

## **INFLUENCIA DEL MÉTODO DE MEDICIÓN DE INDICES DIGESTIVOS RECTALES EN CERDOS CRIOLLO CUBANO ALIMENTADOS CON DIETAS DE MIEL RICA Y AFRECHO DE TRIGO**

**Influence of methods for measuring rectal digestibility indices in cuban creole pigs fed with sugar cane high-test molasses and wheat bran diet**

Manuel Macías<sup>1</sup>, Olga Martínez<sup>1</sup> y Julio Ly<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

Se empleó un arreglo factorial 2x2 en un diseño de cambio para comparar índices de digestibilidad rectal por recolección total de excretas o calculados con el uso de la concentración de ceniza ácido insoluble en alimentos y excretas. Se usaron ocho (8) cerdos Criollo Cubano en crecimiento alimentados con una dieta de miel rica de caña de azúcar y harina de soya parcialmente sustituida por afrecho de trigo (fibra cruda en la dieta 2,50 y 4,40%, respectivamente). No hubo interacción significativa ( $P>0,05$ ) entre los factores examinados para ninguna medida. Los valores de digestibilidad fueron generalmente altos para la MS y materia orgánica, mientras que lo contrario ocurrió con la digestibilidad de la fibra cruda y FDN. No se encontró efecto significativo ( $P>0,05$ ) del método de medición ni del nivel de afrecho de trigo dietético en la digestibilidad de MS, materia orgánica, fibra cruda o N. Se sugiere que medir índices digestivos rectales en los cerdos Criollo Cubano puede realizarse mediante el uso de la ceniza ácido insoluble como marcador interno.

**Palabras clave:** cerdos, digestibilidad rectal, ceniza ácido insoluble, miel rica de caña de azúcar, afrecho de trigo

---

Recibido: 02-06-2005

Aceptado: 01-11-2005

<sup>(1)</sup> Instituto de Investigaciones Porcinas. Gaveta Postal no. 1, Punta Brava. La Habana, Cuba. email: iip@enet.cu

## ABSTRACT

A 2x2 factorial arrangement in a change over design was used to compare indices of rectal digestibility either by the total collection of faeces or by the use of insoluble ash content in feed and faeces. A total of eight (8) Cuban Creole growing pigs fed a diet of sugar cane high-test molasses and soybean meal partially substituted by wheat bran (crude fibre in diet, 2.5 and 4.4%, respectively). It was not significant ( $P>0.05$ ) in any measurement. The values were generally high for dry matter (DM) and organic matter digestibility, whereas the opposite occurred for crude fibre and NDF digestibility. There was no significant ( $P>0.05$ ) effect on the method of measurement and the wheat bran level for DM, organic matter, crude fibre or N digestibility. It is suggested that rectal digestibility indices measured in Cuban Creole pigs can be made by the use of acid insoluble ash as internal marker.

**Key words:** pigs, rectal digestibility, acid insoluble ash, sugar cane high-test molasses, wheat bran

---

## INTRODUCCIÓN

La calidad de un alimento no se puede predecir solamente a partir de su composición química. La digestibilidad, absorción, y utilización (biodisponibilidad) son también indicadores importantes que deben considerarse (Marable y Sanzone 1981). Entre estos indicadores la digestibilidad es el determinante primario de la disponibilidad de un alimento (Hsu *et al.* 1977), ya que para estar biodisponible tiene que ser degradado por las enzimas digestivas del tracto gastrointestinal (Darcy 1984).

Existen fundamentalmente dos métodos de evaluación de la digestibilidad de las dietas destinadas a la alimentación animal, el directo,

que implica la cuantificación del ingreso de alimentos y egresos del material no digerido en el animal, y el indirecto, que consiste en la utilización de un marcador o sustancia inerte incluida en el alimento que ingiere el animal (Salens y Janssens 2003). En lo referente a la influencia que pudiera tener el método de determinación de la digestibilidad en cerdos, existen como antecedentes los estudios de Yen *et al.* (1983), Ly y Samkol (2001), Ly *et al.* (2002). En el caso de los cerdos Criollo Cubano, no existen antecedentes de una comparación entre ambos métodos, aunque la ceniza ácido insoluble como marcador interno ha sido utilizada en estudios de digestibilidad de nutrientes en cerdos Criollo Cubano (Ly *et al.* 1998).

El objetivo de este experimento fue comparar el método directo e indirecto de determinación de la digestibilidad rectal en cerdos Criollo cubano, alimentados con dietas altas o bajas en fibra, mediante la inclusión o no de afrecho de trigo en la comida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió el efecto de determinar índices de digestibilidad ileal o rectal por recolección total (método directo) o mediante la determinación de la ceniza ácido insoluble como marcador interno en alimentos y excretas (método indirecto) en cerdos Criollo cubano. Para la determinación de los índices fecales se emplearon ocho cerdos machos intactos de 47 kg de peso vivo inicial como promedio.

Se usaron dos dietas consistentes en miel rica y harina de soya con dos niveles de

afrecho de trigo para variar el nivel dietético de fibra bruta desde 2,50 hasta 4,40 % en base seca (Tabla 1). El experimento se organizó como un arreglo factorial 2 x 2 en un diseño de cambio con dos períodos de muestreo (Gill y Magee 1976, Gill 1978), de manera que se contó con ocho réplicas por tratamiento para la evaluación de la digestibilidad rectal. Los factores fueron el método de determinación y el nivel dietético de fibra (2,50 y 4,40% en base seca). Cada período experimental de 14 días, consistió en nueve días de adaptación a la dieta y cinco de recogida cuantitativa de las excretas. Al final de cada período experimental, los animales eran pesados nuevamente y se les proporcionaba la otra dieta. Cuatro de los animales comenzaron el experimento con el alimento de bajo nivel de fibra para luego pasar a consumir el alimento alto en fibra. Lo contrario ocurrió con los otros cuatro animales. En todos los casos el nivel de

**Tabla 1. Características de las dietas experimentales.**

Ingredientes, % MS	Fibra cruda, %	
	2,5	4,4
Afrecho de trigo	-	20,00
Miel rica de caña de azúcar	67,38	53,58
Harina de soya	29,50	23,30
CaPO <sub>4</sub> H.2H <sub>2</sub> O	1,50	1,50
NaCl	0,50	0,50
Vitaminas y minerales <sup>1</sup>	1,12	1,12
<b>Análisis químico, % MS</b>		
Materia seca	86,34	86,95
Cenizas	7,34	7,17
Materia orgánica	92,66	92,83
N x 6.25	14,16	14,56
Fibra cruda	2,50	4,40
FDN	3,04	7,70
Ceniza ácido insoluble	0,13	0,12

<sup>1</sup> Según NRC (1998)

consumo diario correspondió a 0,08 kg MS/kg<sup>0.75</sup>.

Durante el trabajo experimental, los animales estuvieron alojados en jaulas metálicas de metabolismo que permitían la recogida cuantitativa de las heces fecales, así como de cualquier sobrante de alimento. Las jaulas de metabolismo estaban colocadas en un salón con ventanas, adecuada circulación de aire y a temperatura ambiente.

Los alimentos se homogenizaron y analizaron en estado fresco. Las muestras por cerdos y por tratamientos de heces fecales fueron recolectadas diariamente y congeladas. Al término de cada período de recogida de cinco (5) días, las excretas se descongelaron, homogeneizaron convenientemente y se procesaron en estado fresco para la determinación del contenido de MS y N. Posteriormente, se secaron en estufa con circulación de aire a una temperatura de 60° C y se molinaron para obtener una muestra representativa antes de ser analizadas (tamaño de partícula 0,33 mm).

La composición de alimentos y heces fecales se determinó según los procedimientos estándar de la AOAC (1995) en lo que respecta a MS, cenizas, fibra cruda y N. Se consideró la materia orgánica igual a 100 - % ceniza. La ceniza ácido insoluble se determinó gravimétricamente previa incineración a 500°C, según el procedimiento descrito por Van

Keulen y Young (1977). Se utilizó la técnica de digestión de las cenizas con HCl 2N con el tiempo y condiciones de trabajo recomendadas por Van Keulen y Young (1977). La determinación de fibra detergente neutro (FDN) se completó siguiendo el método de Van Soest y Wine (1967).

Los datos se analizaron según el procedimiento de un modelo lineal general para el arreglo factorial del experimento en cuestión, teniendo en cuenta las sugerencias para el procesamiento de los datos de acuerdo con el diseño de cambio (Gill y Magee 1976, Gill 1978). También, se siguieron las recomendaciones de Steel y Torrie (1980) para establecer las matrices de correlación entre los índices fermentativos fecales y digestivos en los experimentos que lo requirieron. Se usó el paquete estadístico de Harvey (1990) para el procesamiento de los datos.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

No hubo efecto significativo de tratamientos en la interacción método x dieta en ninguna de las variables medidas. Tampoco se detectó efecto significativo de período ( $P>0,05$ ) al aplicar los procedimientos de Gill (1978) a los índices de digestibilidad. Se halló que en la digestibilidad rectal no hubo efecto significativo del método para la MS, materia orgánica, N, fibra bruta y FDN (Tabla 2). La digestibilidad rectal fue significativamente más alta ( $P<0,001$ ) solamente para la ceniza por el

método directo. Este índice tal vez sea el de menos interés desde el punto de vista nutricional.

Desde el punto de vista del efecto del nivel de fibra cruda en todos los índices examinados, salvo en la FDN, la digestibilidad rectal fue significativamente más alta ( $P < 0,01$ ), cuando el contenido de fibra fue más bajo (2,50%) en comparación con la encontrada con el nivel más alto (4,40%). Estos resultados están en armonía con lo encontrado cuando se evalúa la influencia del contenido dietético de fibra en la digestibilidad rectal de nutrimentos, tanto en experimentos recientes (Bach Knudsen y Jorgensen 2001, Le Goff *et al.* 2002, Wang *et al.* 2003), como en anteriores (Eggum 1982, Fernández y Jorgensen 1986, Close 1993).

Estudios dirigidos a determinar la influencia del método de determinación de índices digestivos totales han sido realizados por diferentes investigadores en distintas especies animales. En este sentido, Sales y Janssens (2003) informaron que de 45 trabajos

realizados con el objetivo de comparar el método indirecto (ceniza ácida insoluble) con el método directo (recolección total de heces) con el objetivo de determinar la digestibilidad rectal de nutrimentos, en diversos tipos de alimentos, se encontró que en 26 de estos estudios los resultados alcanzados por ambos métodos fueron similares, en nueve de ellos se subestimó la digestibilidad al emplear el método de ceniza ácida insoluble y en diez hubo sobreestimación al aplicar este método. En el caso específico de los experimentos con cerdos, de 12 estudios realizados hasta la fecha, entre los cuales se incluyen los resultados de la presente investigación, nueve de ellos arrojaron resultados similares, en dos se sobreestimó la digestibilidad rectal y en uno se subestimó la digestibilidad rectal al emplear el método indirecto.

Existen varios factores que pudieran incidir en la concordancia o no entre los valores de digestibilidad rectal de nutrimentos en cerdos, según se use la técnica de ceniza ácido insoluble u otro marcador, o la técnica de recolección total. En el caso particular del uso

**Tabla 2. Efecto del método de determinación de la digestibilidad rectal de nutrimentos en cerdos Criollo Cubano.**

	Método			Fibra cruda, %		
	Directo	Indirecto	EE ±	2,5	4,4	EE ±
Digestibilidad, %						
MS	90,80	90,55	0,88	92,42	88,93	0,61***
Materia orgánica	90,90	90,60	0,72	91,67	89,83	0,64***
Cenizas	89,36	63,81	1,80***	78,71	74,46	4,94***
N	88,41	86,95	1,07	89,01	86,34	0,99**
Fibra cruda	60,25	57,87	4,79	65,42	52,70	4,22**
FDN	64,18	60,02	4,55	61,17	63,03	5,55

\*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$

de la ceniza ácido insoluble, se ha aducido que si se usa solamente la que se halla naturalmente en el alimento, existe el riesgo de encontrar una gran variabilidad en los resultados, tal como sugirieron Jongbloed *et al.* (1991) en estudios conducidos con cerdos, y otros investigadores (Van Keulen y Young 1977, Thonney *et al.* 1985 y Jones y De Silva 1998) en experimentos realizados con otras especies animales. Sin embargo, cuando se ha usado este tipo de ceniza como marcador externo en estudios de digestibilidad con cerdos, la recuperación del indicador no ha sido completa (Yin *et al.* 2003). Como es sabido, en la práctica es considerablemente difícil lograr una distribución homogénea de un marcador externo en el alimento, dada la proporción en que se deben mezclar, y a sus diferentes cualidades físicas, lo que suele conducir a errores groseros en la determinación de la digestibilidad. En el caso particular de una dieta líquida de mieles de caña, este riesgo aparentemente pudiera ser aún mayor.

Se pudiera argumentar, que el método indirecto puede refinarse para obtener una variabilidad menor cuando se usa la ceniza ácido insoluble como marcador interno en estudios con ganado porcino, tal como precisar el efecto de la técnica de digestión ácida de las cenizas en alimentos y excretas, que también ha variado en distintos experimentos (Bakker y Jongbloed 1994, Moughan *et al.* 1991, Ly y Samkol 2001, Yin *et al.* 2003), y evaluar otras

recomendaciones como las de McCarthy *et al.* (1977) con respecto al nivel de consumo del alimento objeto de estudio.

Al parecer, los resultados experimentales en cerdos cuando se ha usado la ceniza ácido insoluble como marcador interno, sin adición de ninguna otra fuente externa, no ha conducido a diferencias de ningún tipo en los datos de digestibilidad de nutrimentos, al ser comparado con el método directo, sea en dietas convencionales (Wünsche *et al.* 1984, Moughan *et al.* 1991) o en otras no convencionales (Ly y Samkol 2001, Ly *et al.* 2002). Los resultados de la presente evaluación concuerdan con todos los informados anteriormente.

Desde el punto de vista del genotipo porcino, Yen *et al.* (1983), al estudiar la digestibilidad del N y de la energía en tres genotipos de cerdos (normales, delgados y obesos), concluyeron que el método de determinación del contenido de ceniza ácida insoluble como marcador interno puede ser usado como un marcador natural para estimar la digestibilidad aparente rectal de los nutrientes, especialmente en cerdos jóvenes. A iguales conclusiones se llegó en estudios en los que se comparó la técnica de ceniza ácido insoluble como marcador interno con el método directo en dietas no convencionales dadas a cerdos Mong Cai ó Large White (Ly y Samkol 2001, Ly *et al.* 2002).

De acuerdo con la matriz de correlación de Pearson (Tabla 3), no hubo un buen margen de confianza en la correspondencia entre la digestibilidad de cenizas y materia orgánica, según se usara el método directo o indirecto para medir la digestibilidad rectal de nutrimentos en cerdos Criollo cubano. En los otros índices medidos, se halló un margen de confiabilidad alto ( $P < 0,001$ ), pero aún así, el valor de  $R^2$  en todos los casos fue bajo. Estos resultados pueden ser considerados de poca trascendencia, a partir del hecho de que no hubo efecto significativo del método directo o indirecto de determinación de la digestibilidad rectal en ninguno de los índices examinados.

### CONCLUSIONES

En sentido general, nuestros resultados se corresponden con los resultados recogidos en la bibliografía especializada al estudiar la influencia del método de determinación de índices digestivos en cerdos. Se confirmó, a partir de los valores de digestibilidad rectal estudiados, que puede determinarse

indistintamente por el método de recolección total o por el método ceniza ácido insoluble como marcador interno, sin diferencia entre ambos procedimientos, en el caso particular de los cerdos Criollo Cubano.

### REFERENCIAS

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemistry (K. Helrick, editor). Arlington. pp. 1230.
- Bakker, G.C. and Jongbloed, A.W. 1994. The effect of housing system on apparent digestibility in pigs, using the classical marker techniques, in relation to dietary composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 64:107-115.
- Bach Knudsen, K.E. and Jorgensen, H. 2001. Intestinal degradation of dietary carbohydrates – from birth to maturity. In: *Digestive Physiology in Pigs* (J.E. Lindberg y B.O. Ogle, editores). CAB Publishing, Wallingford. pp. 109-120.
- Close, W.H. 1993. Fibrous diets for pigs. *British*

**Tabla 3. Interdependencia entre métodos de determinación rectal de la digestibilidad en el cerdo Criollo Cubano.**

y	x	a	b	$S_{yx}$	$R^2$	Sig
Dmsd <sup>1</sup>	Dmsi <sup>2</sup>	22,2	0,757	2,19	0,393	P<0,001
Dmod	Dmoi	-0,2	1,010	2,65	0,120	P<0,10
Dczd	Dczi	83,3	0,094	2,37	0,073	P<0,10
Dnd	Dni	44,5	0,504	2,69	0,260	P<0,001
Dfcd	Dfci	13,4	0,809	9,61	0,564	P<0,001
Dfndd	Dfndi	73,5	0,005	8,26	0,362	P<0,001

Dms, Dmo, Dcz, Dn, Dfc, Dfnd expresan la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, ceniza, nitrógeno, fibra cruda y fibra neutro detergente.

1 Digestibilidad determinada por el método directo

2 Digestibilidad determinada por el método indirecto

- Society of Animal Production. Occasional Publication No. 16. Londres. pp. 107-115
- Darcy, B. 1984. Availability of amino acids in monogastric animals. Variations of digestion origin. *Diabete et Metabolism* 10:121-133.
- Eggum, B.O. 1982. The influence of dietary fibre on protein digestion and utilization. In: *Dietary fibre- a component of food nutritional function in health and disease.* (T.F. Schweiser y C.A. Edwards, editores). Springer Verlag. pp. 153-165.
- Fernández, J.A. and Jorgensen, J.N. 1986. Digestibility and absorption of nutrients as affected by fibre content in the diet of the pig. Quantitative aspects. *Livestock Production Science* 25:53-69.
- Gill, G.L. and Magee, W.T. 1976. Balanced two period changeover design for several treatments. *Journal of Animal Science* 42:775-777.
- Gill, G. L. 1978. Change over design: sequences of treatments. Estimation of residual effects of treatments. *Design and Analysis of Experiments in the Animal and Biological Sciences.* Iowa State Univ. Press. Ames. 1:179.
- Harvey, W.R. 1990. User's Guide for LSMLMW mixed model lest square and maximum likelihood computer program (PC-2 version). Ohio State University Pres. Columbus, p. 91.
- Hsu, H.W., Vavak, D.L., Saatteerle, L.D. and Milleer, G.A. 1977. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of Food Science* 42:1269-1273.
- Jones, P.L. and De Silva, S.S. 1998. Comparison of internal and external markers in digestibility studies involving the Autralian freshwater crayfish, *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). *Aquaculture Research* 29: 487-493.
- Jongbloed, A.W., Bakker, J.G., Goedhart, P.W. and Krol-Kramer, F. 1991. Evaluation of chromic oxide and the HCl-insoluble ash as markers for measuring overall apparent digestibility of some dietary nutrients for pigs. In: *Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Symposium on Digestive Physiology in Pigs.* M.W.A. Verstegen, J. Huisman y L.A. Den Hartog, eds. Pudoc, Wageningen. pp. 325-329.
- Le Goff, G., Van Milgen, J. and Noblet, J. 2002. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finisher pigs and adult sows. *Animal Science* 74:503-515.
- Ly, J., Diéguez, F.J., Martínez, R.M. and García, A. 1998. Digestion of a diet very high in fibre in Cuban Creole pigs. *Animal Feed Science and Technology* 72:397-402.
- Ly, J. and Samkol, P. 2001. Nutritional evaluation of tropical leaves for pigs. *Desmanthus* (*Desmanthus virgatus*). *Livestock Research for Rural Development* 13(4):



- <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/4/ly134.html>.
- Ly, J., Chhay T. and Samkol, P. 2002. A note on the use of acid insoluble ash as inner marker in digestibility studies with Mong Cai pigs. *Livestock Research for Rural Development* 14(3): <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/3/ly143.html>.
- Marable, N.I. and Sansone, G. 1981. In vitro assays of protein quality-assays utilizing enzymatic hydrolyses. Discussion In: *Protein quality in humans: assessment and in vitro estimation* (Bodwell, C.E., Adkins, J.S. y Hopkins, D.T., eds). AVI. Publishing Company. Westport, CT. 275 pp.
- McCarthy, J.F., Bowland, J.P. and Aherne, F.X. 1977. Influence of method upon the determination of apparent digestibility in the pig. *Canadian Journal of Animal Science* 57: 131-135.
- Moughan, P.J., Smith, W.C., Schrama, H. and Smits, C. 1991. Chromic oxide and acid-insoluble ash as faecal markers in digestibility studies with young growing pigs. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 34:85-88.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Swine*. National Research Council (9th edition). National Academy Press. Washington, D.C. 93pp.
- Salens, J. and Janssens, G.P.J. 2003. Acid Insoluble ash a marker in digestibility studies: a review. *Journal of Animal and Feed Sciences* 12:383-401.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. *Principles and procedures of statistics. A Biometrial Approach* (2nd edition). Mc-Graw Hill. Toronto. 481 pp.
- Thonney, M.L., Palhof, B.A., DeCarlo, M.R., Ross, D.A., Firth, N.L., Perosio, D.J., Duhaime, D.J., Rolins, S.R. and Nour, Y.M. 1985. Sources of variation of dry matter digestibility measured by the acid insoluble ash marker. *Journal of Dairy Science* 68:661-668.
- Van Keulen, J. and Young B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility. *Journal of Animal Science* 44:282-287.
- Van Soest, P.J. and Wine R.H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists* 50:50-54.
- Wang, J.F., Zhu, Y.H., Jorgensen, H. and Jensen, B.B. 2003. The influence of dietary fibre and starch types on energy metabolism in growing pigs. In: *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Digestive Physiology in Pigs* (R.O. Ball, ed.). Edmonton. 2:410-412.
- Wünsche, J., Borgmann, E., Hennig, U., Kreienbring, K. and Bock, H.D. 1984. Application of the HCl-insoluble ash as an indicator for the determination of nutrient including amino acid, digestibility at the

end of the small intestine and the whole digestive tract of pigs. *Archives of Animal Nutrition* 12:817-831.

Yen, J.T., Tess, M.W., Pond, W.G. and Dickerson, G.E. 1983. Digestibility and metabolism of dietary nitrogen and energy in contemporary, genetically lean and obese pigs as estimated by total faecal collection and acid insoluble ash. *Journal of Animal Science* 56:426-430.

Yin, Y.L., McEvoy, J.D., Schulze, H., and McCracken, K.J. 2003. Effects of xylanase and antibiotic addition on ileal and faecal apparent digestibilities of dietary nutrients and evaluating HCl-insoluble ash as a dietary marker in growing pigs. *Animal Science* 71:95-103.