

## PROCESOS DIGESTIVOS EN CIEGO Y COLON DE CERDOS EN CRECIMIENTO. 1. TRÁNSITO DE DIGESTA Y DIGESTIÓN\*

### Digestive processes in caecum and colon of growing pigs. 1. Transit of digesta and digestion

Julio Ly<sup>1</sup> y Pedro Lezcano<sup>1</sup>

#### RESUMEN

Se examinaron índices del tránsito digestivo y de la digestión en el intestino grueso de 14 cerdos cruzados con 55 kg de peso vivo promedio, alimentados *ad libitum* con dos tipos de dietas desde seis semanas antes. Las dietas fueron de miel rica de caña de azúcar o maíz, con levadura torula (*Candida utilis*) como única fuente proteica. Los animales se sacrificaron antes del suministro diario de alimento. El tránsito de digesta medido en ciego, colon centrípeto, centrífugo y recto según un arreglo factorial 2 x 4, no reveló efecto significativo ( $P > 0,05$ ) de interacción dieta x sitio. La velocidad de tránsito fue menor o mayor ( $P < 0,05$ ) en colon centrípeto y centrífugo con la dieta de maíz (0,239 y 0,540 cm/min) pero no hubo cambios con la de miel rica (0,361 y 0,379 cm/min). El tiempo de retención de digesta para todo el intestino grueso fue significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) cuando se suministró la dieta de maíz en comparación con la de miel rica (32,1 y 24,3 horas), en paralelo con una mayor o menor desaparición de digesta seca (10,2 y 5,6 %) en ese segmento digestivo, de acuerdo con determinación de ceniza ácido insoluble en muestras tomadas postmortem. La retención de digesta en intestino grueso fue directamente proporcional ( $R^2 = 0,304$ ;  $P < 0,05$ ) a la desaparición de material seco en ciego y colon de los individuos estudiados. Existen cambios en los procesos digestivos de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de levadura torula y miel rica o maíz.

**Palabras clave:** digestibilidad, maíz, miel rica de caña de azúcar, levadura torula, intestino grueso.

#### ABSTRACT

Indices of digesta transit and digestion in the large intestine were examined in 14 crossbred pigs weighing on average 55 kg, fed *ad libitum* with two diets from six weeks before. Diets of sugar cane high-test molasses or maize was used, and where the only source of protein was torula yeast (*Candida utilis*). The animals were sacrificed before the morning distribution of feeds. Digesta transit measured in caecum, centripetal and centrifugal colon and rectum following a 2 x 4 factorial arrangement, did not reveal effect ( $P > 0.05$ ) diet x site interaction. Rate of passage was lower or greater ( $P < 0.05$ ) in centripetal and centrifugal colon in the diet of maize (0.239 and 0.540 cm/min) but there were no changes in that of molasses (0.361 and 0.379 cm/min). Retention time of digesta was significantly ( $P < 0.05$ ) higher in the maize diet as compared to that of molasses for the entire large intestine (32.1 and 24.3 hours), in parallel to a higher and lower dry digesta disappearance (10.2 and 5.6 %) in that digestive segment, according to *postmortem* measurement made with acid-insoluble ash. Retention of digesta in the large intestine was proportional in a direct manner ( $R^2 = 0.304$ ,  $P < 0.05$ ) to disappearance of dry material in caecum and colon of the studied individuals. There are changes in digestive processes of growing pigs fed on diets of torula yeast accompanying either sugar cane high-test molasses or maize.

**Key words:** digestibility, maize, sugar cane high-test molasses, torula yeast, large intestine

(\*) Recibido: 28-01-2013

Aceptado: 30-05-2013

<sup>1</sup> Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24. San José de las Lajas, Cuba. email: jlyca@yahoo.com

## INTRODUCCIÓN

Los cerdos suelen excretar material fecal con distinto grado de humedad, en dependencia del tipo de melaza de caña de azúcar utilizado en su alimentación (Ly 2008). Habitualmente, en dietas con miel rica o la miel final de caña de azúcar, se ha observado, o bien las características de una constipación con la primera, o de una diarrea con la segunda. En paralelo los rasgos de comportamiento de interés económico son generalmente buenos con la miel rica, y malos con la miel final (Ly 2008). Como se sabe muy bien, la miel rica no es más que jugo de caña parcialmente invertido para prevenir la cristalización de la sacarosa y posteriormente concentrado a aproximadamente 85° brix, mientras que la miel final es el producto final de la tercera extracción sucesiva de azúcar (Spencer y Meade 1957).

El patrón de excreción fecal de los cerdos alimentados con estas mieles de caña no solamente está asociado con digestión y metabolismo de esos recursos alimentarios, abundantes en algunos países tropicales, sino también con la manipulación de desechos que se vierten al ambiente. De ahí el interés en hacer estudios de los procesos digestivos en estas condiciones de producción de ganado porcino (Ly 2008).

En estudios iniciales sobre el tránsito de digesta y la digestibilidad de dietas en las que las mieles de caña de azúcar eran la única fuente de energía, se encontraron modificaciones notables en el tránsito digestivo y en la digestibilidad de estos alimentos dados al ganado porcino, tanto cuando se comparaban las dietas de mieles con las de maíz o estas mieles entre sí (Ly 1984; 1985). En estas evaluaciones, se usaba un suplemento proteico constituido esencialmente por harina de pescado. En experimentos posteriores, se comenzó a evaluar la posibilidad de utilizar la levadura torula como única o principal fuente de proteína en cerdos en crecimiento y engorde (Boucourt 1982; Lezcano 2005). Se ha encontrado que las dietas que contienen levadura torula como única o principal fuente de proteína, pueden presentar índices digestivos variables en dependencia de varios factores, entre ellos el nivel de consumo (Maylín *et al.* 1987; Ly 2009). En el caso de aves, es

consistente el hallazgo de un efecto laxante cuando la levadura torula es la principal fuente de proteína en la dieta (Lon-Wo y Valdivié 1985).

El objetivo de este experimento fue estudiar el tránsito de digesta y la digestión en el intestino grueso de cerdos en crecimiento, alimentados *ad libitum* con dietas de maíz o miel rica, más levadura torula como única fuente de proteína.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se examinaron índices del tránsito digestivo en el intestino grueso de 14 cerdos Yorkshire x Landrace x Duroc, de 55 kg de peso vivo promedio, alimentados *ad libitum* (45 g MS/kg peso vivo por día, como valor promedio) y al azar con dos dietas a partir de los 30 kg desde seis semanas antes. Se usaron dietas de miel rica de caña de azúcar parcialmente invertida (pH, 3,8) o maíz, en las que la única fuente proteica fue la levadura torula (*Candida utilis*). Las características de las dietas se muestran en la Tabla 1.

Los animales fueron sacrificados antes del suministro matutino diario de alimento, mediante una inyección de pentobarbital sódico. Inmediatamente después del sacrificio, se practicó una laparatomía para extraer el tracto gastrointestinal, se ligó primero el cardias, el píloro y la válvula ileocecal, para evitar un excesivo movimiento de digesta. Después de eliminar el mesenterio, los distintos segmentos digestivos que se aislaron y pesaron llenos y vacíos fueron el estómago, duodeno/yeyuno, yeyuno/íleon, ciego, colon centrípeto, colon centrífugo y recto. El duodeno/yeyuno y el yeyuno/íleon resultaron de dividir al intestino delgado aproximadamente por la mitad de su longitud. El ciego se definió como la porción terminal del intestino grueso cuyo límite anatómico fue una línea imaginaria paralela a la desembocadura de la válvula ileocecal. De ahí hasta la *flexura coli*, fue considerado el segmento del colon centrípeto, mientras que de la *flexura coli* al recto se asumió como localización del colon centrífugo.

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

Ingredientes	Maíz	Miel rica
	%	
Harina de maíz	79,3	-
Miel rica de caña de azúcar	-	65,5
Levadura torula ( <i>Candida utilis</i> )	18,0	32,5
CaCO <sub>3</sub>	1,3	1,3
CaPO <sub>4</sub> H.2H <sub>2</sub> O	0,8	-
NaCl	0,1	0,1
Vitaminas y minerales <sup>1</sup>	0,5	0,5
<b>Análisis</b>		
Materia seca	89,90	87,86
Cenizas	4,87	6,62
Materia orgánica	95,13	93,38
Fibra cruda	2,50	0,33
Nx6.25	16,03	16,05
Energía, kjoule/g MS	18,45	18,50

<sup>1</sup>Según requerimientos del NRC (1998).

Por convención, se consideró que el intestino recto fue un segmento de unos 40 cm medido a partir del ámpula rectal, y que resultó una sección prácticamente sin haustras. Se determinó la longitud de todos los segmentos del intestino grueso mediante medidas efectuadas con una cinta métrica con apreciación de 0,1cm.

La diferencia entre las pesadas de órganos llenos y vacíos fue considerada como el contenido de digesta fresca. La digesta fue convenientemente homogeneizada e inmediatamente se midió el pH con un electrodo de vidrio. Otra muestra de digesta se utilizó para la determinación gravimétrica de MS (AOAC 1990) y en el contenido cecal y rectal, se determinó la ceniza ácido insoluble de acuerdo con la metodología de Van Keulen y Young (1977), para calcular la digestibilidad aparente de la MS, por el método indirecto (Adeola 2000), en ambos sitios, y por diferencia, se obtuvo el dato de desaparición de MS entre el ciego y el recto.

Las medidas de tránsito digestivo en el intestino grueso se hicieron de acuerdo con Hecker y Grovum (1975), tal como fue descrito en otro experimento (Ly 1985). En resumen, la ecuación para determinar el tránsito de digesta, expresado en cm/min, fue la siguiente:

$$R = [L\alpha (1 + b/a)] / W$$

Donde L es la longitud del segmento evaluado,  $\alpha$  es el ritmo de excreción fecal de material seco indigestible, b y a son el contenido

de agua y MS en 100 g de digesta fresca, y W, el peso de digesta fresca en el segmento de longitud L.

El tiempo de retención T en cada segmento se calculó con la siguiente expresión, en la que los distintos elementos tuvieron el mismo significado de la ecuación anterior.

$$T = W / [\alpha(1 + b/a)]$$

Los datos fueron manipulados de acuerdo con las técnicas del análisis de varianza y de regresión (Steel *et al.* 1997) y se usó el paquete estadístico de Minitab (2009) para todo el proceso biométrico. En el caso de los datos de tránsito digestivo, el análisis de varianza se aplicó a un diseño en arreglo factorial 2 x 4 (dieta x sitio de medición). Las medidas de desaparición y digestibilidad de la dieta se evaluaron según una clasificación simple, para examinar el efecto dietético. En los casos precedentes, las medias fueron separadas mediante comparación múltiple de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza no reveló efecto significativo ( $P > 0,05$ ) de interacción dieta x sitio. El ambiente gastrointestinal de los animales utilizados en esta investigación fue caracterizado mediante los valores de pH y la concentración de MS en los distintos segmentos digestivos que se examinaron. En la Tabla 2 se muestra el perfil del

pH de la digesta de los distintos segmentos digestivos. La digesta de los cerdos alimentados con miel rica mostró valores de pH más altos ( $P<0,05$ ) que la de los que consumieron maíz.

En la Tabla 3 aparecen los valores correspondientes a la concentración de MS en los distintos segmentos del tracto gastrointestinal. El hecho más relevante en este índice fue el bajo

valor de MS encontrado en condiciones de ayuno, en casi todas las secciones digestivas cuando los animales fueron alimentados con miel rica, aunque entre ambas dietas no hubo diferencias ( $P>0,05$ ) en la concentración de MS fecal.

Los datos referentes al tránsito digestivo en el intestino grueso se presentan en la Tabla 4. La velocidad de tránsito fue menor o mayor ( $P<0,05$ )

**Tabla 2.** Valores de pH en digesta de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de maíz o miel rica.

	Levadura torula +		ES $\pm$
	Maíz	Miel rica	
Estómago	4,89 <sup>a</sup>	4,25 <sup>a</sup>	0,30*
Duodeno/yeyuno	6,03 <sup>b</sup>	6,43 <sup>b</sup>	0,21*
Yeyuno/íleon	6,09 <sup>b</sup>	6,85 <sup>b</sup>	0,22*
Ciego	5,71 <sup>b</sup>	6,02 <sup>b</sup>	0,21
Colon centrípeto	6,04 <sup>b</sup>	6,48 <sup>b</sup>	0,19*
Colon centrífugo	6,29 <sup>b</sup>	6,87 <sup>b</sup>	0,14*
Recto	6,26 <sup>b</sup>	6,82 <sup>b</sup>	1,05*
ES $\pm$	0,34*	0,48*	-

\*  $P<0,05$ ; ES= error estándar

<sup>ab</sup> Medias en la misma columna sin letra en común difieren entre sí ( $P<0,05$ )

**Tabla 3.** Contenido de MS en digesta de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de maíz o miel rica.

	Levadura torula +		ES $\pm$
	Maíz	Miel rica	
	%		
Estómago	33,43 <sup>c</sup>	6,51 <sup>a</sup>	1,50***
Duodeno/yeyuno	15,44 <sup>a</sup>	12,41 <sup>ab</sup>	2,23
Yeyuno/íleon	16,79 <sup>a</sup>	12,82 <sup>b</sup>	1,75*
Ciego	20,09 <sup>ab</sup>	12,88 <sup>b</sup>	0,60***
Colon centrípeto	23,55 <sup>b</sup>	19,05 <sup>b</sup>	1,25***
Colon centrífugo	26,37 <sup>b</sup>	23,08 <sup>bc</sup>	1,05**
Recto	29,09 <sup>bc</sup>	29,49 <sup>c</sup>	2,46
ES $\pm$	2,60	3,03	-

\*  $P<0,05$ ; \*\*  $P<0,01$ ; \*\*\*  $P<0,001$ ; ES= error estándar

<sup>ab</sup> Medias en la misma columna sin letra en común difieren entre sí ( $P<0,05$ )

**Tabla 4.** Tránsito digestivo en segmentos del intestino grueso de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de maíz o miel rica.

	Levadura torula +		ES $\pm$
	Maíz	Miel rica	
<b>Velocidad de tránsito, cm/min</b>			
Ciego	0,221 <sup>a</sup>	0,207 <sup>a</sup>	0,048
Colon centrípeto	0,239 <sup>a</sup>	0,361 <sup>b</sup>	0,057*
Colon centrífugo	0,540 <sup>b</sup>	0,379 <sup>b</sup>	0,080*
Recto	0,289 <sup>a</sup>	0,260 <sup>ab</sup>	0,040
ES $\pm$	0,097*	0,059*	-
<b>Tiempo de retención de digesta, horas</b>			
Ciego	2,7 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>	0,65
Colon centrípeto	18,8 <sup>c</sup>	10,4 <sup>b</sup>	2,33*
Colon centrífugo	8,9 <sup>b</sup>	9,8 <sup>b</sup>	1,15
Recto	1,8 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	0,20
ES $\pm$	2,39**	1,24**	-

\*  $P<0,05$ ; \*\*  $P<0,01$ ; ES= error estándar

<sup>ab</sup> Medias en la misma columna sin letra en común difieren entre sí ( $P<0,05$ )

en colon centrípeto y centrífugo con la dieta de maíz (0,239 y 0,540 cm/min) pero no hubo cambios en la de miel rica (0,361 y 0,379 cm/min). Por otra parte, en ambas dietas la velocidad de tránsito fue mínima en el ciego y máxima en el colon centrífugo con respecto al resto de las secciones en que se dividió el intestino grueso. Un efecto similar fue hallado en los cerdos evaluados por Hecker y Grovum (1975) y por Ly (1985). Por otra parte, la retención de digesta fue máxima en el colon centrípeto ( $P < 0,01$ ), con respecto a los otros segmentos medidos, aunque ello fue más evidente en la dieta con maíz. Estas medidas tienden a confirmar observaciones anteriores de Clemens *et al.* (1975).

En la Tabla 5 se listan los datos correspondientes a la desaparición de MS y retención de digesta en el intestino grueso de los cerdos. El tiempo de retención de digesta fue significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) con la dieta de maíz en comparación con la de miel rica para todo el intestino grueso (32,1 y 24,3 horas) en paralelo con una mayor o menor desaparición de digesta seca (10,2 y 5,6%) en ese segmento digestivo, según medidas de la ceniza ácido insoluble efectuadas en muestras tomadas *postmortem*.

Wilfart *et al.* (2007) encontraron que en dietas convencionales con niveles variables de fibra, el tiempo medio de retención de digesta, medido por otro procedimiento (Faichney 1975), fue 45 y 39 horas para las fases sólida y líquida respectivamente, en todo el tracto digestivo. Las cifras informadas por Wilfart *et al.* (2007), al igual que las de otros estudios hechos con otros métodos, de tránsito digestivo de cerdos

alimentados con dietas fibrosas (Stanogias y Pearce 1985; Le Goff *et al.* 2002; Van Leeuwen *et al.* 2006), tienden a coincidir con las encontradas aquí para todo el intestino grueso, si se tiene en cuenta que el 87% del tiempo de retención de digesta puede estar causado por la residencia de ésta en el ciego y el colon de los animales (Wilfart *et al.* 2007). En otros estudios con dietas de miel rica/harina de pescado, dadas a cerdos en acabado, se encontró un tiempo de retención considerablemente alto, 54,1 horas, con respecto al de la dieta de maíz, 36,4 horas (Ly 1985). Una explicación *a priori* pudiera ser que la naturaleza de la fuente proteica de la dieta intervino en esta diferencia en retención de digesta en el intestino grueso.

La digestibilidad de MS hasta el ciego fue significativamente ( $P < 0,05$ ) mayor para la dieta con miel rica, mientras que en el recto, fue mayor ( $P < 0,05$ ) para la dieta con maíz. La resultante de estos efectos, fue una desaparición menor ( $P < 0,05$ ) de MS en el intestino grueso de los cerdos alimentados con la dieta de miel rica y levadura torula. Estos resultados no coinciden con otros informados para cerdos alimentados con dietas de maíz o mieles y harina de pescado como fuente proteica de la dieta (Ly 1977), puesto que en el experimento referido, la cuantía de MS desaparecida en ciego y colon fue 14,2 y 20,7%. Es probable que, independiente de la diferencia en metodología y condiciones experimentales, la discrepancia entre estos resultados pudiera ser explicado por el cambio en la fuente proteica, de harina de pescado a levadura torula, en las dietas de los animales. Este cambio, además, determinaría un incremento en el por ciento

**Tabla 5.** Desaparición de MS y tiempo de retención de digesta en el intestino grueso de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de maíz o miel rica.

	Levadura torula +		ES ±
	Maíz	Miel rica	
Peso de los animales, kg	55,0	55,0	-
Consumo diario, g MS/kg peso corporal	42,4	44,9	3,01
<b>Digestibilidad de MS, %<sup>1</sup></b>			
Hasta el ciego	76,8	79,2	0,67*
Hasta el recto	87,0	84,8	0,71*
Desaparición de MS <sup>1</sup> , %	10,2	5,6	0,54**
Retención de digesta seca, horas <sup>2</sup>	32,1	24,3	3,2*

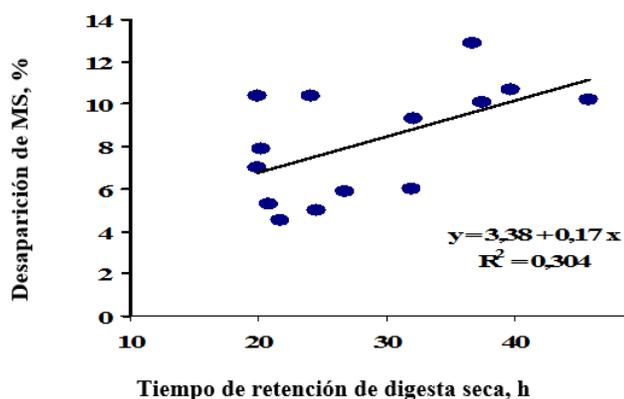
<sup>1</sup> Diferencia entre digestibilidad hasta ciego y hasta recto, en por ciento, a partir de medidas *postmortem*

<sup>2</sup> Suma del tiempo de retención de digesta en cuatro secciones entre el ciego y el recto (ver Tabla 4)

\*  $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ; ES= error estándar

dietético de la fuente energética, debido a una mayor concentración de compuestos nitrogenados en la harina de pescado.

Aparentemente, la retención de digesta en intestino grueso fue directamente proporcional a la desaparición de material seco en ciego y colon de los individuos estudiados. Aún con cierta variabilidad ( $S_{yx}, \pm 2,30$ ), el análisis de regresión exhibió una interdependencia significativa ( $P < 0,05$ ) entre ambas medidas, con un determinado margen de confiabilidad ( $R^2 = 0,304$ ), que pudiera considerarse afectado por el tamaño de población reducido ( $n = 14$ ). A este respecto, Kim *et al.* (2007) informaron, al igual que otros (Kass *et al.* 1980; Le Goff *et al.* 2002), el mismo efecto entre la digestibilidad rectal de MS y el tránsito de digesta por todo el canal alimentario de cerdos en crecimiento (peso vivo promedio, 51,3 kg), y alimentados con una dieta convencional de maíz/soya. Kim *et al.* (2007) encontraron un valor de  $R^2$  ascendente a 0,425, cercano al encontrado en este experimento para el intestino grueso solamente. El tema de la relativa imprecisión de los valores promedios ha sido tema recurrente en este tipo de evaluación (Stanogias y Pearce 1985; Le Goff *et al.* 2002; Kim *et al.* 2007), pero la tendencia general es observar una asociación negativa entre el tránsito de digesta, o positiva para el tiempo de retención, y la digestibilidad de nutrientes, particularmente la MS, en cerdos. En la Figura 1 se muestra el resultado de este análisis.



**Figura 1.** Tránsito y desaparición de MS en ciego y colon de cerdos en crecimiento.

Según lo encontrado en el experimento que aquí se describe, existen cambios en los procesos digestivos de cerdos en crecimiento alimentados

con dietas de levadura torula y miel rica o maíz. Sin embargo, en ambas dietas se encontró la misma interdependencia entre la desaparición de digesta y el tránsito de materiales por el intestino grueso. Es posible que ello se deba a que tanto en la ración de maíz como en la de miel rica, probablemente el poco contenido de pared celular vegetal pudiera haber provenido mayoritariamente de la levadura torula. No se conoce la influencia que la fibra de la levadura, o aún las pentosas liberadas durante la hidrólisis de los ácidos nucleicos, pudiera tener en los procesos digestivos del ganado porcino, sobre todo cuando aproximadamente la cuarta parte de la ración proviene de la levadura torula.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración técnica de los señores Miguel Pérez y José Luis Reyes en el manejo y cuidado de los animales, así como en los muestreos efectuados, y a las señoras Ana María Romero y Martha Carón en la ejecución de los análisis de laboratorio. Igualmente se agradece a la Dra. Marisol Muñiz por la asistencia en la ejecución de los procedimientos biométricos.

## REFERENCIAS

- Adeola, O. 2000. Digestion and balance techniques in pigs. *In: Swine Nutrition* (Lewis, A. and Southern, L. Eds.). CRC Press. Washington, pp 903-916.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Chemists (Helrick, K. Ed.). Arlington, 1230 p.
- Boucourt, R. 1982. Digestibilidad de la proteína de la levadura torula en cerdos alimentados con dietas a base de miel final de caña. Tesis Dr.Sci. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, 101 p.
- Clemens, E., Stevens, C. and Southworth, M. 1975. Sites of organic acid production and pattern of digesta movement in the gastrointestinal tract of swine. *Journal of Nutrition* 105:759-768.

- Faichney, G. 1975. The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminant. *In: Digestion and Metabolism of the Ruminant* (MacDonald, I. and Warner, A. Eds.). The University of New England Press. Sidney, pp 277-291.
- Hecker, J. and Grovum, W. 1975. Rates of passage of digesta and water absorption along the large intestines of sheep, cows and pigs. *Australian Journal of Biological Sciences* 18:161-167.
- Kass, M., Van Soest, P., Pond, W., Lewis, B. and McDowell, R. 1980. Utilization of dietary fibre from alfalfa by growing swine. 1. Apparent digestibility of diets components in specific segments of the gastrointestinal tract. *Journal of Animal Science* 50:175-191.
- Kim, B., Lindemann, M., Cromwell, G., Balfagon, A. and Agudelo, J. 2007. The correlation between passage rate of digesta and dry matter digestibility in various stages of swine. *Livestock Science* 109:81-84.
- Le Goff, G., Van Milgen, J. and Noblet, J. 2002. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. *Animal Science* 74:503-515.
- Lezcano, P. 2005. Development of a protein source in Cuba. Torula yeast. *Cuban Journal of Agricultural Science* 39:447-451.
- Lon-Wo, E. y Valdivié, M. 1985. Levadura torula y su efecto en la humedad de las excretas en pollos de engorde. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 19:289-296.
- Ly, J. 1977. Some aspects of digestibility up to the caecum and faeces in pigs fed on maize or high-test molasses based diets. *Cuban Journal of Agricultural Science* 11:63-74.
- Ly, J. 1984. Ceba de cerdos con mieles de caña. 2. Indices de digestibilidad y tránsito por el tracto gastrointestinal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 18:177-187.
- Ly, J. 1985. Digestión en el intestino grueso del cerdo alimentado con mieles de caña. 2. Tránsito de digesta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 19:33-42.
- Ly, J. 2008. Nutrition des porcs avec de la canne à sucre. Quelques donés cubains récentes. Journées Scientifiques sur l'Utilisation de la Canne à Sucre et ses CoProduits en Alimentation Animale. Petít. Bourg, 10 p.
- Ly, J. 2009. Ileal flow of N in pigs fed on torula yeast based diets. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 16:254-259.
- Maylin, A., Figueroa, V., Ly, J., Pérez, A., Carrillo, O. and Bayley, H.S. 1987. Torula yeast as protein source for molasses fed pigs. *Wissenschalichen Zeitschrift Rostock* 36:86-87.
- Minitab. 2009. Statistical Software. Minitab 15. Minitab In Company. State College (Pennsylvania), versión electrónica disponible *in* <http://www.minitab.com>.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Swine. National Academy Press. Washington. District of Columbia, 189 p.
- Spencer, G. and Meade, G. 1957. Cane Sugar Handbook. A Manual for Cane Sugar Manufactures and their Chemists. John Wiley and Sons, In Company. New York, 833 p.
- Stanogias, G. and Pearce, G. 1985. The digestion of fibre by pigs. 1. The effects of amount and type of fibre on apparent digestibility, nitrogen balance and rate of passage. *British Journal of Nutrition* 53:513-530.
- Steel, R., Torrie, J. and Dickey, M. 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. McGraw and Hill Book Company In Company (second edition). New York, 666 p.

- Van Keulen, J. and Young, S. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 44:282-287.
- Van Leeuwen, P., Van Gelder, A., De Leeuw, J. and Van Der Klis, J. 2006. An animal model to study digesta passage in different compartments of the gastro-intestinal tract (GIT) as affected by dietary composition. *Current Nutrition and Food Science* 2:97-105.
- Wilfart, A., Montagne, L., Simmins, H., Noblet, J. and Van Milgen, J. 2007. Digesta transit in different segments of the gastrointestinal tract of pigs as affected by insoluble fibre supplied by wheat bran. *British Journal of Nutrition* 98:54-62.