

## EVALUACION DE LOS ACIDOS ORGANICOS EN LA ALIMENTACION DE LECHONES. I. USO DEL ACIDO CITRICO<sup>1/\*</sup>

Carlos Campabadal \*\*

Emilio Vargas \*\*

Miguel Fonseca \*\*\*

### ABSTRACT

**Evaluation of organic acids in baby pig feeding. I. Use of citric acid.** Two experiments were conducted to evaluate the effect of three levels (0, 1 and 2%) of citric acid on baby pig performance and dry matter and crude protein digestibility. In experiment 1 (initial weight 6.5 kg), there were no significant differences ( $P>0.05$ ) in daily gain, feed intake and dry matter digestibility between treatments. Feed conversion and crude protein digestibility were significantly improved ( $P<0.05$ ) with the addition of both levels of citric acid. In experiment 2 (initial weight 12 kg), there were no significant differences ( $P>0.05$ ) in daily gain, feed intake, feed conversion and dry matter digestibility between treatments. Crude protein values were significantly higher ( $P<0.05$ ) for the control group and the 1% citric acid level. The addition of both levels of citric acid in the two experiments increased the feeding cost per unit of gain.

### INTRODUCCION

Los principales problemas que tienen los porcicultores costarricenses son las diarreas que se presentan 2 ó 3 días después del destete. Estas diarreas pueden causar no solo bajos rendimientos, sino hasta la muerte de los lechones. El factor alimenticio y el desarrollo digestivo son los principales responsables de este problema.

En el proceso de iniciación de la digestión, especialmente de las proteínas, el estómago necesita una condición ácida, que permita la ruptura de las estructuras complejas de las proteínas, para

que luego las enzimas proteolíticas en el intestino delgado hidrolicen los enlaces péptidos y dejen libres los aminoácidos para su absorción.

Además, la condición ácida del estómago tiene la función de establecer una barrera bactericida para proteger el intestino delgado (Easter y González, 1989).

En el cerdo adulto la producción de ácido clorhídrico (HCl) se produce normalmente por las células parietales del estómago, pero en el lechón, al nacimiento, la producción es limitada; ésta se incrementa conforme avanza la edad del cerdo, y se normaliza entre las 10 y 12 semanas de edad (Cromwell, 1985).

En el lechón lactante, el contenido de lactosa presente en la leche de la cerda puede convertirse rápidamente en ácido láctico, por medio de unos *Lactobacillus* presentes en el estómago, y permitir así una digestión adecuada (Pond y Maner, 1984); pero cuando los cerdos se destetan entre las 6 y 7 semanas de edad, la producción de HCl no es suficiente y se afecta la digestión de los

1/ Recibido para publicación el 20 de enero de 1994.

\* Proyecto de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, N°739-92-227. San José, Costa Rica.

\*\* Centro de Investigaciones en Nutrición Animal (CINA), Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

\*\*\* Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

alimentos, con una reducción en los rendimientos productivos y presencia de diarreas.

Una posible solución a este problema es la utilización de ácidos orgánicos, que ayuden a disminuir el pH del estómago para una adecuada digestión. Las primeras investigaciones sobre este tópico fueron realizadas por Cole *et al.* (1968). Ellos encontraron un incremento en las ganancias y una conversión de alimento más eficiente con la utilización de 0,8% de ácido láctico en el agua de bebida. Además, se disminuyó la presencia de *E. coli* tipo hemolítica en el duodeno y yeyuno.

La inclusión de ácidos orgánicos en dietas de cerdos al destete se ha investigado en varias Universidades de los Estados Unidos y Gran Bretaña (Kirchgessner y Roth, 1982; Falkowski y Aherne, 1984; Giesting y Easter, 1985 y Giesting, 1986), con resultados positivos; sin embargo, el efecto depende de la edad, el manejo y el tipo de dieta utilizada. Los mayores rendimientos se han obtenido al momento del destete y luego su efecto se disminuye (Giesting, 1986). El ácido cítrico y el ácido fumárico son los que han producido resultados uniformes, aunque existe variación en el nivel óptimo de estos productos y el tipo de dieta que reciben los lechones (Easter, 1988).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto biológico y económico de 3 niveles de ácido cítrico como agente acidificante en las dietas para lechones de 6,5 y 12 kg de peso inicial.

## MATERIALES Y METODOS

Se realizó una prueba de rendimientos productivos y una prueba de digestibilidad, en cada uno de 2 experimentos hechos con animales de diferente peso.

### Experimento 1

De un total de 300 lechones York X Landrace recién destetados, con un peso promedio inicial de 6,5 kg, se seleccionaron 3 grupos experimentales, de acuerdo al peso y al sexo y fueron alojados en 30 corrales de 10 cerdos cada uno. Se evaluó los siguientes 3 tratamientos: 0% (testigo), 1% y 2% de ácido cítrico.

En la prueba de digestibilidad, un total de 180 lechones, con un peso promedio de 6 kg fueron divididos en 3 grupos de 60 lechones cada uno y alojados en 45 corrales de 4 cerdos cada uno.

Estos animales recibieron los mismos tratamientos de la prueba de rendimiento.

### Experimento 2

Un total de 150 cerdos York X Landrace X Duroc con un peso promedio de 12 kg, se escogieron de acuerdo al peso y al sexo en 3 grupos experimentales de 50 lechones cada uno, y fueron alojados en 15 jaulas con 10 lechones cada una. Se evaluaron los mismos tratamientos del Experimento 1.

En la prueba de digestibilidad, 48 cerdos recién destetados, con un peso promedio de 12 kg, se separaron en 3 grupos de 16 cerdos cada uno y fueron alojados en 12 corrales de 4 cerdos.

### Procedimiento general

En ambos experimentos se realizaron los siguientes procedimientos generales:

a) Se utilizó una dieta base de maíz y harina de soya, suplementada con fuentes de vitaminas y minerales, y con aditivos para satisfacer los requerimientos del National Research Council (1988). A estas dietas se les adicionó los niveles de ácido cítrico, según lo indicado para cada tratamiento. La composición porcentual y nutritiva de las dietas se presenta en el Cuadro 1. El período experimental tuvo una duración de 28 días. El agua y el alimento se suministraron a libre voluntad.

Cuadro 1. Composición porcentual y nutritiva de las dietas experimentales.

	Tratamientos (% ácido cítrico)		
	0	1	2
<b>Ingredientes</b>			
Maíz molido	66,00	64,80	63,60
Harina de soya (48%)	30,00	30,20	30,40
Fosfato dicálcico	2,00	2,00	2,00
Carbonato de calcio	1,00	1,00	1,00
Sal	0,25	0,25	0,25
Hidrocloruro de lisina	0,15	0,15	0,15
Aditivos	0,10	0,10	0,10
Premezcla de vitaminas	0,25	0,25	0,25
Premezcla de minerales trazas	0,25	0,25	0,25
Ácido cítrico	0,00	1,00	2,00
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Composición nutritiva (%)</b>			
Proteína cruda	20,65	21,08	20,74
Materia seca	89,40	88,90	89,10
Lisina*	1,20	1,20	1,20
Calcio	0,82	0,80	0,82
Fósforo aprovechable *	0,45	0,45	0,45
Energía digestible (Mcal/kg*)	3,20	3,2	3,20

\* Calculado

b) La digestibilidad de nutrientes (materia seca y proteína cruda) se determinó por medio del método indirecto y se utilizó el óxido de cromo a un nivel de 0,25% como indicador. El período experimental tuvo una duración de 15 días: 10 de adaptación a la dieta y 5 de recolección de alimento y materia fecal.

c) Se evaluó los parámetros ganancia de peso, consumo de alimento, conversión de alimento, digestibilidad de materia seca, digestibilidad de proteína cruda y la presencia de diarreas. Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar con un arreglo factorial 3x2, donde un factor fue los niveles de ácido cítrico y otro el sexo de los lechones. La diferencia entre las medias se analizó mediante la prueba de Duncan.

d) Las dietas, los ingredientes y la materia fecal se analizaron según el método de la AOAC (1984) para la materia seca y la proteína cruda. El óxido de cromo se cuantificó mediante el método de Cristian y Cupp (1954).

e) Con base en los rendimientos productivos y los costos de las dietas se calculó el costo de alimentación por kg de ganancia.

## RESULTADOS

### Experimento 1

Los rendimientos productivos y los valores de digestibilidad se indican en el Cuadro 2. No se presentaron variaciones estadísticas significativas ( $P>0,05$ ) para la ganancia de peso y el consumo de alimento entre tratamientos, por efecto de sexo ni por la interacción sexo por tratamiento. Se presentó diferencias estadísticas ( $P<0,05$ ) entre los niveles de ácido cítrico para la conversión alimenticia. La conversión más eficiente ( $P<0,05$ ) se obtuvo con el tratamiento de 2% de ácido cítrico, aunque no fue diferente con la del nivel de 1% del ácido. La conversión menos eficiente ( $P<0,05$ ) fue la de la dieta testigo. No hubo diferencias con significancia estadística ( $P>0,05$ ) para la conversión por efecto de sexo o de la interacción sexo por tratamiento.

La digestibilidad de la materia seca fue estadísticamente similar ( $P>0,05$ ), sin efecto de tratamiento, sexo ni de la interacción sexo por tratamiento. La digestibilidad de la proteína de la dieta testigo fue inferior ( $P<0,05$ ) a la digestibilidad de los tratamientos con ácido cítrico. No hubo diferencia significativa ( $P>0,05$ ) entre la digestibilidad de los tratamientos con 1 y 2% de ácido

cítrico. Tampoco hubo diferencias por efecto de sexo, ni por la interacción sexo por tratamiento.

### Experimento 2

En el Cuadro 3 se presentan los rendimientos productivos y los valores de digestibilidad de la materia seca y proteína cruda.

Cuadro 2. Rendimiento productivo y digestibilidad de la materia seca y la proteína cruda, en lechones alimentados con diferentes niveles de ácido cítrico (Experimento 1).

Parámetros	Nivel del ácido cítrico (%)		
	0	1	2
Ganancia de peso (kg/día)	0,170	0,172	0,176
Consumo de alimento (kg/día)	0,310	0,304	0,301
Conversión alimenticia	1,84 b	1,77 a	1,72 a
Digestibilidad (%)			
Materia seca	79,00	80,80	80,82
Proteína cruda	73,61 b	75,35 a	76,92 a

a, b= Medias con diferente letra varían estadísticamente ( $P\leq 0,05$ ).

Cuadro 3. Rendimiento productivo y digestibilidad de la materia seca y la proteína cruda, en lechones alimentados con diferentes niveles de ácido cítrico (Experimento 2).

Parámetros	Nivel del ácido cítrico (%)		
	0	1	2
Ganancia de peso (kg/día)	0,389	0,398	0,429
Consumo de alimento (kg/día)	0,836	0,836	0,820
Conversión alimenticia	2,14	2,12	1,94
Digestibilidad (%)			
Materia seca	84,47	84,74	84,04
Proteína cruda	82,77 a	83,85 a	81,64 b

a, b= Promedios con diferente letra varían estadísticamente ( $P\leq 0,05$ ).

Todos los tratamientos experimentales presentaron valores similares ( $P>0,05$ ) de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. La digestibilidad de la materia seca tampoco presentó diferencias estadísticas ( $P>0,05$ ) entre tratamientos. La digestibilidad de la proteína cruda de la dieta testigo y la del nivel de 1% de ácido cítrico fueron estadísticamente superiores a la del nivel de 2% del mismo ácido. El efecto del sexo y de la interacción sexo por tratamiento fue estadísticamente igual ( $P>0,05$ ) para todas las variables analizadas.

## DISCUSION

### Rendimiento productivo

La adición de 1 y 2% de ácido cítrico a las dietas de lechones, tanto de 6,5 kg como de 12 kg de peso, no tuvo efecto significativo sobre la ganancia de peso, ni sobre el consumo de alimento, aunque sí afectó ( $P < 0,05$ ) la eficiencia de utilización de alimentos en los lechones destetados con un peso inferior y presentó una tendencia numérica similar para los lechones destetados con pesos superiores.

Estos resultados concuerdan con los informados por Burnell *et al.*, 1984; Edmonds *et al.*, 1985; Falkowski y Aherne, 1984 y Giesting y Easter, 1988. Todos estos autores encontraron que la adición del ácido cítrico produjo un aumento de un 5 a un 10% en la utilización de las dietas por los lechones destetados a las 4 semanas de edad.

La diferencia en rendimientos entre los lechones destetados a 6,5 kg y 12 kg de peso es explicada por Cronwell (1985), quien afirma que los cerdos recién nacidos tienen una capacidad de secreción de ácido clorhídrico muy limitada, pero que ésta se incrementa con la edad. Similarmente, Easter y González (1989) establecen que el desarrollo progresivo de la secreción gástrica en el cerdo hace que la respuesta a la acidificación de las dietas dependa del peso y edad al destete. Giesting (1986) encontró que la respuesta a la acidificación se da inmediatamente después del destete y disminuye conforme el lechón aumenta de peso. La adecuada utilización de los alimentos permite mejor digestibilidad de la proteína cruda, producto de un nivel mayor de pepsina. Goihl (1989) señala que la carencia de adecuados niveles de ácido clorhídrico en el estómago del lechón puede limitar la activación del pepsinógeno y por lo tanto limitar la utilización de las proteínas.

### Rendimiento económico

El análisis económico del efecto del ácido cítrico sobre el costo de alimentación para producir una unidad de ganancia, demostró (Cuadro 4) que la presencia de este aditivo en ambos niveles y para ambos pesos de lechones, no redujo el costo de alimentación; más bien incrementó el costo de las dietas, lo cual no fue compensado por la mejor conversión alimenticia obtenida en ambos experimentos con la inclusión del ácido. La dieta testigo fue la que presentó el menor costo de alimentación por kg de ganancia de peso de los lechones.

Cuadro 4. Efecto de la adición del ácido cítrico sobre el costo de alimentación para producir un kg de peso.

Parámetros	Nivel del ácido cítrico (%)		
	0	1	2
Experimento 1			
Conversión alimenticia	1,84	1,77	1,72
Costo de alimentación/kg de ganancia de peso (¢/kg)	58,97	64,87	71,29
Experimento 2			
Conversión alimenticia	2,14	2,12	1,94
Costo de alimentación/kg de ganancia de peso (¢/kg)	68,59	77,70	80,41

Costo de la dieta = testigo ¢32,05; 1% ácido cítrico ¢36,65 y 2% ¢41,45/kg.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados se concluye que la adición de 1 y 2% de ácido cítrico produce mejor utilización de los alimentos y la digestibilidad de las proteínas; este efecto es más marcado en los cerdos con menor peso al destete. Sin embargo, el alto precio (¢450/kg) del ácido cítrico produce un aumento en el costo de alimentación por kg de ganancia de peso. En caso de disminuir el valor este ácido, podría llegar a utilizarse en la alimentación de lechones.

## RESUMEN

Se realizó 2 experimentos para determinar el efecto de 3 niveles (0, 1 y 2%) de ácido cítrico sobre los rendimientos productivos y la digestibilidad de la materia seca y proteína cruda de lechones de 6,5 y 12 kg de peso. En el experimento 1 (lechones de 6,5 kg de peso) no se encontró diferencias ( $P > 0,05$ ) en la ganancia de peso, consumo de alimento y digestibilidad de la materia seca. La inclusión de 1 y 2% del ácido produjo una mejora significativa ( $P < 0,05$ ) en la conversión alimenticia y en la digestibilidad de la proteína cruda. En el experimento 2 (lechones de 12 kg de peso), no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) para la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y digestibilidad de la materia seca. La dieta testigo y la de 1% de ácido cítrico presentaron digestibilidad de la proteína cruda superior

( $P < 0,05$ ) a la del nivel de 2% de ácido cítrico en la dieta. La adición de los niveles 1 y 2% de ácido cítrico produjo un incremento en el costo de alimentación para producir 1 kg de peso.

#### LITERATURA CITADA

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1984. Official Methods of Analysis. 14 ed. Washington, D.C. 1015 p.
- BURNELL, T.W.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S. 1987. Organic acids addition for weaning pigs. Swine Research Report. University of Kentucky. Progress Report No.29. 2 p.
- COLE, D.J.; BEAL, R.M.; LUSCOMBE, J.R. 1968. The effect on performance and bacterial flora of lactic acid, propionic, calcium propionate and calcium acrylate in the drinking water of weaned pigs. Veterinary Research. 83:459.
- CROMWELL, P.D. 1985. The development of acid and pepsin secretory capacity in the pig; the effect of age and weaning. Br. J. nutr. 54:305.
- CRISTIAN, K.R.; COUP, M.R. 1954. Measurement of feed intake by grazing cattle. New Zealand J. Sc. Tech. 36:328.
- EASTER, R.A. 1988. Acidification of diets for pigs. In Biotechnology in the feed industry. Ed. by T.P. Lyons. Kentucky, Alltech Technical Publications. p. 209-218.
- EASTER, R.A.; GONZALEZ, A. 1989. Role of diet acidification in swine nutrition. Proceedings of L.A.N.C.E. Atenas, Costa Rica, ECAG. p. 9.
- EDMONDS, M.S.; AMSTRONG, W.D.; HERMAN, D.L. 1982. Feed additive studies with newly weaned pigs: efficacy of supplemental copper, antibiotics and organic acids. J. Anim. Sci. 60(2):462-469.
- FALKOWSKI, J.F.; AHERNE, F.X. 1984. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. J. Anim. Sci. 58:935.
- GIESTING, D.L. 1986. Utilization of soy protein by the young pig. Ph.D. Thesis. University of Illinois. Urbana.
- GIESTING, D. L.; EASTER, R.A. 1985. Response of starter pigs to supplementation of corn soybean meal diets with organic acids. J. Anim. Sci. 60:1288.
- GOIHL, J. 1989. Organic acid additions to starter diets have varying influence. Feedstuff, January 16. 2 p.
- KIRCHGESSNER, M.; ROTH, F.X. 1982. Fumaric acid as a feed additive in pig nutrition. Pig news Inform. 3:259.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1988. Nutrient requirements of the pig. Washington. D. C. p. 185.
- POND, W.G.; MANER, J.H. 1984. Swine production and nutrition. Westport, Connecticut, Avi. Publ. Co. p 539.