

PROCESOS DIGESTIVOS EN CIEGO Y COLON DE CERDOS EN CRECIMIENTO. 2. ABSORCIÓN DE AGUA*

Digestive processes in caecum and colon of growing pigs. 2. Water absorption

Julio Ly¹

RESUMEN

Se evaluó la absorción de agua 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 se prepararon con miel rica de caña de azúcar o maíz, y levadura torula (*Candida utilis*) como única fuente proteica. Los animales se sacrificaron antes del suministro diario de alimento. La absorción neta de agua medida 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 de medición. La velocidad de absorción neta de agua fue decreciendo significativamente ($P<0,05$) desde el ciego hasta el recto. Por otra parte, desde el punto de vista numérico ($P>0,05$), la miel rica determinó una mayor capacidad de absorción neta de agua, 8,95 L/día, con respecto al maíz, 3,74 L/día. La entrada diaria de agua en el ciego fue significativamente ($P<0,05$) mayor en la dieta con miel rica. Igualmente, la dieta con miel rica determinó mayor (32,4%; $P<0,05$) desaparición neta de agua en el intestino grueso en los cerdos con respecto a maíz (1.152 y 870 g de agua/kg MS ingerida, respectivamente). Este experimento tiende a confirmar que el tipo de dieta puede contribuir a determinar distintos índices en el balance de agua en el intestino grueso de cerdos en crecimiento.

Palabras clave: absorción neta de agua, maíz, miel rica de caña de azúcar, levadura torula, intestino grueso.

ABSTRACT

Water absorption in the large intestine was evaluated in 14 crossbred pigs of 55 kg live weight on average, fed *ad libitum* with two types of diets from six weeks before. The diets were prepared with sugar cane high-test molasses or maize, and torula yeast (*Candida utilis*) as the only protein source. The animals were sacrificed before the daily feed supply. Net water absorption as measured in caecum, centripetal and centrifuge colon, and rectum following a 2 x 4 factorial arrangement did not reveal significant ($P>0.05$) effect for diet x site interaction. Net water absorption was significantly ($P<0.05$) decreasing from caecum to rectum. On the other hand, from the numerical point of view ($P>0.05$), sugar cane high-test molasses determined a greater capacity of net water absorption (8.95 L/day) regarding to maize (3.74 L/day). Daily water input in caecum was significantly greater ($P<0.05$) in the sugar cane molasses. Similarly, the sugar cane molasses based diet determined a higher net water absorption in the large intestine (32.4%, $P<0.05$) with respect to maize (1,152 and 870 g/kg ingested DM, respectively). This experiment tends to confirm that the diet type can contribute to determine different water balance indices in the large intestine of growing pigs.

Key words: net water absorption, maize, sugar cane high-test molasses, torula yeast, large intestine.

(*) Recibido: 19-04-2013

Aceptado: 30-11-2013

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

INTRODUCCIÓN

En estudio reciente, Ly y Lezcano (2013) hallaron que hubo cambios en los procesos digestivos que tienen lugar en el intestino grueso de cerdos alimentados *ad libitum* con dietas de levadura torula en las que la fuente energética era maíz o miel rica. En forma sucinta, pudiera considerarse que cuando los cerdos se alimentan con dietas de miel rica y levadura torula, la desaparición de digesta seca entre el ciego y el recto es prácticamente la mitad de la que ocurre cuando la dieta es de maíz y levadura torula. Los procesos digestivos en cerdos alimentados con altos niveles de levadura torula (*Candida utilis*) en la dieta cobran importancia de relieve en países como Cuba, donde esta fuente microbiana de proteína se produce en cantidades apreciables (Boucourt 1982; Lezcano 2005).

Junto con una digestión compensatoria en el ciego y colon de los cerdos, en esos segmentos existe absorción de agua, después de la cual la digesta no asimilada es expulsada del tracto gastrointestinal (Kidder y Manner 1978; Moran 1982; Ly 2008). Como se sabe, la absorción de agua y electrolitos es una de las funciones más importantes del intestino grueso de los mamíferos (Drochner 1984; Theodorou *et al.* 1989). Sin embargo, el intestino grueso del cerdo, y particularmente el colon, no ha sido estudiado con detenimiento en comparación al de los humanos (Cummings 1975).

El objetivo de este experimento fue evaluar

la absorción de agua en el intestino grueso de cerdos en crecimiento, alimentados *ad libitum* con dietas de maíz o miel rica, mas levadura torula como única fuente de proteína.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 14 cerdos Yorkshire x Landrace x Duroc de 55 kg de peso vivo promedio, que fueron alimentados *ad libitum* y al azar con dos dietas a partir de los 30 kg, durante seis semanas antes de la medición. 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. Los detalles correspondientes a las dietas utilizadas se muestran en la Tabla 1; el procedimiento para obtención de los distintos segmentos del intestino grueso y muestras de contenido intestinal fueron descritos por Ly y Lezcano (2013).

La absorción de agua en el intestino grueso se calculó desde dos puntos de vista, el primero de acuerdo con la metodología de Hecker y Grovum (1975), tal como fue descrita por Ly (1985), y el segundo mediante el cálculo de ingreso y egreso de agua en el intestino grueso, a partir de datos de índices digestivos hasta íleon y recto, y mediante el ajuste de todos los datos al consumo por animal de 1 kg de MS, para disminuir el efecto de variaciones individuales del consumo *ad libitum* de alimento.

Según la metodología de Grovum y Hecker

Tabla 1. Composición de las dietas (por ciento en base seca).

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 ₃	1,3	1,3
CaPO ₄ H ₂ O	0,8	-
NaCl	0,1	0,1
Vitaminas y minerales ¹	0,5	0,5
Análisis		
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

¹ Según requerimientos del NRC (1998)

(1973), se estimó la velocidad de absorción de agua, así como la capacidad de absorción de agua en ciego y colon. La velocidad de absorción de agua, en g/min por dm² se determinó de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$R = \frac{[100(W_i - W_f)\alpha]}{AT}$$

Donde W_i y W_f son los gramos de agua por gramo de MS al inicio y el final de cada segmento intestinal evaluado, respectivamente, mientras que α, A y T representan la cantidad de MS (g), el área (cm²) y el tiempo de retención de digesta (min) en ese segmento. El área intestinal se determinó por planimetría tal como fue descrito por Ly (1985). Los valores de T utilizados fueron los informados por Ly y Lezcano (2013), que correspondieron a los mismos cerdos y dietas.

La relación agua: MS en el intestino grueso de los animales se calculó a partir de los datos de porcentaje de MS intestinal de acuerdo con Ly y Lezcano (2013), con la expresión:

$$\text{Relación agua: MS} = \left(\frac{1}{MS}\right) \times 100$$

La información correspondiente a los valores medios de la relación agua:MS entre el ciego y el recto de los cerdos se muestra en la Tabla 2.

La capacidad de absorción neta de agua (L/día) fue la resultante de multiplicar la velocidad de absorción neta por 1.440 día/min, y por el área

intestinal de cada uno de los cerdos. Se utilizó el factor 1 L/1.000 g para expresar la absorción de agua en litros.

Tabla 2. Relación agua:MS en el intestino grueso de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de maíz o miel rica.

	Levadura torula +	
	Maíz	Miel rica
Ciego	4,06	6,41
Colon centrípeto	3,39	4,29
Colon centrífugo	2,82	3,31
Recto	2,49	2,15

Se siguió un arreglo factorial 2 x 4, en el que los factores fueron las dos dietas y los cuatro segmentos en que se dividió el intestino grueso (ciego, colon centrípeto, colon centrífugo y recto). El balance de agua, mediante la determinación de ingreso y egreso de agua en el intestino grueso, se llevó a cabo de acuerdo con una clasificación simple. Los datos se procesaron siguiendo las técnicas del análisis de varianza y de regresión (Steel *et al.* 1997) y cuando se halló diferencia significativa (P<0,05) entre medias, se aplicó la prueba de Duncan (Steel *et al.* 1997). Se usó el paquete estadístico de Minitab (2009) para todo el proceso biométrico.

RESULTADOS

Los datos referentes al ritmo de absorción neta de agua en el intestino grueso se presentan en la Tabla 3. No hubo efecto significativo (P>0,05) en la interacción dieta x sitio para los índices del

Tabla 3. Ritmo de absorción neta de agua en el intestino grueso de cerdos en crecimiento alimentados con dietas de maíz o miel rica.

	Levadura torula +		ES ±
	Maíz	Miel rica	
Velocidad de absorción neta, g/min/dm²			
Ciego	0,180 ^a	0,329 ^a	0,090*
Colon centrípeto	0,012 ^b	0,030 ^b	0,020
Colon centrífugo	0,011 ^b	0,026 ^b	0,020
Recto	0,024 ^b	0,061 ^b	0,025
ES ±	0,015*	0,018*	-
Capacidad de absorción neta de agua, L/día			
Ciego	1,91 ^a	2,33 ^a	1,00
Colon centrípeto	0,98 ^a	1,47 ^a	0,85
Colon centrífugo	0,60 ^{ab}	1,13 ^{ab}	0,70
Recto	0,25 ^b	0,31 ^b	0,15
ES ±	0,070*	0,065*	-

* P<0,05

^{ab} Medias en la misma columna sin letra en común difieren (P<0,05)

ritmo de absorción de agua. En este trabajo se halló que la velocidad de absorción neta de agua fue mayor en el ciego ($P < 0,05$) con respecto al resto del intestino grueso. Por otra parte, la miel rica determinó una mayor velocidad de absorción neta de agua en todos los segmentos del intestino grueso. Esta diferencia fue evidentemente mayor ($P < 0,05$) para la absorción neta de agua en el ciego de los cerdos alimentados con miel rica con respecto a los que se suministró maíz como fuente energética.

Se encontró que la velocidad de absorción neta de agua fue decreciendo significativamente ($P < 0,05$) desde el ciego hasta el recto. La velocidad de absorción neta de agua en el ciego fue notablemente alta, con respecto al colon centrípeto y centrífugo. Por otra parte, desde el punto de vista numérico, la miel rica determinó una mayor capacidad de absorción neta de agua (8,95 L/día), con respecto al maíz (3,74 L/día). Sin embargo, esta diferencia no fue significativa ($P > 0,05$). Esto posiblemente se debió a la alta dispersión de los datos individuales.

En la Tabla 4 se listan las cifras correspondientes a la entrada y salida neta de agua en el intestino grueso de los cerdos. Se encontró que la entrada diaria de agua en el ciego fue mayor ($P < 0,05$) en la dieta con miel rica. Igualmente, la dieta con miel rica determinó mayor desaparición neta de agua en el intestino grueso de los cerdos alimentados con miel rica con respecto a la dieta de maíz. De igual manera, la dieta con miel rica determinó mayor ($P < 0,05$) desaparición neta de agua en el intestino grueso en los cerdos (1.152 y 870 g de agua/kg MS ingerida, respectivamente). Así la desaparición neta de agua en ciego y colon

fue 32% superior en los animales que se alimentaron con la dieta de miel rica/levadura torula.

Existió una correspondencia altamente significativa ($S_{yx} \pm 56,6$; $P < 0,001$) entre la capacidad de absorción neta de agua en el ciego, y la desaparición neta de agua en el intestino grueso de los animales (Figura 1).

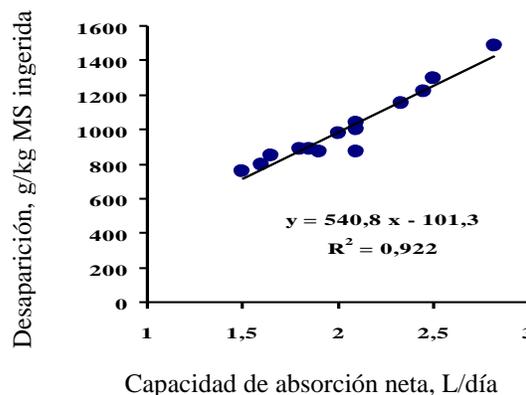


Figura 1. Balance neto de agua en ciego y colon de cerdos en crecimiento.

DISCUSIÓN

En este trabajo se utilizó la técnica de sacrificar animales, con la que se obtuvieron datos para estudiar procesos de absorción de agua en el intestino grueso de cerdos en crecimiento. Uno de los dos métodos utilizados generó resultados cercanos al de formas de colección de muestras *in vivo*, mediante la obtención de datos de digestibilidad indirecta con la utilización de la ceniza insoluble en ácido según Van Keulen y Young (1977), de acuerdo con el procedimiento descrito por Ly y Lezcano (2013). Los métodos *in vivo* han sido preferidos para este tipo de estudios, porque se ejecutan en condiciones con un status

Tabla 4. Entrada y salida neta de agua 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
Balance de agua, g/kg MS ingerida			
Entrada diaria en ciego ¹	1.194	1.540	110*
Salida diaria, fecal	324	388	54
Desaparición en intestino grueso	870	1.152	52*

¹ Salida ileal

* $P < 0,05$

fisiológico más cercano a lo habitual (Theodorou *et al.* 1989). Aun así, la estrecha interdependencia que se observó entre los dos métodos de determinación de índices del balance de agua de los cerdos examinados, pudiera sugerir, que ambas aproximaciones a la descripción de este balance en los cerdos reflejan cualitativamente el mismo fenómeno desde dos ángulos distintos.

El descenso en la relación agua:MS desde el ciego hasta el recto de los cerdos está en consonancia con otras investigaciones, como las de Bentley y Smith (1975) quienes hallaron que los valores de este índice fue desde 4,15 hasta 1,38 mL agua/g MS para el principio del colon centrípeto y el final del colon centrífugo de cerditos neonatos, y desde 5,89 y 3,39 mL agua/g MS para iguales sitios de cerdas adultas.

Los valores encontrados en esta investigación para el ritmo de absorción neta de agua siguieron similar tendencia de estudios anteriores (Ly 1985), en el sentido de que el ciego fue el segmento del intestino grueso con una mayor actividad de absorción neta de agua con respecto al colon y el recto. Por otra parte, los resultados de este experimento tienden igualmente a confirmar que la miel rica determina una mayor absorción de agua que el maíz, también en dietas con la levadura torula como única fuente proteica incluida. Sin embargo, aunque dentro del rango de valores informados al aplicar la metodología de Grovum y Hecker (1973) para cerdos criados en otras condiciones (Hecker y Grovum 1975), parecieron ser menores en magnitud que las informados por Ly (1985). Este desacuerdo pudiera estar influido tal vez por la diferencia en el peso corporal de los cerdos.

Theodorou *et al.* (1989) han sugerido que existe un patrón postprandial de absorción de agua en el colon centrípeto de los cerdos, que es controlado principalmente por el flujo de digesta en el colon. Sin embargo, en este experimento se encontró que no es el ciego, el segmento digestivo con una mayor capacidad de absorción neta de agua. Por otra parte, Ly y Lezcano (2013) observaron que en todo el intestino grueso, una dieta de maíz/levadura torula determinaba un mayor tiempo de retención de digesta (32,1 horas)

que otra de miel rica/levadura torula (24,3 horas), y en estos mismos animales, sucedió lo contrario con la desaparición de agua en el intestino grueso de los cerdos (Tabla 4). Theodorou *et al.* (1989) tampoco hallaron evidencias de que la concentración de ácidos grasos de cadena corta, la osmolaridad o el tiempo de tránsito de fenol sulfostaleína estuvieran correlacionadas con la absorción de agua en el colon centrípeto de cerdos en crecimiento. Evidentemente se necesita más evidencia experimental sobre los factores que pudieran gobernar los mecanismos de recambio de agua en el intestino grueso, puesto que la absorción neta de agua, tal como se definió en la presente investigación, es el resultado de varios procesos que ocurren simultáneamente, tales como la producción de agua *in situ*, su absorción a través de la pared intestinal y el ingreso procedente de áreas prececales, entre otros.

Los resultados informados aquí tienden a confirmar que el tipo de dieta puede contribuir a determinar distintos índices en el balance de agua en el intestino grueso de cerdos en crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea mencionar con gratitud la ayuda técnica de los señores Miguel Pérez, Humberto Hernández y José Luis Reyes en el manejo y cuidado de los animales, así como en los muestreos que se hicieron. Igualmente se agradece a las señoras Ana María Romero y Martha Carón por los análisis de laboratorio. También se desea reconocer a la Dra. Marisol Muñiz por su asistencia en la ejecución de los procedimientos biométricos.

REFERENCIAS

- Bentley, P. and Smith, M. 1975. Transport of electrolytes across the helicoidal colon of the newborn pig. *Journal of Physiology*, 249:103-113.
- 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.

- Cummings, J. 1975. The colon: absorptive, secretory and metabolic functions. *Digestion*, 13:232-240.
- Drochner, W. 1984. Einfluss wechselnder Rohfaser- und Pektinergehalte im Futter auf einige praecale und postileale Verdauungsvorgänge beim wachsenden Schwein. *Forstschritte in der Tierphysiologie und Tierernährung. Beihefte zur Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde*, 14:7-122.
- Grovum, W. and Hecker, J. 1973. Rate of passage of digesta in sheep. 2. The effect of level of food intake on digesta retention times and on water and electrolyte absorption in the large intestine. *British Journal of Nutrition*, 30:221-230
- 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.
- Kidder, D. and Manner, M. 1978. *Digestion in the Pig*. Scientifica. Bristol, pp 197.
- Lezcano, P. 2005. Development of a protein source in Cuba. Torula yeast. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 39:447-451.
- Ly, J. 1985. Large intestine digestion of pigs fed molasses. 3. Water status. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 19:45-53.
- Ly, J. 2008. *Fisiología Nutricional del Cerdo* (C. Lemus y J. Ly, editores). Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, pp 165.
- Ly, J. y Lezcano, P. 2013. Tránsito de digesta y digestión en cerdos en crecimiento. 1. Tránsito de digesta y digestión. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología*, 31:73-80.
- Minitab. 2009. *Statistical Software. Minitab 15*. Minitab In Company. State College (Pennsylvania), versión electrónica disponible in <http://www.minitab.com>.
- Moran, E. 1982. *Comparative Nutrition of Fowl and Swine. The Gastrointestinal Systems*. University of Guelph. Guelph, pp 253.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Swine*. National Academy Press. Washington. District of Columbia, 189 p.
- Steel, R., Torrie, J. and Dickey, M. 1997. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. McGraw and Hill Book Company In Company (segunda edición). New York, 666 p.
- Theodorou, V., Fioramonti, J. and Bueno, L. 1989. Water absorption from the pig proximal colon: relations with feeding and flow of digesta. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 74:521-529.
- 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.