ¹	N, % ²	Referencia
Topinambur ³	2.69	Ly et al (1996)
Harina de soya	6.70	
Residuo cítrico	3.38	Domínguez et al (1996a)
Harina de soya	6.65	
Jacinto de agua ⁴	2.63	Domínguez et al (1996b)
Lemna minor	4.56	
Azolla	5.09	
Harina de soya	7.20	
Follaje de yuca	2.17	González et al (1996)
Harina de soya	6.64	
Follaje de boniato	2.92	Domínguez y Ly (1997)
Follaje de plátano	2.38	Ly et al (1997)
Follaje de plátano	1.57	Ly et al (1998a)
Harina de soya	6.80	
Follaje de leucaena	4.14	Ly et al (1998b)
Harina de soya	6.54	
Follaje de marpacífico	3.15	Macías y Ly (1998)
Harina de soya	6.60	
Saccharina	2.43	Ly (1999)
Follaje de gandul	3.80	Macías y Ly (1999)
Harina de soya	6.50	
Follaje de leucaena	2.50	Ly et al (2004)
Afrecho de trigo	2.58	Macías et al (2004)
Harina de soya	6.65	
Plátano verde	1.45	Ly y Delgado (2005)
Banana verde	1.15	
Harina de canavalia	4.99	Domínguez y Ly (2006)
Harina de soya	6.47	
Follaje de morera	1.74	Domínguez et al (2007)
Harina de soya	6.88	
Levadura torula	6.28	Ly (2007)
Levadura torula	6.98	

¹ Todas las muestras se examinaron en forma de harina

² Expresado en base seca

³ Parte aérea de *Helianthus tuberosus*

⁴ Parte aérea de *Eichhornia crasipes*

Los datos presentados en la tabla aparecen en orden cronológico. Para referencias, ver anexo 1

RESULTADOS

El método in vitro determinó una alta digestibilidad para el N de la caseína (97.2-98.5%), que se usó como patrón de proteína. La digestibilidad in vitro de la harina de soya indicó valores en el rango de 64.4-75.3%. La ecuación de regresión se determinó con 32 pares de valores, publicados en 21

informes ad hoc (ver anexo 1). El análisis de regresión reveló la siguiente ecuación de primer grado,

$$y = 1.470 + 0.912 x \quad (E_{yx} \pm 0.101)$$

donde y es la digestibilidad in vivo, mientras que x es la digestibilidad in vitro, ambas expresadas en por ciento. En esta ecuación el coeficiente de correlación (R^2 , 0.881) fue altamente significativo ($P < 0.001$). Como aspecto interesante, el mayor grado de dispersión se localizó cuando la digestibilidad in vitro de los recursos ensayados estuvo por debajo de 40%.

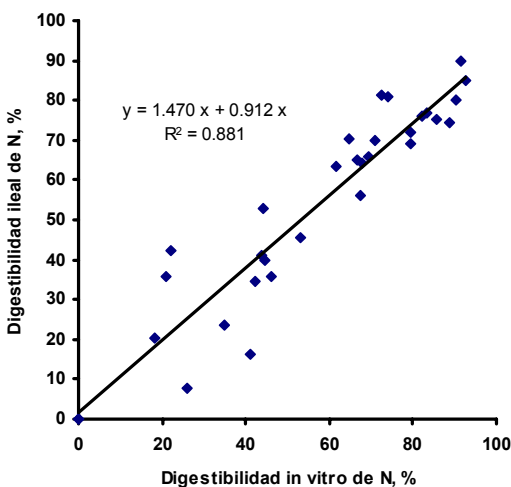


Figura 1. Interdependencia entre digestibilidad ileal e in vitro de N en cerdos

DISCUSION

Dierick (1991) informó que según los resultados de los experimentos hechos por su equipo de investigadores, la ecuación de predicción de la digestibilidad del N in vivo, ileal en cerdos sería

$$y = -17.165 + 0.920 x \quad (E_{yx} \pm 0.188)$$

donde y es igualmente la digestibilidad in vivo, mientras que x es la digestibilidad in vitro, ambas expresadas en por ciento. En esta ecuación el tamaño de población fue igual a 25 y el coeficiente de correlación (R^2 , 0.99) fue altamente significativo ($P < 0.001$). En el caso de la ecuación hallada inicialmente en nuestro laboratorio,

$$y = -13.298 + 1.121 x \quad (E_{yx} \pm 0.110)$$

se halló un intercepto similar al de Dierick (1991) y un grado de dispersión parecido, pero el nivel de significación pareció ser menor ($P > 0.01$), probablemente debido al tamaño de población ensayado, $n = 22$ (Ly y Domínguez 1997). Una ecuación que informó Macías (1999), y que describía la digestibilidad ileal del N con respecto a su valor in vitro en cuatro follajes arbóreos, presentó valores relativamente bajos

(0.756) para el coeficiente de determinación, en comparación con la informada aquí, 0.912, o por Dierick et al (1991), que ascendió a 0.920. Por otra parte, en la evaluación de recursos arbóreos tropicales de Macías (1999) el valor de R^2 fue relativamente superior (0.93). Los resultados de Macías (1999) pudieran estar influenciados por el tamaño de población relativamente reducido ($n = 4$), pero los materiales ensayados eran todos recursos arbóreos o arbustivos. Por otra parte, en los datos procesados en Gante (Dierick et al 1991), no se encontraban presente la mayoría de los tipos de muestras evaluados en la presente investigación. No se sabe si existan diferencias notables en la respuesta de productos tropicales y los que no lo son en la predicción de su digestibilidad ileal en cerdos. A este respecto, Boisen y Fernández (1995) hallaron que el valor de R^2 para 15 pares de valores examinados fue alto (0.92), pero cuando se validaron los resultados con 48 alimentos, este mismo coeficiente fue más bien bajo (R^2 , 0.57).

Fuller (1991) ha señalado cuántos obstáculos teóricos y prácticos se interponen para conocer esencialmente el valor nutritivo de un alimento en general, y particularmente en los cerdos, si de su evaluación in vitro se trata. Sin duda que estas valiosas observaciones de Fuller (1991) hay que tenerlas muy en cuenta, pero fundamentalmente, para darle solución en la vida, en consonancia con Boisen y Eggum (1991).

Se recomienda utilizar el método in vitro para el cálculo del N ilealmente digestible en alimentos tropicales, que no son convencionales para el ganado porcino, aunque se necesita todavía más investigación en lo concerniente a la predicción ileal de la digestibilidad de aminoácidos y de las pérdidas endógenas de N.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo que se describe aquí en este artículo resume en lo fundamental, un período investigativo de una década, difícil por el momento histórico en que se enmarcó dentro del desarrollo de la sociedad cubana (1988-1999), y que requirió de la cooperación en muchos momentos, abnegada y entusiasta, de muchos colaboradores. En este momento se puede expresar agradecimientos sinceros al Sr. J.L. Reyes, indispensable en los procedimientos quirúrgicos, y a los señores Maritza Castellanos, Hilda Salas y J. Cabrera por su esmerado cuidado de los animales y en general su asistencia técnica, y a las señoras Martha Carón y Nidia Vítores, así como a la desaparecida Sra. Vivian Martínez, por su innegable calidad sobresaliente en la ejecución de las técnicas analíticas.

Por último, vale la pena decir que este trabajo se ejecutó con el pensamiento puesto en la obra del académico soviético A.V. Kvasnitskii, quien en el Instituto de Investigaciones Porcinas, de Poltava, ha dado un ejemplo señalado sobre cómo hacer ciencia en medio de una guerra devastadora, envuelto en condiciones materiales muy difíciles.

REFERENCIAS

Babinszky, L., Van der Meer, J., Boer, J. y Den Hartog, L.A. 1990. An in vitro method for prediction of the digestible crude protein content in pig feeds. Journal of the Science of Food and Agriculture, 50:173-178

- Boisen, S. 1991. A model for feed evaluation based on in vitro digestible dry matter and protein. In: *In Vitro Digestion for Pigs and Poultry* (M.F. Fuller, editor). CAB International. Wallingford, p 135-145
- Boisen, S. 2000. In vitro digestibility methods: history and specific approaches. In: *Feed Evaluation: Principles and Practices* (P.J. Moughan, M.W.A. Verstegen y M.I. Visser-Reynveld, editores). NLD Wageningen. Wageningen, p 153-168
- Boisen, S. y Eggum, B.O. 1991. Critical evaluation of in vitro methods for estimating digestibility in simple-stomach animals. *Nutrition Research Review*, 4:141-162
- Boisen, S. y Fernández, J.A. 1995. Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by in vitro analyses. *Animal Feed Science and Technology*, 51:29-43
- Cone, J.W. y Van der Poel, A.F.B. 1993. Prediction of apparent ileal digestibility in pigs with a two step in vitro method. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 62:393-400
- Crampton, E.W. y Harris, L.E. 1969. *Applied Animal Nutrition. The Use of Feedstuffs in the Formulation of Livestock Rations*. W.H. Freeman. San Francisco, pp 753
- Dierick, N.A. 1991. Recent developments in pig feed evaluation. In: *International Congress on Pig Farming*. Brussels, p 2.1-2.6
- Dierick, N.A., Vervaeke, I.J., Decuypere, J.A. y Henderickx, H.K. 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), pp 329-332
- Dierick, N.A., Vervaeke, I.J., Decuypere, J.A. y Henderickx, H.K. 1986. In vitro estimation of protein digestibility in the small and large intestine of pigs. *IV World Congress of Animal Feeding*. Madrid, S-II-8
- Dierick, N.A., Vervaeke, I.J., Decuypere, J.A., Van der Heyde, H. y Henderickx, H.K. 1988. Correlation of ileal and fecal digested protein and organic matter to production performance in growing pigs. *Wissenschaftlichen Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock*, 37(1):50-51
- Domínguez, H., Díaz, C. y Reyes, J.L. 2000. Anastomosis ileorrectal término-terminal con colostomía en cerdos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 7(3):54-62
- Fuller, M.F. 1991. Methodologies for the measurement of digestion. In: *Digestive Physiology in Pigs* (M.W.A. Verstegen, J. Huisman y L.A. Den Hartog, editores). European Association of Animal Production (EAAP) Publication No. 54. Pudoc. Wageningen, p 273-278
- Furuya, Sh., Sakamoto, K. y Takahashi, S. 1979. A new in vitro method for the estimation of digestibility using the intestinal fluid of the pig. *British Journal of Nutrition*, 41:511-520
- Graham, H., Lowgren, W. y Aman, P. 1989. An in vitro method for studying digestion in the pig. Comparison with in vivo ileal and faecal digestibilities. *British Journal of Nutrition*, 61:689-698
- Green, S., Bertrand, S.L., Duron, M.J.C. y Maillard, R.A. 1987. Digestibility of amino acids in maize, wheat and barley meal, measured in pigs with ileo-rectal anastomosis and isolation of the large intestine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 41:29-43
- Kvasnitskii, A.V. 1951. *Vaprosui Fisiologii Pishievareniiia u Sviniei*. (Fisiología Digestiva del Cerdo, en ruso). GIS Literaturui. Moskva, pp 231
- Ly, J. 1995. *Fisiología digestiva del cerdo*. Tesis de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana, pp 136
- Ly, J. y Domínguez, P.L. 1997. Predicción de la digestibilidad ileal del N en alimentos tropicales no convencionales para cerdos. In: *Porcicultura Tropical, Jornada Científica con motivo del XXV Aniversario del Instituto de Investigaciones Porcinas*. La Habana, p 16
- Macías, M. 1999. *Estudios de métodos de evaluación del nitrógeno de follaje de árboles y arbustos para cerdos*. Tesis de Maestro en Producción Porcina. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana, pp 64
- Minitab 2000. *Minitab 13.31. Statistical Software*. Minitab In Company. State College (Pennsilvania). Versión electrónica disponible in: <http://www.minitab.com>
- Moughan, P.J. 1999. In vitro techniques for the assessment of the nutritive value of feed grains for pigs: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50:871-879
- Preston, T.R. 1995. *Tropical Animal Feeding. A Manual for Research Workers*. FAO Animal Production and Health Paper No. 126. Roma, pp 305
- Pujol, S. y Torrallardona, D. 2007. Evaluation of in vitro methods to estimate the in vivo nutrient digestibility of barley in pigs. *Livestock Science*, 109:186-188
- Qiao, Y., Lin, X., Odle, J., Whittaker, A. y van Keppen, T.A.T.G. 2004. Refining in vitro digestibility assays: fractionation of digestible and indigestible peptides. *Journal of Animal Science*, 82:1169-1677
- Regmi, P.R., Sauer, W.C. y Zijlstra, R.T. 2008. Prediction of in vivo apparent total tract energy digestibility of barley in grower pigs using an in vitro digestibility techniques. *Journal of Animal Science*, 86:2619-2626
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H.. 1980. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. MacGraw-Hill Book Company Incompany (third edition). New York, pp 481
- Wilfart, A., Jaguelin-Peyraud, Y., Simmins, H., Noblet, J., van Milgen, J. y Montagne, L. 2007. A step-wise in vitro method to estimate kinetics of hydrolysis of feeds. *Livestock Science*, 109:179-181
- Wilfart, A., Jaguelin-Peyraud, Y., Simmins, H., Noblet, J., van Milgen, J. y Montagne, L. 2008. Kinetics of enzymatic digestion of feeds as estimated by a stepwise in vitro method. *Animal Feed Science and Technology*, 141:171-183

ANEXO 1

Lista de referencias correspondientes a los documentos utilizados para el cálculo de la ecuación que relaciona la digestibilidad in vitro (pepsina/pancreatina) con la digestibilidad ileal del N en cerdos

Domínguez, P.L. y Ly, J. 1997. An approach to the nutritional value for pigs of sweet potato vines (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Livestock Research for Rural Development*, 9(2): versión electrónica disponible in:
<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd9/2/ly92.htm>

Domínguez, P.L. y Ly, J. 2006. Ileal and rectal digestibility of nutrients in pigs fed graded levels of treated grains of canavalia (*Canavalia ensiformis*) beans. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 13(3):

Domínguez, P.L., Ly, J., Reyes, J.L., Martínez, V., Echeverría, J. y Rodríguez, J.A. 1996a. Digestibility of protein enriched citrus by-products for pigs. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 4:73-82

Domínguez, H., Macías, M., Díaz, C., Martín, G. y Ly, J. 2007. Nota sobre índices digestivos ileales en cerdos alimentados con harina de follaje de morera. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 14:29-32

Domínguez, P.L., Molinet, Y. y Ly, J. 1996b. Ileal and in vitro digestibility in the pig of three floating aquatic macrophytes. *Livestock Research for Rural Development*, 8(4): versión electrónica disponible in
<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd8/4/ly84.htm>

Domínguez, P.L. y Ly, J. 1997. An approach to the nutritional value for pigs of sweet potato vines (*Ipomoea batatas* (Lam)). *Livestock Research for Rural Development*, 9(2): versión electrónica disponible in:
<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd9/2/ly92.htm>

González, J., Martínez, V., Reyes, J.L. y Ly, J. 1996. Una nota sobre la digestibilidad ileal e in vitro del N de harina de follaje de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en cerdos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 3(2):41-46

Ly, J. 1999. Evaluación de la proteína y la energía de la sacararina en cerdos ileorrectostomizados. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 33:57-65

Ly, J. 2007. Ileal flow of N in pigs fed on torula yeast based diets. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 14(4):

Ly, J., Díaz, C., Macías, M., Reyes, J.L., Domínguez, P.L., Pok Samkol, Santos, R. y Ruiz, R. 2004. Studies on digestive processes in pigs fed leucaena foliage meal. Digestibility data. In: VI Taller Internacional Silvopastoril "Los Arboles y Arbustos en la Ganadería". Ciudad de Holguín, versión electrónica disponible en disco compacto ISBN 959-16-0285-1

Ly, J. y Delgado, E. 2005. Digestion of bananas and plantains in pigs. In vivo and in vitro ileal digestibility of diets based on green fruits. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 12:204-209

Ly, J., Díaz, C., Macías, M., Reyes, J.L., Domínguez, P.L., Pok Samkol, Santos, R. y Ruiz, R. 2004. Studies on digestive

processes in pigs fed leucaena foliage meal. Digestibility data. In: *Los Arboles y Arbustos en la Ganadería*. Ciudad de Holguín, versión electrónica disponible en disco compacto ISBN 959-16-0285-1

Ly, J., García, A. y Domínguez, P.L. 1997. Chemical composition of plantain foliage (*Musa paradisiaca*) and the effect of its inclusion in the diet on nutrient digestibility in pigs. *Journal of Animal and Feed Science*, 6:257-267

Ly, J., Macías, M., Martínez, R.M. y García, A. 1998a. Plantain foliar residues for pig diets. Ileal digestibility of nutrients. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 32:153-157

Ly, J., Macías, M., Reyes, J.L., Figueroa, V., Carón, M. y Martínez, V. 1996. Ileal and in vitro digestibility studies on Jerusalem artichoke forage for pigs. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 3(2):34-40

Ly, J., Macías, M., Reyes, J.L. y Figueroa, V. 1995. Ileal and faecal digestibility of Jerusalem artichokes (*Helianthus tuberosus* L.) in pigs. *Journal of Animal and Feed Science*, 4:195-205

Ly, J., Reyes, J.L., Macías, M., Martínez, V., Domínguez, P.L. y Ruiz, R. 1998b. Ileal and total digestibility of leucaena meal (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 70:265-273

Macías, M. 1999. Estudios de métodos de evaluación del nitrógeno de follaje de árboles y arbustos para cerdos. Tesis de Maestro en Ciencias. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana, pp 64

Macías, M. y Ly, J. 1998. Estudios de digestión in vivo de marpacífico (*Hibiscus rosa-sinensis*) en cerdos. In: III Taller Internacional Silvopastoril "Los Arboles y Arbustos en la Ganadería". El Perico, p 57-59

Macías, M. y Ly, J. 1999. Digestibilidad ileal y total de follaje de *Cajanus cajan* en cerdos alimentados con dietas de mieles de caña de azúcar. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela*, 40:165-169

Macías, M., Martínez, O., Domínguez, H., Díaz, C. y Ly, J. 2004. Digestibilidad ileal y rectal de cerdos Criollo Cubano alimentados con dietas de mieles y afrecho de trigo. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 11(suplemento 1):21-23