

EVALUACIÓN DE NUEVOS RECURSOS ALIMENTARIOS PARA GANADO PORCINO. LA VIA DEL “COMO HACER”

Ly, J.¹

RESUMEN

Al abrir las puertas del nuevo milenio, la ganadería porcina se encuentra enfrascada en la búsqueda y en la aplicación de métodos de evaluación de posibles nuevos alimentos para cerdos, no solamente en el mundo tropical, sino en áreas extratropicales. La búsqueda de nuevas técnicas han tenido como misión el dejar el uso del propio animal como respuesta final para decidir el uso o no de un nuevo alimento, y usar en cambio las condiciones de estudio *in vitro* y a veces, *in situ*. Esta búsqueda es un esfuerzo sostenido de productores, educadores e investigadores.

Palabras Clave: cerdos, alimentos, evaluación, métodos, digestibilidad.

SUMMARY

EVALUATION OF NEW ALIMENTARY RESOURCES FOR PIGS. THE “KNOWHOW” TRACK

Pig production is facing the search and application of methods of evaluation of possible new feedstuffs for feeding pigs at the very beginning of the new century, not only in tropical countries, but in the extra-tropical areas too. The search of new techniques has as mission to left the use of animals as final response for deciding the use or not of a new feed, and use in turn *in vitro*, and sometimes, *in situ*, conditions of study. This search is a sustained effort of producers, teachers and researchers.

Key Words: pigs, feedstuffs, evaluation, methods.

INTRODUCCIÓN

Al abrir las puertas del nuevo milenio, la ganadería porcina se encuentra enfrascada en la búsqueda y en la aplicación de métodos de evaluación de posibles nuevos alimentos para cerdos, no solamente en el mundo tropical, sino en áreas extratropicales. La búsqueda de nuevas técnicas han tenido como misión el dejar el uso del propio animal como respuesta final para decidir el uso o no de un nuevo alimento, y usar en cambio las condiciones de estudio *in vitro* con preferencia con respecto a otras *in situ*, y definitivamente, con la tendencia de excluir experimentos *in vivo*. Se han argüido varias ventajas indudables: la rapidez de la respuesta, la multiplicidad contemporánea del escrutinio, lo barato del quehacer y la evitación de los sufrimientos o falta de confort de los animales (Ly, 2007). Tal vez en los laboratorios del mundo tropical, la más importante de

estas ventajas sea probablemente el aspecto económico y quién sabe si de adiestramiento o adquisición de habilidades quirúrgicas. Quizás también habría que comentar las peculiaridades de la transferencia de estas tecnologías, si fuere o no el Sur el generador de la información.

Inevitablemente, el uso de estudios *in vitro* ha implicado su validación mediante la comparación de las técnicas esencialmente a hacer en el laboratorio, con la respuesta animal ante los mismos alimentos. El objetivo de este procedimiento, por condiciones obvias, era saber hasta qué punto las técnicas *in vitro* son iguales o equivalentes a las técnicas *in vivo*, si el estudio *in vitro* es sustituto del otro *in vivo*, o cómo se accede desde uno al otro mediante herramientas matemáticas.

Este texto tiene que ver con distintos aspectos del status de la evaluación de nuevos alimentos en el trópico con vistas a su uso en el ganado porcino, y tal vez da pistas para investigar.

¹Instituto de Investigaciones Porcinas Carretera del Guatao, km 1. Punta Brava La Habana, Cuba. E-mail: julioly@utafoundation.org

LA ESPECIE ANIMAL Y CÓMO HACER NUTRICIÓN

El cerdo siempre ha sido encasillado en el grupo de animales omnívoros, vecino de la rata y del hombre. Lo esencial de su biología ha sido delineado por Pond y Houpt (1978). Por lo tanto, en ganadería porcina, continuamente se enriquece el conocimiento sobre esta especie animal con los resultados investigativos derivados de estudios en ratas y seres humanos. Por otra parte, también ha sido posible transferir información hecha en animales rumiantes, particularmente en aspectos técnicos y en otros vinculados al uso de materiales con alto contenido de pared celular vegetal. Otro tanto ha ocurrido con estudios en paralelo hechos en aves y cerdos (Jagger *et al.*, 1985, entre otros). En líneas generales, la siempre ha existido la tendencia a investigar hasta qué punto los resultados que se logran en una especie animal, pueden ser susceptibles de ser extrapolados a otra, o a varias, fundamentalmente, las de aquellos animales de granja con interés económico.

Los estudios de evaluación nutritiva más conocidos son europeos. Tal vez porque entre los países norteamericanos siempre ha existido la tendencia a usar dietas con pocos ingredientes, bien conocidos, en condiciones de alimentación *ad libitum* (NRC 1998), en contraste con los países europeos, donde el sentido del trabajo ha estado dirigido particularmente a lograr una máxima eficiencia en condiciones en las que se aplican escalas de alimentación restringida (ARC 1981).

Debe mencionarse que los intentos de determinar el valor nutritivo de alimentos para cerdos a partir de su composición química, no son muy atrayentes entre los investigadores, posiblemente por la incertidumbre que generalmente se ha encontrado en las ecuaciones de predicción, lo que no las hace estrictamente confiables. Estos métodos, se han hechos en su gran mayoría a partir de determinaciones *in vivo* de la digestibilidad de un ingrediente incorporado a una dieta básica, y mediante el principio de la aditividad, calcular la digestibilidad aparente del ingrediente por diferencia. Aún a fines del siglo xx se estaban publicando estimados de digestibilidad de ingredientes de dieta, o de la dieta misma a partir de su composición química, su aprovechamiento digestivo, o su contenido calorífico. En este sentido, pudiera consultarse tanto a Nehring y Haenlein (1973) y a Just *et al.* (1984) como a Morgan *et al.* (1987), e igualmente a Pérez (1991).

Puede que se diga que es asiática la propuesta de métodos *in vitro* para la evaluación de alimentos para cerdos (Hsu *et al.*, 1977; Furuya *et al.* 1979). Esta propuesta cobró auge en Europa en la década de los 80, y se corresponde con artículos publicados por científicos de la Universidad de Gante (Dierick *et al.* 1985) y también del Instituto Nacional de Ciencia Animal, en Foulum (Eggum y Boisen 1991; Boissen y Fernández 1991). El incremento de este tipo de actividades llevó a casas editoras

especializadas como CABI a promover en su momento la publicación de libros como el editado por Fuller (1992). Estos estudios comenzaron por ser una aproximación a la digestibilidad ileal, *in vivo*, de proteínas y aminoácidos (Dierick *et al.*, 1985; Boisen y Fernández 1991; Eggum y Boisen 1991) y continuaron por el examen de la digestión en el intestino grueso y en todo el tracto gastrointestinal, con evaluaciones hechas mayoritariamente en la Universidad de Uppsala (Lowgren 1992; Boisen 2007), en la estación de Rennes (Noblet y Jaguelin-Peyraud 2007; Wilfart *et al.* 2007) y en Lelystad (Cone *et al.*, 2005; Cone y Van der Poel 2006). En condiciones tropicales de producción porcina, se han tenido iniciativas que aún no han sido evaluadas en su conjunto, como las hechas en La Habana y Phnom Penh (Ly y Domínguez 1997; Ly y Preston 2001; Allen y Ly 2007).

Como se puede inferir, la simulación de los procesos digestivos para la evaluación nutritiva de alimentos en cerdos ha estado en pleno auge, en los comienzos del siglo xxi, pero no tanto en el Sur como en el Norte, ni tanto en productos no convencionales, como en otros convencionales.

En comparación con las técnicas *in vitro* de evaluación de alimentos, aplicables a los nuevos, hay menos desarrollo en el uso de condiciones *in situ* o también llamadas *in sacco*, como las que se usan con la técnica de la bolsa de nailon móvil (Sauer *et al.*, 1983; Graham *et al.*, 1985; Brand *et al.*, 1989; Qiao y Thacker 2001; Thacker y Qiao 2004). Es posible que en esto tenga algo que ver la necesidad de usar animales modificados quirúrgicamente, y jaulas de metabolismo. Sin embargo, entre investigadores canadienses, la evaluación de alimentos por el método *in situ*, parece seductor (Thacker y Qiao 2004).

Indudablemente que hay que cuantificar también hasta qué punto las sustancias tóxicas, muchas veces denominadas factores antinutricionales (Savón 2007), ejercen una función negativa en los procesos digestivos del ganado porcino, y fijar los factores que intervienen para aumentar o disminuir sus efectos indeseables, en condiciones *in vitro* e *in vivo*. Los factores tóxicos son muchos en granos y órganos de especies leguminosas (D'Mello 1992), pero también existen otros como los cianoglucósicos en raíces y hojas de yuca y otras especies vegetales (Tewe 1992; Ly y Rodríguez 2001). Aún existen otros que no determinan procesos patológicos marcados, como los polifenoles y taninos (Makkar 1999; 2003; Reed *et al.* 2006), y los fitatos (por ejemplo, Liao *et al.*, 2006) pero que indudablemente influyen de una forma negativa en la alimentación y en la nutrición de cerdos.

EN EL LABORATORIO

El laboratorio, entendido el lugar donde se procede a elaborar o procesar las muestras de alimentos y animales, no ha sufrido esencialmente cambios desde el siglo xix, aunque los

aparatos sean cada vez más sofisticados, todo con vistas a ganar en exactitud y precisión. Igualmente, las técnicas durante mucho tiempo han sido las convencionales, referidas al quehacer de grupos corporativos encargados de revisar periódicamente los procedimientos analíticos desde el punto de vista físico y químico. Evidentemente, entre estos grupos, el más reconocido en el mundo atlántico es el que publica el Journal of the AOAC, y cada cierto número de años, los procedimientos oficiales de la Asociación de Químicos Analistas, con sede en Arlington (por ejemplo, AOAC 1995). Estos procedimientos van desde la indispensable determinación de materia seca, ya universalmente necesaria para todo cálculo inicial de fórmulas de alimentación, hasta los más avanzados, como los de espectroscopía en el espectro infrarrojo cercano (Bastianelli *et al.*, 2003).

LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES

En realidad, el uso de diseños experimentales en la evaluación nutritiva de alimentos, se circunscribe a formas sencillas, clásicas, no por ello menos elegantes, tales como las pruebas de comparación de datos pareados, clasificaciones simples, para la aplicación de la técnica de análisis de varianza, y análisis de regresión lineal y de correlación múltiples. Más bien se ha modificado la instrumentación para aplicar las matemáticas a una evaluación dada, tal vez más sencilla que compleja. A comienzos del siglo XXI, casi ha sido sinónimo de garantía técnica, referir en las publicaciones científicas que pretendan ser aceptadas como tales, la aplicación de procedimientos analíticos de AOAC (1995) como de SAS (por ejemplo, SAS 1985). Un árbitro nunca desdeñaría revisar un manuscrito para publicar con estas condiciones *sine qua non*.

Ya la incorporación de los resultados que se hallen sobre el valor de un nuevo alimento, al contexto integrado de la fisiología de la digestión del cerdo, y de la predicción de rasgos de comportamiento en esta especie, es algo que estaría en sus primeros pasos, a juzgar por lo que ya se ha hecho (Gill *et al.*, 1989; Bastianelli *et al.*, 1996; Rivest *et al.*, 2000).

Es posible que una nueva etapa que ya se está dando en el campo del diseño experimental para la evaluación de nuevos recursos alimentarios, fuera el intervenir en cierta globalización de la ciencia animal, al integrar aparentes elementos difíciles de compatibilizar tales como la nutrición y el mejoramiento genético. En este sentido, el equipo en el que participa Bastianelli (Bastianelli *et al.*, 2003; Mignon-Grasteau *et al.*, 2004), en Nouzilly, tiene mucho que ver con ello. Sin embargo, en la caracterización de lugares de rasgos cuantitativos desde el punto de vista, en última instancia, de la nutrición en cerdos, está bien retrasada en comparación con otros (Knott *et al.*, 1998; Schook 2007). En realidad hay pocos avances, teniendo

en cuenta lo dicho por Wenk y Morel (1985) unos veinte años atrás, o los resultados de Siers (1975), aún más lejos en el tiempo.

LA TRANSFERENCIA DE METODOLOGÍAS

Mientras que va in crescendo la publicación de textos sobre la teoría y la práctica de la nutrición animal, y por supuesto que porcina, poco hay en realidad en el aspecto de lugares para entender y poner en práctica, la metodología más conveniente para usar en un caso concreto, en un momento dado. En el caso de ganado porcino, afortunadamente se cuenta con reuniones periódicas relacionadas con la fisiología digestiva de cerdos, que permiten considerar el status quo de la investigación científica líder en el mundo, por lo menos, bajo la óptica europea (Fernández *et al.*, 2007a,b).

En realidad, la transferencia del "cómo hacer" más efectiva en el campo para la evaluación de nuevos recursos alimentarios para cerdos, y con probabilidad en otras especies animales, es la misma que usó Erasmo de Rotterdam en su momento, visitando las universidades medioevales de avanzada en los campos de conocimiento en que se ocupaba. No obstante, a veces la barrera idiomática es a veces un obstáculo primario a superar, puede que sobre todo ello sea obvio en la comunidad que habla el idioma español. De todas formas, no es raro encontrar visitas de nuevos estudiantes foráneos de ciencia animal en establecimientos de vanguardia, bien universitarios o de investigación, o el traslado de líderes en investigación a sitios diferentes a los de su principal punto de actividades, para crear nuevos núcleos científicos y académicos. Esta práctica no es en lo absoluto mala. Es más, debe considerarse necesaria para el intercambio *in vivo* de ideas y experiencias, aún en la era de la navegación en el ciberespacio. Pero aún en ese lugar, parece que mucho pudiera hacerse para explicar cómo se maneja la vida de un cerdo en una jaula de metabolismo. El mérito de que algo de ello esté disponible, se debe al texto de Pond y Houpt (1978).

EL TRASLADO DEL CONOCIMIENTO

¿Cómo hacer extensionismo entre científicos? Es difícil hacerlo entre productores de la ganadería porcina, a menos que corporaciones, que esencialmente, buscan el beneficio económico, demanden y paguen por obtener una respuesta que les aproveche. Mucho han hecho organizaciones mundiales para hacer entender y entender lo que es una labor de extensión en ciencia animal (por ejemplo, Swanson 1987). Pero parecería que hace falta más trabajo integrado de los interesados. En las universidades, el extensionismo no es una asignatura curricular. En investigación, se da por conocida.

CONCLUSIONES

Al abrir las puertas del nuevo milenio, la ganadería porcina se encuentra enfrascada en la búsqueda y en la aplicación de métodos de evaluación de posibles nuevos alimentos para cerdos, no solamente en el mundo tropical, sino en áreas extratropicales. La búsqueda de nuevas técnicas han tenido como misión el dejar el uso del propio animal como respuesta final para decidir el uso o no de un nuevo alimento, y usar en cambio las condiciones de estudio *in vitro* y a veces, *in situ*. Esta búsqueda es un esfuerzo sostenido de productores, educadores e investigadores, desgraciadamente, no en forma integrada en muchas ocasiones. Muchos artículos científicos terminan con una frase en la que se enfatiza que mucho queda por hacer en el campo en el que se ha examinado una cosa dada. Este no es la excepción, y más, escribiendo ciencia en español.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su más sincero agradecimiento al Dr. Clemente Lemus, de la Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, México, por las facilidades, más espirituales que materiales, que facilitaron la ejecución de la presente reseña, y al Dr. José Adalberto Fernández, coeditor de la Sección de Nutrición de No Rumiantes, *Livestock Science*, por las facilidades para consultar la literatura al respecto, en el verano de 2007. Finalmente, gracias en particular deben ser extendidas al Comité Organizador del IX Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos, a celebrarse en Montevideo Uruguay, en la primavera austral del 2007, por su gentil invitación para incorporar este manuscrito en forma de comunicación oral, al programa de actividades y el escrito, a los documentos de esa reunión científica, y a las autoridades del Instituto de Investigaciones Porcinas para dar toda la libertad con la misión de hacer el presente trabajo en escenarios disímiles.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, J. y Ly, J. 2007. Una aproximación a la predicción del valor nutritivo del follaje de leucaena para cerdos determinado por procedimientos *in situ* e *in vitro*. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 14:65-69
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (P.A. Cunniff, editor). AOAC International. Arlington, pp 2000.
- ARC. 1981. The Nutrient Requirements of Pigs. Agricultural Research Council. (ARC). Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough, pp.
- Bastianelli, D.; Muley, N.; Carré, B.; Bonnal, L. and Davrieux, F. 2003. Use of near infrared spectroscopy for evaluation of nutrient digestibility in genetic experiments in poultry. In: 11th International Conference on Near Infrared Spectroscopy. Córdoba, pp 1.
- Bastianelli, D.; Sauvant, D. and Rérat, A. 1996. Mathematical modeling of digestion and nutrient absorption in pigs. *Journal of Animal Science*, 74:1873-1887.
- Boisen, S. 2007. *In vitro* analyses for predicting standardized ileal digestibility of protein and amino acids in actual batches of feedstuffs and diets for pigs. *Livestock Science*, 109:182-185.
- Boisen, S. and Fernández, J.A. 1991. *In vitro* digestibility of energy and amino acids in pig feeds. In: *Digestive Physiology in Pigs* (M.W.A. Verstegen, J. Huisman y L.A. Den Hartog, editores). Pudoc. Wageningen, p 231-236.
- Brand, T.S.; Badenhorst, H.A.; Siebrits, F.K. and Kemm, E.H. 1989. Use of the mobile nylon bag technique to determine digestible energy in pig diets. *South African Journal of Animal Science*, 19:165-170.
- Cone, J.W.; Jongbloed, A.W.; Van Gelder, A.H. and De Lange, L. 2005. Estimation of protein fermentation in the large intestine of pigs using a gas production technique. *Animal Feed Science and Technology*, 123:463-472.
- Cone, J.W. and Van der Poel, A.F.B. 2006. Prediction of apparent ileal protein digestibility in pigs with a two-step *in vitro* methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 62:393-400.
- Dierick, N.; Vervaeke, I.; Decuypere, J. and Henderickx, H. 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). Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsog 580. Copenhagen, p 329-332.
- D'Mello, J.P.F. 1992. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 38: 237-261.
- Eggum, B.O. and Boisen, S. 1991. *In vitro* techniques of measuring digestion. In: *Digestive Physiology in Pigs* (M.W.A. Verstegen, J. Huisman y L.A. Den Hartog, editores). Pudoc. Wageningen, p 213-225.
- Fernández, J.A.; Hedemann, M.S.; Jensen, B.B.; Jorgensen, H.; Bach Knudsen, K.E. and Laerke, H.N. 2007a. 10th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs, Part 1. *Livestock Science*, 108:1-306.
- Fernández, J.A.; Hedemann, M.S.; Jensen, B.B.; Jorgensen, H.; Bach Knudsen, K.E. and Laerke, H.N. 2007b. 10th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs, Part 2. *Livestock Science*, 109:1-285.
- Fuller, M.B. 1992. *In vitro* Digestion for Pigs and Poultry. Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB) International. Wallingford, pp 209.
- Furuya, S.; Sakamoto, K. and 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.
- Furuya, S. 1992. Estimation of true ileal digestibility of amino acids with pigs by an *in vitro* method using intestinal fluid. In: *In vitro* Digestion for Pigs and Poultry (M.B. Fuller, editor). Commonwealth Agricultural Bureau (CAB) International. Wallingford, p 116-127.

- Gill, M.; Beever, D.E. and France, J. 1989. Biochemical bases needed for the mathematical representation of whole animal metabolism. *Nutrition Research Reviews*. 2:181-201
- Graham, H.; Hesselman, K.; Aman, P.; Rundgren, M. and Thomke, S. 1985. The use of nylon bag and *in vitro* techniques for predicting feed digestibility for pigs. In: *Digestive Physiology in the Pig* (A. Just, H. Jorgensen y J.A. Fernández, editores). Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsog 580. Copenhagen, p 337-340.
- Hsu, J.W.; Vavak, D.L.; Satterlee, L.D. and Miller, G.A. 1977. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of Food Science*, 42:1269-1273
- Jagger, S.; Cole, D.J.A. and Wiseman, J. 1985. Evaluation of dietary protein through ileal and faecal digestibility (pigs) and nitrogen retention (pigs and chicks). In: *Digestive Physiology in the Pig* (A. Just, H. Jorgensen y J.A. Fernández, editores). Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsog 580. Copenhagen, p 344-347.
- Just, A.; Jorgensen, H. and Fernández, J.A. 1984. Prediction of metabolizable energy for pigs in the basis of crude nutrients in the feeds. *Livestock Production Science*, 11:105-128.
- Knott, S.A.; Marklund, L.; Haley, C.S.; Andersson, K.; Davies, W.; Ellegren, H.; Fredholm, M.; Hansson, I.; Hoyheim, B.; Lundstrom, K.; Moller, M. and Andersson, L. 1998. Multiple marker mapping of quantitative trait loci in a cross between outbred wild boar and Large White pigs. *Genetics*, 149:1069-1080.
- Liao, S.F.; Sauer, W.C.; Kies, A.K.; Cervantes, M.; Hoo, J.K. and He, J.M. 2006. Effect of phytase supplementation to diets for weanling pigs on the utilization of phosphorus and calcium. *Interciencia*, 31:262-267.
- Lowgren, W. 1992. An *in vitro* method for studying digestion of dietary components and the energy value of pig feeds. Thesis Dr.Sci. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, pp 102.
- Ly, J. 2007. Fisiología Digestiva del Cerdo (J. Ly y C. Lemus, editores), Editorial de la Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, 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 97*. La Habana, p 1.
- Ly, J. and Preston, T.R. 2001. *In vitro* estimation of nitrogen digestibility for pigs and water soluble nitrogen are correlated in tropical forage feeds. *Livestock Research for Rural Developmet*, 13(1): versión electrónica disponible in <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/1/ly131.html>.
- Ly, J. and Rodríguez, L. 2001. Studies on the nutritive value of ensiled cassava leaves for pigs in Cambodia. In: *Current Research and Development on use of Cassava as Animal Feed* (T.R. Preston, B. Ogle y M. Wanapat, editores). Khon Kaen, p 45-51.
- Makkar, H.P.S. 1999. Evaluation and enhancement of feeding value of tannin containing plants. In: *Tannins in Livestock and Human Nutrition* (J.D. Brooker, editor). Australian Centre for International Agricultural Reseach (ACIAR). Proceeding No. 92. Camberra, p 52-56.
- Makkar, H.P.S. 2003. Tannin assays, effects and fate of tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich tree and shrub foliage. *Small Ruminant Research*. 49:241-256.
- Mignon-Grasteau, S.; Muley, N.; Bastianelli, D.; Gómez, J.; Péron, A.; Sellier, N.; Millet, N.; Besnard, J.; Hallouis, J.M. and Carré, B. 2004. Heritability of digestibilities and divergent selection for digestion ability in growing chicks fed a wheat diet. *Poultry Science*, 83:860-867.
- Morgan, C.A.; Whittmore, C.T.; Philips, P. and Crooks, P. 1987. The prediction of the energy value of compounded pig foods from chemical analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 17:81-107.
- Nehring, K. and Haenlein, G.F.W. 1973. Feed evaluation and ration calculation based on net energy_{FAT}. *Journal of Animal Science*, 36:949-964.
- Noblet, J. and Jaguelin-Peyraud, Y. 2007. Prediction of digestibility of organic matter and energy in the growing pig from an *in vitro* method. *Animal Feed Science and Technology*, 134:211-222.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of the Pig. National Research Council (décima edición revisada). National Academic Press. Washington, District of Columbia, pp 189.
- Pérez, J.M. 1991. Interet et limites de modeles de prevision de la valeur energetique des aliments destinés au porc. Tesis Dr.Sci. Université des Sciences et Techniques du Languedoc (Université Montpellier II), pp 196.
- Pond, W.G. and Houpt, K.A. 1978. *The Biology of the Pig*. Cornell University Press. Ithaca, pp 371.
- Qiao, S. and Thacker, P.A. 2001. A comparison of washed and unwashed bags to determine the apparent fecal digestibility of dry matter, energy and crude protein in feeds for swine using the mobile nylon bag technique. *Canadian Journal of Animal Science*, 81:271-278.
- Reed, J.D.; McDowell, R.E.; Van Soest, P.J. and Horvarth, P.R.J. 2006. Condensed tannins: a factor limiting the use of cassava forage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 33:213-220.
- Rivest, J.; Bernier, J.F. and Pomar, C. 2000. A dynamic model of protein digestion in the small intestine of pigs. *Journal of Animal Science*, 78:328-340.
- SAS. 1985. User's Guide Statistics. Statistics Analytical System (SAS) Institute. Cary, versión electrónica disponible.
- Sauer, W.C.; Jorgensen, H. and Berzins, R. 1983. A modified nylon bag technique for determining apparent digestibilities of protein in feedstuffs for pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 63:233-237.
- Savón, L. 2007. Factores antinutricionales en recursos alimentarios tropicales para especies monogástricas. In: *IX Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos*. Montevideo.
- Savón, L. y Scull, I. 2006. Avances en los métodos para disminuir el efecto de factores antinutricionales en alimentos para especies monogástricas. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 13(suplemento 1):24-28.

- Schook, L.B. 2007. The pig genomic initiative. Implications for digestive physiology. *Livestock Science*, 108:6-12.
- Siers, D.G. 1975. Chromic oxide determined digestion coefficients and their relationship to rate of gain and feed efficiency in individually fed Yorkshire boars, barrows and gilts. *Journal of Animal Science*, 41:1266-1269.
- Swanson, B.E. 1987. *La Extensión Agrícola. Manual de Consulta.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, pp 286.
- Thacker, P.A. and Qiao, S. 2004. Use of the mobile nylon bag technique to determine the digestible energy content of traditional and non-traditional feeds for pigs. *Pig News and Information*, 25: N165-N170.
- Tewe, O.O. 1992. Detoxification of cassava products and effects of residual toxins on consuming animals. In: *Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding* (D. Machin y S. Nyvold, editores). FAO Animal Production and Health Paper No. 95. Roma, p 81-98.
- Wenk, K. and Morel, P. 1985. Genetic variation of the digestibility of energy in growing pigs. In: *Digestive Physiology in the Pig* (A. Just, H. Jorgensen y J.A. Fernández, editores). Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsog 580. Copenhagen, p 396-399.
- Wilfart, A.; Jaguelin-Peyraud, Y.; Simmins, H.; Noblet, J.; Van Milgen, J. and Montagne, L. 2007. A step-wise *in vitro* method to estimate kinetics of hydrolysis of feeds. *Livestock Science*, 109:179-181.