

## EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE ÁCIDOS ORGÁNICOS SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CUY (*Cavia porcellus*)

### EFFECT OF SUPPLEMENTATION OF ORGANIC ACIDS ON PRODUCTIVE PARAMETERS OF GUINEA PIGS (*Cavia porcellus*)

Milena Sánchez-Silva G.<sup>1</sup>, Fernando Carcelén C.<sup>1,5</sup>, Miguel Ara G.<sup>1</sup>, Rosa Gonzáles V.<sup>2</sup>, William Quevedo G.<sup>3</sup>, Ronald Jiménez A.<sup>4</sup>

#### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la suplementación de ácidos orgánicos (AO) sobre los parámetros productivos del cuy (*Cavia porcellus*). Ochenta cuyes machos fueron distribuidos aleatoriamente en 20 unidades experimentales, las cuales se distribuyeron aleatoriamente en cinco tratamientos: T1: Control (dieta base), T2: Antibiótico Promotor del Crecimiento (APC) (dieta base más 200 ppm de Zinc-Bacitracina), T3, T4 y T5: Ácidos orgánicos (AO) (dieta base más 100, 200 o 300 ppm, respectivamente, de una mezcla de ácido acético, láctico y propiónico en iguales proporciones). La dieta base estuvo compuesta por forraje (Rye grass + trébol) más concentrado (afrechillo de trigo). Los animales estuvieron expuestos a los tratamientos por 10 semanas. Se evaluó la ganancia de peso vivo, el consumo de materia seca y el índice de conversión alimenticia (ICA). El patrón de respuesta a los AO en ganancia de peso e ICA fue cuadrático y significativo ( $p < 0.035$  y  $p < 0.005$ , respectivamente), donde la máxima ganancia de peso estuvo asociada con un nivel de 173 ppm de AO y el nivel de 152 ppm de AO produjo el mejor ICA. El consumo de materia seca no se vio afectado por los tratamientos. Se concluye que la suplementación con ácidos orgánicos mejora la ganancia de peso e ICA en la etapa de crecimiento y engorde de los cuyes.

**Palabras clave:** cuy, ácidos orgánicos, parámetros productivos

#### ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effect of the supplementation of organic acids (AO) on the productive parameters of guinea pigs (*Cavia porcellus*). Eighty male guinea pigs were randomly distributed in 20 experimental units, and these

<sup>1</sup> Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal, <sup>2</sup> Laboratorio de Patología Aviar, <sup>3</sup> Laboratorio de Zootecnia y Producción Agropecuaria, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima

<sup>4</sup> Estación Experimental del Centro de Investigación IVITA – El Mantaro, Huancayo

<sup>5</sup> E-mail: nandodeme@gmail.com

Recibido: 15 de agosto de 2013

Aceptado para publicación: 18 de marzo de 2014

randomly assigned to five treatments: T1: Control (basal diet), T2: Growth Promoter Antibiotic (APC) (basal diet plus 200 ppm Zinc-Bacitracine), T3, T4, and T5: Organic acids (AO) (basal diet plus 100, 200 or 300 ppm respectively, of a mixture of acetic, lactic, and propionic acid in equal proportions). The basal diet was composed of wheat bran and fodder (rye grass plus clover). The animals were exposed to the treatments over 10 weeks. Body weight gain, dry matter intake, and feed conversion ratio (ICA) were evaluated. Significant quadratic response patterns to the AO were observed in body weight gain and ICA ( $p < 0.035$  and  $p < 0.005$  respectively) where the maximum body weight gain and the best ICA were associated with 173 and 152 ppm of AO respectively. No treatment effects were detected on dry matter intake. It is concluded that the supplementation with OA improved body weight gain and ICA of growing and fattening guinea pigs.

**Key words:** guinea pig, organic acids, productive parameters

## INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*), originario de la zona Andina del Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia, es una especie de bajo costo de producción, con carne de alto valor nutritivo y cuya crianza es una actividad que paulatinamente está ocupando un importante espacio dentro de la actividad pecuaria nacional (Ordóñez, 2003).

Los antibióticos promotores del crecimiento (APC) han sido ampliamente utilizados en la alimentación animal para aumentar la eficiencia de la producción cárnica (Carro y Ranilla, 2002); sin embargo, su uso indiscriminado como parte de la dieta del cuy puede generar problemas de salud pública debido a la presencia de residuos en los productos y subproductos animales (Chauca, 1995). Debido a esto, existe un marcado interés en utilizar alternativas naturales a los APC, tales como enzimas, prebióticos, probióticos, extractos de plantas y acidificantes, los cuales pueden limitar el número de bacterias patógenas, mejorar la capacidad de absorción del intestino y mejorar el rendimiento productivo (López *et al.*, 2009).

Entre los acidificantes se encuentran los ácidos orgánicos (AO), sustancias con al menos un grupo carboxilo (-COOH) en su

molécula (Penz, 1991). Estos ácidos pueden considerarse sustancias seguras, ya que no traspasan la pared del tracto digestivo y por ello no dejan residuos en los productos animales (Carro y Ranilla, 2002). Los AO afectan la microflora intestinal reduciendo el pH del alimento y del tracto digestivo, creando un entorno negativo para el crecimiento de microorganismos patógenos de los géneros *Escherichia*, *Clostridium* y *Salmonella*; y además, a través de un efecto antimicrobiano específico debido a la forma no disociada, alterando procesos esenciales para la vida de los microorganismos, principalmente Gram negativos (Peris y Pérez, 2001; Dinabandhu *et al.*, 2009).

En uno de sus modos de acción, los AO atraviesan la membrana lipídica de la célula bacteriana, quedando expuestos al pH neutro interno de la bacteria, donde se disocian liberando protones ( $H^+$ ) y aniones ( $A^-$ ) (Van Immerseel *et al.*, 2009). Los  $H^+$  disminuyen el pH interno y, debido a que las bacterias sensibles al pH no toleran una diferencia muy grande entre el pH interno y el externo, se activa un mecanismo específico (bomba de  $H^+$ -ATPasa) que permite que el pH interno retorne a su nivel normal. Este proceso consume energía y, eventualmente, puede detener el crecimiento de la bacteria e incluso matarla. Adicionalmente, muchas enzimas esenciales para el metabolismo microbiano

se inactivan a un pH ácido (Gauthier, 2002). Por su lado, la parte aniónica (A-) del ácido queda atrapada dentro de la bacteria y esta acumulación se torna tóxica, conduciéndole a problemas osmóticos internos (Gauthier, 2002).

Los AO, como el fumárico, fórmico, cítrico y láctico han sido estudiados en dietas porcinas de destete y en aves (Blank *et al.*, 1999; Adil *et al.*, 2010). En conejos en crecimiento, los AO fumárico, láctico, tartárico y málico han mejorado la ganancia de peso y la conversión alimenticia, además de reducir la incidencia de diarreas (Castrovilli, 1991; Blank *et al.*, 1999; Scapinello *et al.*, 2001; Franco *et al.*, 2005). No existen experiencias sobre el uso de AO en cuyes, por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de los AO en la dieta sobre los parámetros productivos del cuy.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de Estudio y Animales

El trabajo se realizó de marzo a mayo de 2010 en la Estación Experimental El Mantaro del Centro de Investigaciones IVITA, localizada en el departamento de Junín, Perú, a 3320 msnm, con temperatura media anual de 10.9 °C y precipitación pluvial anual de 750 mm. Se utilizaron 80 cuyes machos mejorados de la línea Cárnica, de 14 días de edad y de 261 g de peso promedio. La línea Cárnica ha sido obtenida en el IVITA mediante selección genética (pruebas de pro-genie) para conversión alimenticia.

### Diseño Experimental

Se hizo una distribución completamente al azar de los cuyes en 20 unidades experimentales (cuatro animales por unidad). Las unidades experimentales fueron distribuidas a su vez al azar en cinco tratamientos (cuatro repeticiones por tratamiento). Los tratamientos fueron: T1: Control (dieta base), T2: APC (dieta base más 200 ppm de Zinc-

Bacitracina), T3, T4 y T5: AO (dieta base más 100, 200 o 300 ppm, respectivamente, de una mezcla de ácido acético, láctico y propiónico en iguales proporciones).

Como fuente de Zinc-Bacitracina se usó Promozinb® 10% (Laboratorios CUSA). La dosificación recomendada por el fabricante es de alrededor de 500 ppm del producto para pollos, pavos y cerdos. En este estudio se usó 200 ppm, dosis dos veces mayor a la usada (sin efecto alguno) por Bazay (2012) en cuyes. La mezcla de AO utilizada tuvo una concentración de 2% en un vehículo de silicato de aluminio y fue especialmente ordenada a la empresa Reinmark SRL. Se empleó una mezcladora para la homogeneización del antibiótico y los AO en el concentrado.

La dieta base estuvo compuesta por forraje, obtenido por corte de un plantel de Rye grass cv. Tama (*Lolium multiflorum*) más trébol rojo (*Trifolium pratense*) con una proporción de siembra 3:1; más un concentrado de afrechillo de trigo. La proporción forraje y concentrado fue aproximadamente 80:20. El Cuadro 1 muestra la composición nutricional media de la dieta base. Adicionalmente, los animales tuvieron agua a disposición en recipientes de 0.5 L. El manejo general de los animales siguió los procedimientos descritos para la crianza de reproductores en IVITA El Mantaro (Jiménez y Huamán, 2010).

### Parámetros en Evaluación

- Peso vivo inicial y ganancia de peso vivo: Los cuyes fueron pesados al destete (14 días) y cada 7 días durante 10 semanas. La ganancia de peso fue determinada mediante la diferencia entre el peso final y el peso inicial.
- Consumo de materia seca: Fue registrado semanalmente. El consumo se estimó a través de las diferencias entre el peso seco del concentrado y forraje ofrecidos y el peso seco del concentrado y forraje residuales.

Cuadro 1. Composición nutricional media de rye grass, trébol rojo y afrechillo de trigo

Parámetro	Rye grass	Trébol rojo	Afrechillo de trigo
Materia seca (%)	23.3	17.4	87.7
Proteína cruda (%)	14.4	20.7	15.1
Fibra cruda (%)	23.3	22.5	9.8
Ceniza (%)	12.8	11.0	5.0
Extracto etéreo (%)	3.2	5.3	3.5

Fuente: de Blas *et al.* (2003)

- Índice de conversión alimenticia (ICA): Se calculó semanalmente y en el acumulado, según la fórmula: Consumo de materia seca /Ganancia de peso vivo.

Para el pesado de los animales, forraje y concentrado se empleó una balanza electrónica de  $\pm 1$  g de sensibilidad.

### Análisis de Datos

El efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso vivo, consumo total de materia seca e índice de conversión alimenticia fue estimado mediante análisis de varianza correspondiente a un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Se hizo una partición del efecto global de los tratamientos en (a) respuesta lineal y cuadrática a los niveles de AO y (b) efecto de Zn-Bacitracina (T1 vs. T2). Las funciones de respuesta a los niveles de AO fueron obtenidos mediante análisis de regresión. Los niveles de AO asociados con las máximas (mínimas) respuestas se estimaron mediante  $\hat{b}_1/2\hat{b}_2$ .

Los análisis estadísticos fueron realizados con ayuda de los procedimientos PROC GLM y PROC REG del paquete estadístico SAS/STAT® 9.2 (SAS Institute Inc., 2009). En todas las pruebas estadísticas se usó un nivel de significación de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Figs. 1, 2 y 3 muestran los patrones de respuesta a los AO en ganancia de peso vivo, consumo de materia seca e ICA, respectivamente, así como la respuesta del tratamiento Zinc-Bacitracina sobre estas variables. En términos de ganancia de peso vivo (Fig. 1), el componente cuadrático de la respuesta fue significativo ( $p < 0.035$ ), lo que nos permite inferir una función de respuesta  $y = 693.3832 + 0.8996x - 0.0026x^2$ , donde  $y$  es la ganancia de peso vivo y  $x$  es el nivel de AO. La máxima ganancia de peso vivo estimada fue 771.2 g, la cual fue obtenida con 173 ppm. Por otro lado, la suplementación con Zinc-Bacitracina no tuvo efecto alguno sobre la ganancia de peso.

Los resultados indican que, bajo las condiciones de este estudio, cualquier nivel de AO por debajo de 173 ppm tiene la oportunidad de incrementar la ganancia de peso. Sin embargo, la marginalidad del nivel de significación (0.035), el escaso 10% de diferencia entre la máxima ganancia de peso y la ganancia a 0 ppm de AO y la falta de respuesta al antibiótico promotor del crecimiento, sugieren considerar a esos resultados en forma preliminar. No existen experiencias publicadas sobre la respuesta a AO en cuyes. En especies afines como conejos, Debi *et al.* (2010) mencionan respuestas en ganancia de peso a la adición de un ácido orgánico como

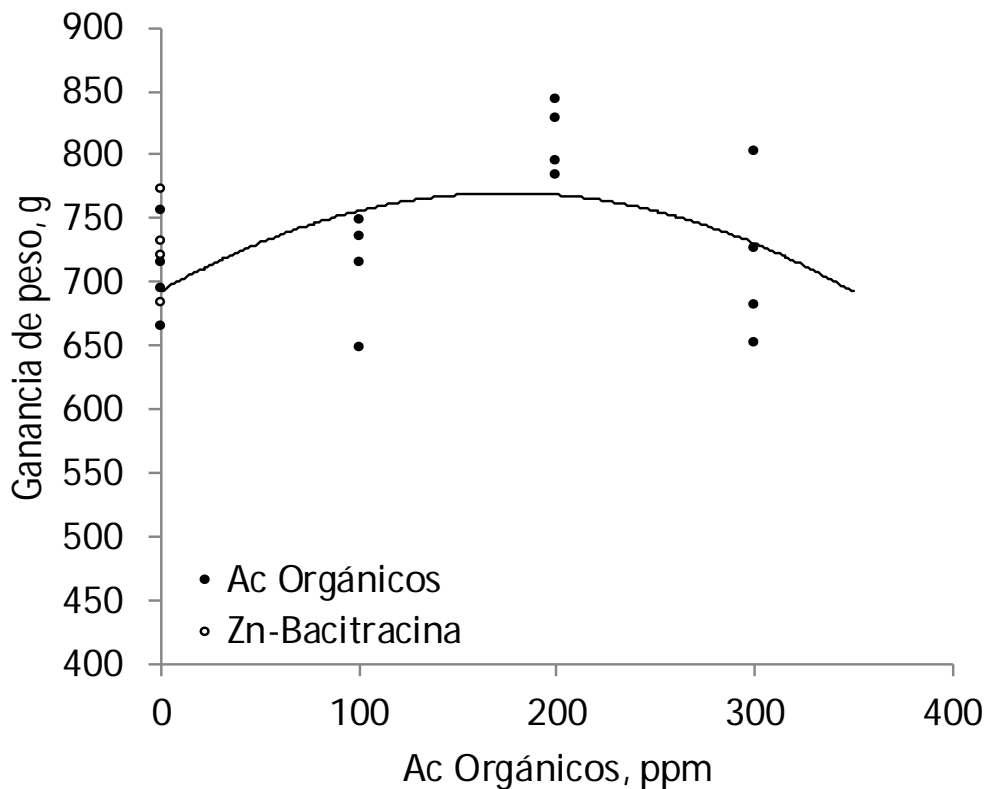


Figura 1. Respuesta en ganancia de peso de cuyes a niveles crecientes de una mezcla de ácidos orgánicos (acético, propiónico y láctico) y a Zinc-Bacitracina. El valor p corresponde al componente cuadrático de la respuesta

el cítrico; obteniéndose la máxima ganancia de peso a un nivel de suplementación de 2%. Por su lado, Cesari *et al.* (2008) encontraron que la adición de ácido fórmico y láctico a 5 g/kg incrementó la ganancia diaria de peso; sin embargo, otros autores, como Michelan *et al.* (2002) no pudieron encontrar respuestas significativas a la suplementación con AO.

En términos de consumo de materia seca, no se observó patrón de respuesta alguno a la suplementación con AO, ni tampoco una respuesta a la adición de Zinc-Bacitracina (Fig. 2). Esto indica que la influencia de los AO sobre la ganancia de peso vivo se debió más a una eficiencia en el uso

del alimento que a un incremento en el consumo. Varias hipótesis parecen soportar un efecto de este tipo: los AO inducen una disminución del pH estomacal y favorecen la activación del pepsinógeno a pepsina, incrementando la proteólisis gástrica y la digestibilidad de las proteínas. Al mismo tiempo, la disminución del pH estomacal crea el medio ácido adecuado que favorece el desarrollo de lactobacilos beneficiosos que compiten con la flora patógena (Partanen y Mroz, 1999). Además, los AO estimulan las secreciones pancreáticas y aumentan la actividad de enzimas endógenas sobre los nutrientes, favoreciendo su asimilación (Suryanarayana *et al.*, 2012).

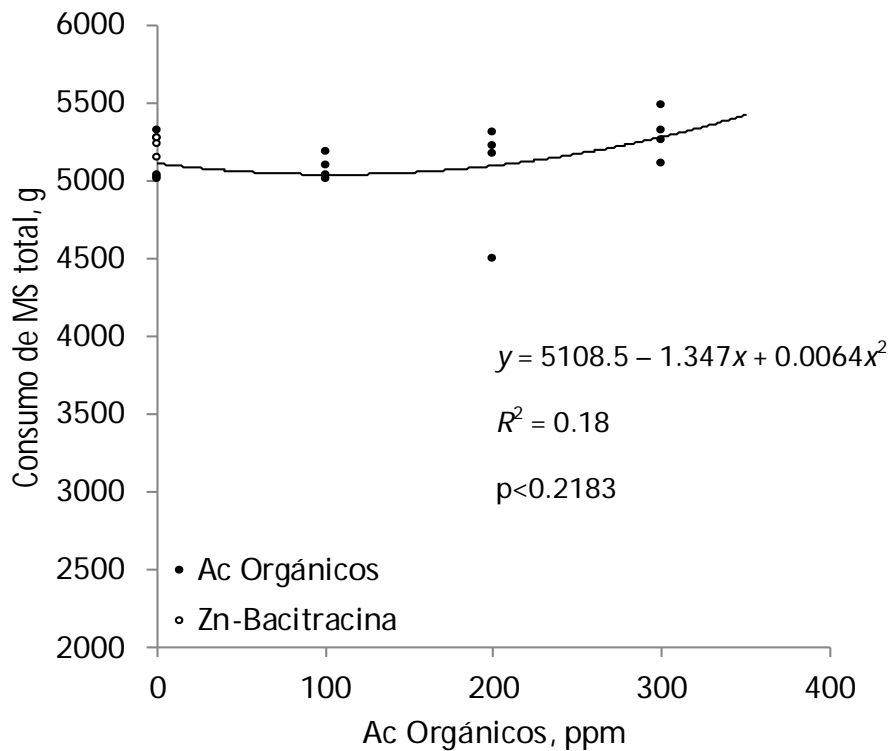


Figura 2. Respuesta en consumo de materia seca (MS) total (forraje más concentrado) de cuyes a niveles crecientes de una mezcla de ácidos orgánicos (acético, propiónico y láctico) y a Zinc-Bacitracina. El valor p corresponde al componente cuadrático de la respuesta

La ausencia de efecto de los AO sobre el consumo de alimento ha sido observada en algunos estudios. Por ejemplo, en conejos, Scapinello *et al.* (2001) no observaron incrementos en el consumo de la ración como resultado del incremento de 0 a 2% en el nivel de suplementación de ácido fumárico en la dieta. En pollos parrilleros, la suplementación con niveles de 0 a 3% de ácido butírico, láctico o fumárico no incrementó el consumo acumulativo de alimento durante 42 días (Adil *et al.*, 2010). Por el contrario, otros estudios han demostrado un efecto de los AO sobre el consumo de alimento. Así, Azza *et al.* (2008) en conejos Nueva Zelanda de cuatro semanas de edad encontraron que la mezcla de ácido cítrico, fumárico y málico redujo el consumo total de MS de 3886 a 3650 g en un lapso de nueve semanas.

La conversión alimenticia (Fig. 3) mejoró significativamente con los niveles crecientes de AO ( $p < 0.005$ ) en un patrón cuadrático, con una función de respuesta  $y = 7.3562 - 0.0100x + 0.000033x^2$  donde el nivel de 152 ppm de AO produjo la mejor conversión alimenticia (6.59). Al igual que en ganancia de peso y consumo, no se observó una respuesta significativa a Zinc-Bacitracina.

Aparentemente, la respuesta más clara a los AO en conversión alimenticia es una combinación de una respuesta significativa, aunque moderada, en ganancia de peso vivo (Fig. 1) y una reducción inicial, aunque no significativa, en el consumo (Fig. 2). Los resultados de este estudio son concurrentes con los obtenidos por Scapinello *et al.* (1999), quienes usaron incrementos de 0 a 2% de

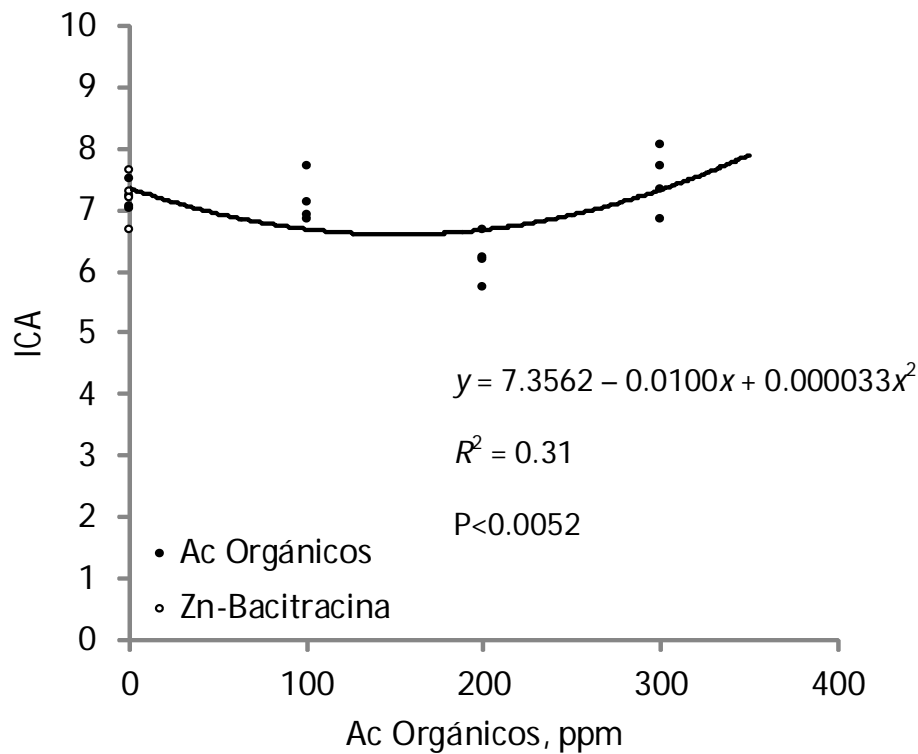


Figura 3. Respuesta en índice de conversión alimenticia (ICA) de cuyes a niveles crecientes de una mezcla de ácidos orgánicos (acético, propiónico y láctico) y a Zinc-Bacitracina. El valor p corresponde al componente cuadrático de la respuesta

ácido fumárico en la suplementación de conejos, obteniendo una mejora en la conversión alimenticia con una suplementación de 2%. Igualmente Adil *et al.* (2010), obtuvieron una mejor conversión alimenticia de pollos parrilleros a niveles de suplementación de 2 y 3% de ácidos butírico, láctico o fumárico. Sin embargo, en otros estudios como el de Ortiz-Rueda *et al.* (2012), no se encontraron diferencias en la conversión alimenticia ni en la ganancia de peso de lechones con diferentes niveles de ácido cítrico en el agua de bebida.

Bajo las condiciones de este estudio, los resultados sugieren que existe una oportunidad para mejorar el comportamiento produc-

tivo y la eficiencia alimenticia de cuyes con la suplementación de ácido acético, láctico y propiónico hasta 173 y 152 ppm, respectivamente. Sin embargo, la falta de experiencias publicadas sobre respuestas a AO en cuyes, el amplio rango de condiciones experimentales en términos de especies, tipos de ácidos, dosis y métodos de suplementación de los estudios publicados, y la naturaleza todavía hipotética del mecanismo de acción de los AO dificulta la interpretación de los resultados. Es posible que las dosis óptimas encontradas hayan sido suficientes para satisfacer mecanismos como la reducción del pH o el estímulo de enzimas digestivas y que dosis más altas sean inefectivas o incluso puedan mostrar efectos deletéreos.

Es importante notar que en este estudio los animales se mantuvieron en óptimas condiciones sanitarias y de manejo, posiblemente sin las condiciones de estrés a nivel del tracto digestivo, las cuales supuestamente los AO ayudan a corregir (la falta de respuesta a Zinc-Bacitracina confirmaría esta suposición). También es importante considerar que en el sistema de crianza bajo el cual se condujo el experimento, las crías, desde que nacen, tienen acceso al alimento de los adultos y es usual observarlas intentando consumirlo. A los 14 días, es razonable suponer que ellas puedan haber logrado un relativo acostumbamiento al forraje y concentrado. Lo anterior implicaría que las condiciones del tracto digestivo de los cuyes no fueron las más apropiadas para que los AO muestren sus efectos benéficos a plenitud. También sugeriría la necesidad de repetir la experiencia bajo mayores condiciones de estrés en el tracto digestivo.

#### LITERATURA CITADA

1. **Adil S, Banday T, Bhat GA, Mir MS, Rehman M. 2010.** Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. *Vet Med Int* 479485 doi: 10.4061/2010/479485
2. **Azza MK, Taheia AEH, Amal MH. 2008.** Influence of some organic acids supplementation on growth performance and some biochemical parameters in growing rabbits. *Egypt J Comp Path & Clinic Path* 21: 174-189.
3. **Bazay G. 2012.** Efecto de manano oligosacáridos sobre los parámetros productivos en cuyes (*Cavia porcellus*) durante la fase de engorde. Tesis de Médico Veterinario. Lima: Univ Nacional Mayor de San Marcos. 60 p.
4. **Blank R, Mosenthin R, Sauer WC, Huang S. 1999.** Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. *J Anim Sci* 77: 2974-2984.
5. **Blas de C, Mateos GG, García-Rebollar P. 2003.** Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos 2ª ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 423 p.
6. **Carro MD, Ranilla MJ. 2002.** Aditivos antibióticos promotores de crecimiento de los animales: situación actual y posibles alternativas. Sitio Argentino de Producción Animal. [Internet], [20 agosto 2011]. Disponible en: [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_promotores\\_crecimiento/00-invernada\\_promotores\\_del\\_crecimiento.htm](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/00-invernada_promotores_del_crecimiento.htm)
7. **Castrovilli C. 1991.** Acidificazione del mangine per conigli all'engrasso. *Riv di Conegl* 28(8): 31-34.
8. **Cesari V, Toschi I, Pisoni AM, Grilli G, Cesari N. 2008.** Effect of dietary acidification on growth performance and caecal characteristics in rabbits. [Internet], [05 mayo 2013]. Disponible en: <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2008-Verona/Papers/N-Cesari.pdf>
9. **Chauca L. 1995.** Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) en los países andinos. *Rev Mundial Zootec* 83(2): 9-19.
10. **Debi MR, Islam KMS, Akbar MA, Ullha B, Das SK. 2010.** Response of growing rabbits to different levels of dietary citric acid. *Bang J Anim Sci* 39: 125-133.
11. **Dinabandhu J, Lichtenstein DL, Garner C. 2009.** Salmonella control in feed: can organic acids application be an important part of the solution? In: 17<sup>th</sup> Annual ASAIM SEA Feed Technology and Nutrition Workshop. Hue, Vietnam.
12. **Franco LD, Fondevila M, Lobera, MB, Castrillo C. 2005.** Effect of combinations of organic acids in weaned pig diets on microbial species of digestive tract contents and their response on digestibility. *J Anim Physiol Anim Nutr* 89(3-6): 88-93.



13. **Gauthier R. 2002.** La salud intestinal: clave de la productividad. El caso de los ácidos orgánicos. [Internet], [30 junio 2013]. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/salud-intestinal-claveproductividad-t518/p0.htm> todo
14. **Jiménez R, Huamán A. 2010.** Manual para el manejo de reproductores híbridos especializados en producción de carne. Subproyecto Desarrollo y evaluación de reproductores para maximizar la producción de cuyes de carne. INCAGRO-FMV-UNMSM. Lima. 175 p.
15. **López A, Sánchez I, Cortés A, Ornelas M, Ávila E. 2009.** Uso de dos promotores naturales como alternativas a antibióticos promotores en el comportamiento productivo del pollo de engorda. [Internet], [01 julio 2013]. Disponible en: [http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceiepav/archivos/aneca\\_09/Aaron\\_Ernesto\\_Lopez.pdf](http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceiepav/archivos/aneca_09/Aaron_Ernesto_Lopez.pdf)
16. **Michelan AC, Scapinello C, Natali MRM, Furlan AC, Sakaguti ES, Faria HG, et al. 2002.** Utilização de probiótico, ácido orgânico e antibiótico em dietas para coelhos em crescimento: ensaio de digestibilidade, avaliação da morfometria intestinal e desempenho. *Rev Bras Zootec* 31: 2227-2237.
17. **Ordóñez R. 2003.** Plan de introducción de la carne de cuy en Lima Metropolitana: Estudio de mercado y propuesta empresarial. Tesis de Magíster. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 213 p.
18. **Ortiz-Rueda DM, Ruiz-Salazar JA, Pereira-Tupa RL. 2012.** Efecto del ácido cítrico sobre los parámetros productivos, metabólicos y coliformes totales en lechones durante las cuatro primeras semanas postdestete. *Rev Invest Pec* 1(2): 32-40.
19. **Partanen KH, Mroz Z. 1999.** Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutr Res Rev* 12: 117-145.
20. **Penz M. 1991.** Hipótesis que justifican el uso de ácidos orgánicos en las dietas para aves y cerdos. *Avicultura Prof* 9(1): 46-51.
21. **Peris S, Pérez L. 2001.** Alternativas al uso de antibióticos como promotores de crecimiento en avicultura. En: XVII Congreso Latinoamericano de Avicultura. Guatemala.
22. **SAS Institute. 2009.** SAS/STAT® 9.2 User's Guide. 2<sup>nd</sup> ed. Cary, NC: SAS Institute Inc. 7886 p.
23. **Scapinello C, Faria HG, Furlan AC. 1999.** Influencia de diferentes níveis de ácido fumárico sobre o desempenho de coelhos em crescimento. *Rev Bras Zootec* 28: 785-790.
24. **Scapinello C, Faria HG, Furlan AC, Michelan AC. 2001.** Efeito da utilização de oligossacarídeo manose e acidificantes sobre o desempenho de coelhos em crescimento. *Rev Bras Zootec* 30: 1272-1277.
25. **Suryanarayana MVAN, Suresh J, Rajasekhar MV. 2012.** Organic acids in swine feeding – A review. *Agric Sci Res J* 2: 523-533.
26. **Van Immerseel F, De Zutter L, Houf K, Pasmans F, Haesebrouck F, Ducatelle R. 2009.** Strategies to control Salmonella in the broiler production chain. *World Poultry Sci J* 65: 367-392.