

## ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

## Ácidos orgánicos (cítrico y fumárico) como alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento (Bacitracina de Zn) en dietas para pollos de engorde

### Organic acid (citric and fumaric) as alternative to antibiotics growth promoters (Bacitracine of Zn) in diets for broilers.

Alvaro H Jaramillo. Zoot. Esp.

Centro de Biotecnología Agropecuaria, Servicio Nacional de Aprendizaje, Universidad Agraria de Colombia.  
Travs. 93 22 D 35 Int 1. C. 64. Bogotá. Colombia.

alvarohugoj@yahoo.es

#### Resumen

*El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos ácidos orgánicos, cítrico y fumárico, comparado con Bacitracina de Zn en el desempeño de pollos de engorde. Se utilizaron 240 pollos machos Ross durante un periodo de 42 días, distribuidos en un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron Bacitracina de Zn (0,05%), ácido cítrico (1,5%) y ácido fumárico (1,5%). Se estudió la ganancia de peso vivo, el consumo de alimento, la conversión alimenticia, la mortalidad, el rendimiento en canal y los costos de producción. Los pollos alimentados con ácidos orgánicos consumieron menos alimento ( $P < 0,05$ ) que los del tratamiento con Bacitracina de Zn. Las ganancias de peso de los pollos fueron diferentes ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos: 44,3 vs 44,0 vs 41,9 g/día/animal para el ácido fumárico, Bacitracina de Zn y ácido cítrico, respectivamente. La conversión alimenticia de los pollos alimentados con la dieta de ácido fumárico fue estadísticamente ( $P < 0,05$ ) superior a lo encontrado con Bacitracina de Zn y ácido cítrico (1,91 vs 1,97 vs 2,04 kg/kg, respectivamente). La mortalidad y el rendimiento en canal no fueron afectados ( $P > 0,05$ ) por los tratamientos empleados. Los mejores resultados financieros fueron encontrados en la dieta con Bacitracina. El ácido fumárico (1,5%) puede reemplazar a la Bacitracina de Zn (0,05%) sin afectarse la conversión alimenticia; en contraste, la dieta que incluía el ácido cítrico (1,5%) mostró los menores rendimientos.*

*Palabras clave:* Consumo, costos de producción, conversión alimenticia, ganancias de peso, mortalidad, rendimiento en canal.

#### Abstract

*The objective of this study was to evaluate the effect of two organic acids, citric and fumaric, and Zn Bacitracin in the performance of broiler chickens. A total of 240 male Ross broiler chickens was employed 42 days, distributed according to a completely randomized design. The treatments were Zn Bacitracin (0,05%), citric acid (1,5%) and fumaric acid (1,5%). The studied variables were live weight, intake, food conversion ratio, mortality, carcass cutting yield and production costs.*

*The intake of food of chickens fed with organic acids was lower ( $P < 0.05$ ) than from Bacitracin. The weight gain of chickens was different ( $P < 0.05$ ) between treatments: 44.3 vs 44.0 vs 41.9 g/day/animal for fumaric acid, Zn Bacitracina and fumaric acid, respectively. The food conversion of the chickens feeded with fumaric acid was statistically higher ( $P < 0.05$ ) to found in Zn Bacitracina and citric acid (1.91 vs 1.97 vs 2.04 kg/kg, respectively). The mortality and carcass cutting yield were not affected ( $P > 0.05$ ) by employed treatments. The best financial results were found in Bacitracina. The fumaric acid (1.5%) can replace to Bacitracina (0.05%) with out affection of food conversion; in contrast, the diet including citric acid (1.5%) showed the worst yields.*

*Keywords:* Carcass cutting yield food conversion, intake, mortality, production costs, weight gain.

## Introducción

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta en los sistemas de producción avícola es la alimentación, en la cual se emplean diferentes aditivos, tal como antibióticos promotores de crecimiento, que tienen como objetivo mejorar los parámetros productivos. Sin embargo, estos antibióticos pueden crear cierta resistencia a algunas enfermedades en las aves y reacciones cruzadas con antibióticos utilizados en medicina humana, pudiendo crear problemas a nivel del consumidor. La tendencia de los consumidores es demandar alimentos más seguros y orgánicos. Además, los aspectos medioambientales son esenciales en los sistemas de producción animal intensivos. Por consiguiente, las industrias de alimentos para animales están buscando alternativas efectivas que sean aceptables para el consumidor y sanos para el medio ambiente (Wenk, 2000).

Los antibióticos promotores del crecimiento funcionan de diferentes maneras: 1) reduciendo el número de bacterias patógenas (tal como *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp. y *Clostridium* spp.); 2) disminuyendo el crecimiento bacteriano en general, lo cual a su vez reduce el estímulo del aparato inmunocompetente, que tendría a un efecto negativo sobre el crecimiento y la producción; y 3) reduciendo los subproductos y las toxinas microbianas que incrementan las necesidades de energía del animal. Algunos productos microbianos (como el  $\text{NH}_3$  y el ácido láctico), aumentan la división celular de los enterocitos lo cual consume energía, altera la barrera intestinal e inhibe la máxima absorción. (Gauthier, 2002).

Las primeras autorizaciones de antibióticos como aditivos promotores del crecimiento incluyeron un total de 13 sustancias (Directiva 70/524/CEE), y se incrementó hasta alcanzar la cifra máxima de 24 en diciembre de 1998. Esta lista se ha visto reducida progresivamente, y en la actualidad están prohibidos en la Unión Europea. Por esta razón, es necesario buscar alternativas para la sustitución de los antibióticos promotores del crecimiento, las cuales se vienen estudiando hace algunos años, y entre los cuales se destacan como principales opciones los probióticos, prebióticos, ácidos orgánicos, enzimas y extractos vegetales (Vall y García, 2008). Dentro de este grupo se ha impuesto el uso de ácidos orgánicos (fórmico, láctico, acético, propiónico, cítrico, málico y fumárico) y de sus sales, frente a los ácidos inorgánicos, debido a su mayor poder acidificante. Los ácidos orgánicos aparecen en la lista de aditivos autorizados por la Unión Europea, dentro del grupo de los “conservantes”, y se permite su uso en todas las especies animales.

Los ácidos orgánicos son un grupo de sustancias que generalmente no se disuelven en agua, sino en cloroformo, éter o benceno; tienen un sabor agrio, colorean de rojo el

tornasol y reaccionan con ciertos metales desprendiendo hidrógeno; se producen industrialmente mediante procesos microbianos y químicos. Los ácidos orgánicos más utilizados como conservantes son el fórmico (fuerte bactericida) y el propiónico (potente antifúngico) y como acidificantes el cítrico y el fumárico. Otros ácidos de uso creciente son el acético, láctico, sórbico, málico y sus combinaciones. Todos ellos combinan las propiedades conservantes y acidificantes. Los ácidos orgánicos industriales como el fórmico, acético, propiónico, butírico, láctico, málico y tartárico vienen en forma líquida, mientras que el fumárico y cítrico en forma sólida (Blas, et al., 2003)

Los ácidos orgánicos tienen ciertas ventajas frente a otras sustancias acidificantes, tal como la no inactivación en presencia del cloro y el mejoramiento del proceso digestivo en el estómago, de tal forma que disminuye el tiempo de retención del alimento y aumenta la ingestión, a la vez que se previenen los procesos diarreicos. Adicionalmente, los ácidos orgánicos pueden ser absorbidos por el animal, lo cual representa una fuente extra de nutrientes. Los ácidos orgánicos también pueden inhibir el crecimiento de determinados microorganismos digestivos patógenos, ya que reducen el pH del tracto digestivo, tienen actividad bactericida y bacteriostática, son estables a variaciones del pH, la luz y altas temperaturas, y son activos en presencia de materia orgánica.

Durante más de 20 años, los porcicultores han usado ácidos orgánicos e inorgánicos para mejorar el rendimiento de los lechones al destete, como promotores del crecimiento y para prevenir la diarrea (Partanen, 1999). Sin embargo, son muy pocos los estudios en aves, y los realizados encuentran obtienen resultados contradictorios (Calvo, 2002). El principio básico clave del modo de acción de los ácidos orgánicos sobre las bacterias en las aves es que éstos en su forma no disociada (no ionizados y más lipofílicos) pueden penetrar a través de la pared celular bacteriana y alterar adversamente la fisiología normal de ciertos tipos de bacterias (Gauthier, 2002). La porción aniónica (carga negativa) del ácido permanece atrapada en la bacteria porque es capaz de difundirse libremente a través de la pared celular en su forma no disociada. La acumulación de estos aniones se hace tóxica para la bacteria y es capaz de inhibir sus reacciones metabólicas, reduciendo su capacidad de síntesis y finalmente causando la destrucción de sus membranas internas (Contreras, 2009).

En diferentes investigaciones se han empleado ácidos orgánicos en concentraciones entre 0,2 y 5%, recomendándose niveles del 1 al 2,5% cuando se utilizan en forma de ácido cítrico y fumárico. La recomendación del nivel de inclusión guarda una relación inversa con el peso molecular de los distintos ácidos (Blas, et al., 2003).

Los ácidos orgánicos se han utilizado solos, mezclados y combinados con otros aditivos como enzimas, prebióticos, prebióticos, extractos vegetales y aceites esenciales. Estos aditivos pueden potencializar su acción.

Investigaciones realizadas por Waldroup (1988), han mostrado mejoras en la conversión en pollos con la adición de ácido fumárico a la dieta. Aunque los efectos sobre la ganancia de peso no han sido coherentes, varios estudios han mostrado también mejoras en esta variable. Resultados de investigación sugieren que el ácido fumárico puede ser valioso como un aditivo para alimentación de pollos de engorde, para reducir o eliminar la utilización de antibióticos promotores de crecimiento. Este mismo autor reporta mejoras en la conversión alimenticia de pollos de engorde con la utilización de 0,5% de ácido fumárico en la dieta en comparación con la utilización de Bacitracina y Virginiamicina (1,723 y 1,745 kg/kg alimento, respectivamente).

En otro trabajo de investigación donde se comparó una mezcla de ácidos orgánicos (Ácido cítrico, fumarico, láctico y fórmico) + Bacitracina de Zn 0,1 gr/kg comparado con tratamientos donde se utilizaban estos dos ingredientes por separado, obtuvieron que el mejor comportamiento en ganancia de peso y conversión fue para el tratamiento que se utilizó los ácidos orgánicos y el antibiótico en la misma dieta comparado a su uso por separado y obtuvieron una disminución en el crecimiento de enterobacterias a nivel de ileon. Este experimento también concluyó que la conversión alimenticia no se afectaba cuando se utilizaban la mezcla de estos ácidos orgánicos en comparación con la bacitracina de Zn (Kahraman, 1999).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo de pollos de engorde Ross sometidos a dos ácidos orgánicos (cítrico y fumárico) con un antibiótico promotor de crecimiento (Bacitracina de Zn) en dietas de iniciación y finalización. Las concentraciones utilizadas en la ración fueron del 1,5% para el ácido cítrico y fumárico, y del 0,05% para la Bacitracina de Zn.

## Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en la granja del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), finca San Pedro, del Centro de Biotecnología Agropecuaria ubicado en el Municipio de Mosquera (Cundinamarca, Colombia), situado a 7 km vía Bogotá – Mosquera y una altitud de 2600 msnm. El sitio presenta una temperatura media anual de 12° C, con una precipitación media de 1010 mm/año, y una humedad relativa media anual de 70%.

Se utilizaron 240 pollitos de la línea Ross de un día de edad, los cuales fueron pesados y distribuidos al azar en doce grupos que representan cada replica. Se utilizó un

diseño completamente al azar conformado por tres tratamientos y cuatro replicas. Los tratamientos evaluados fueron: 1) adición de Bacitracina de Zn al 15% como promotor de crecimiento a un 0,05% del total de la dieta (testigo, T1); 2) uso de 1,5% de ácido cítrico industrial en la dieta (T2); y 3) uso de 1,5% de ácido fumárico industrial en la dieta (T3).

La densidad de cría fue de 50 y 10 pollos/m<sup>2</sup> durante las primeras tres semanas y de la cuarta semana hasta finalizar el experimento, respectivamente. Los pollos fueron sometidos a ensayo durante 42 días, registrando su peso y consumo semanalmente. Al finalizar el estudio, los animales fueron sacrificados para determinar su rendimiento en canal. Se utilizó un diseño completamente al azar, aplicando un Análisis de Varianza, conformado por tres tratamientos y cuatro replicas cada una conformada de 20 pollos, para un total de 80 pollos por tratamiento y 240 pollos machos para los tres tratamientos. Los pollos de la línea Ross fueron asignados aleatoriamente a los diferentes tratamientos una vez llegaron de la incubadora (de un día de edad) y pesados el mismo día. El tiempo experimental fue de 42 días registrándose el peso y consumo semanalmente; posteriormente fueron sacrificados para determinar el rendimiento en canal. Para la determinación de las diferencias entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey y para el análisis estadístico se utilizó el programa G-Stat.

Las variables evaluadas fueron el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, tasa de mortalidad, rendimiento en canal y costos de producción.

Se prepararon dos dietas experimentales, una para iniciación y otra para finalización o engorde (Tabla 1 y 3). Las dietas fueron balanceadas mediante el software Wuffda (2002) para avicultura, las cuales fueron isoenergéticas e isoprotéicas (Tablas 2 y 4). El suministro del alimento se realizó empleando una tabla de consumo controlada para pollos de engorde de clima frío (Solla, 2004), y se pesaba diariamente el sobrante para determinar los consumos reales.

La mortalidad fue evaluada diariamente realizando las respectivas necropsias. El sacrificio se realizó al final de la sexta semana, en la misma granja de forma manual tanto para el pelado, sangría y evisceración. Se sometieron a una cuarentena de 12 horas con agua a voluntad antes del sacrificio en el que se suspendió el alimento, se sacrificaron los animales tomando su peso en pie y en canal y calculando el rendimiento para cada pollo.

Los costos/kg de cada dieta fueron calculados a partir del precio en dólares de cada ingrediente y teniendo en cuenta los porcentajes de inclusión de acuerdo al balance de la ración. A partir de este valor se determinó el costo de alimento/ave con los consumos promedio obtenidos/ave en cada tratamiento. El precio /ave en pie, se calculó a partir del valor/kg/pollo multiplicado

Tabla 1. Composición de las dietas de iniciación (día 1 a 21) en dietas en pollos de engorde con uso de ácidos orgánicos y promotores de crecimiento.

Ingrediente	%		
	T1 (Bacitracina de Zn)	T2 (Ácido cítrico)	T3 (Ácido fumárico)
Harina de maíz (8,8%)	60,00	57,21	57,21
Torta de soya (48%)	30,15	30,15	30,15
Harina de pescado (60,5%)	3,00	3,42	3,42
Aceite vegetal (%)	2,00	2,92	2,92
Sal común (%)	0,30	0,30	0,30
Fosfato bicálcico (%)	2,00	2,00	2,00
Carbonato de calcio (%)	1,00	1,00	1,00
Premezcla vitaminas y minerales (%)	1,00	1,00	1,00
DL-metionina (%)	0,50	0,50	0,50
APC (Bacitracina de zinc) (%)	0,05	----	----
Ácido cítrico (%)	----	1,50	----
Ácido fumárico (%)	----	----	1,50
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tabla 2. Análisis calculado de la dieta de iniciación (día 1 a 21) en pollos de engorde con uso de ácidos orgánicos y promotores de crecimiento.

Nutrientes	T1	T2	T3
	(Bacitracina de Zn)	(Ácido cítrico)	(Ácido fumárico)
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3,01	3,01	3,01
Proteína Cruda (%)	22,01	22,01	22,01
Extracto etéreo (%)	4,86	5,72	5,72
Fibra cruda (%)	2,52	2,46	2,46
Calcio (%)	1,27	1,29	1,29
Fósforo total (%)	0,80	0,81	0,81
Fósforo disponible (%)	0,58	0,59	0,59
Lisina (%)	1,19	1,21	1,21
Metionina (%)	0,85	0,86	0,86
Metionina + cistina (%)	1,20	1,20	1,20
Treonina (%)	0,81	0,82	0,82
<b>Triptófano (%)</b>	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>

Tabla 3. Composición de las dietas de finalización (día 21 a 42) en pollos de engorde con uso de ácidos orgánicos y promotores de crecimiento.

Ingrediente	%		
	T1 (Bacitracina de Zn)	T2 (Ácido cítrico)	T3 (Ácido fumárico)
Harina de maíz (8,8%)	65,62	62,58	62,58
Torta de soya (48%)	22,93	22,65	22,65
Harina de pescado (60,5%)	3,00	3,67	3,67
Aceite vegetal (%)	3,60	4,80	4,80
Sal común (%)	0,30	0,30	0,30
Fosfato bicálcico (%)	2,00	2,00	2,00
Carbonato de calcio (%)	1,00	1,00	1,00
Premezcla vitaminas y minerales (%)	1,00	1,00	1,00
DL metionina(%)	0,50	0,50	0,50
APC (Bacitracina de zinc %)	0,05	----	----
Ácido cítrico (%)	----	1,50	----
Ácido fumárico (%)	----	----	1,50
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**Tabla 4. Análisis calculado de la dieta de finalización (21 a 42 días) en pollos de engorde con uso de ácidos orgánicos y promotores de crecimiento.**

Nutrientes	T1 (Bacitracina de Zn)	T2 (Ácido cítrico)	T3 (Ácido fumárico)
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3,16	3,16	3,16
Proteína (%)	19,00	19,00	19,00
Extracto etéreo (%)	6,66	7,75	7,75
Fibra cruda (%)	2,36	2,29	2,29
Calcio (%)	1,25	1,28	1,28
Fosforo total (%)	0,77	0,78	0,78
Fosforo disponible (%)	0,57	0,58	0,58
Lisina (%)	0,99	1,01	1,01
Metionina (%)	0,82	0,82	0,82
Metionina + cistina (%)	1,12	1,12	1,12
Treonina (%)	0,69	0,70	0,70
<b>Triptófano (%)</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>	<b>0,23</b>

por el peso final promedio /pollo/tratamiento (US \$ 1,04 /kg en pie correspondientes a \$ 2400 pesos colombianos, año 2008). Se determinó la rentabilidad en dólares a partir de la diferencia de estos dos valores (costos del alimento/pollo v.s precio de venta/pollo) para finalmente determinarlos en porcentaje.

## Resultados

Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el consumo de alimento en las tres dietas: 3652, 3563 y 3559 g/pollo durante todo el período experimental para Bacitracina de Zn, ácido cítrico y ácido fumárico, respectivamente (Figura 1). Los consumos en los

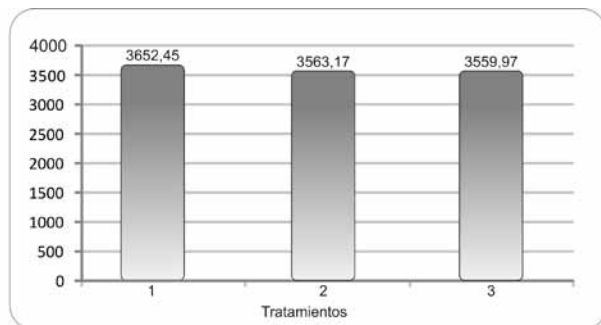


Figura 1. Consumo acumulado de alimento /ave / tratamiento .

tratamientos que tenían los ácidos orgánicos fueron de 2% menores que lo encontrado en Bacitracina de Zn, hasta la sexta semana. Estos consumos fueron menores para las tres primeras semanas en los tratamientos con los ácidos orgánicos y similares en las últimas semanas de edad (Figura 2).

Los pesos finales promedio por tratamiento fueron de 1850, 1761 y 1859 g/animal en los T1, T2 y T3, respectivamente (Figura 3), que corresponden a ganancias de peso promedio de 44, 42 y 44 g/animal/día. Las mejores ganancias de peso fueron para el ácido fumárico y Bacitracina de Zn (Figura 4). En la última semana, las ganancias de peso fueron superiores especialmente en T3, ya que en el T2 disminuyeron a partir de la segunda

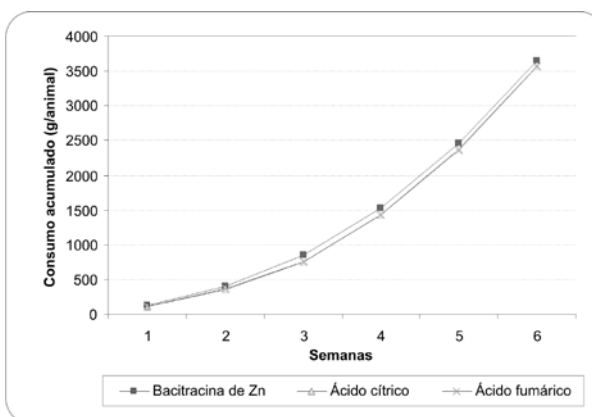


Figura 2. Gráfica Consumo promedio / ave / tratamiento

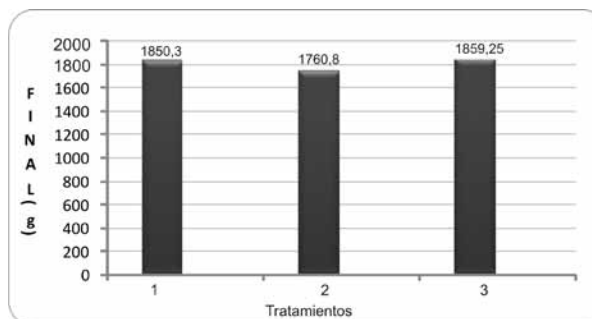


Figura 3. Peso promedio final / tratamiento

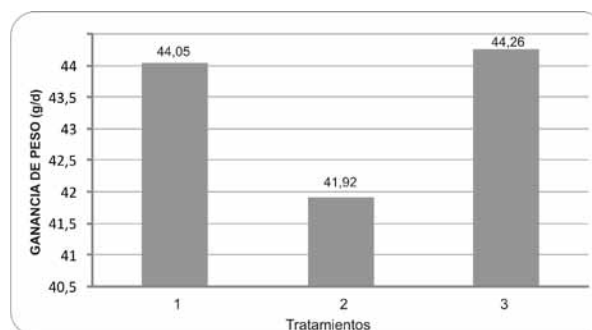


Figura 4. Ganancia de peso promedio / ave / tratamiento

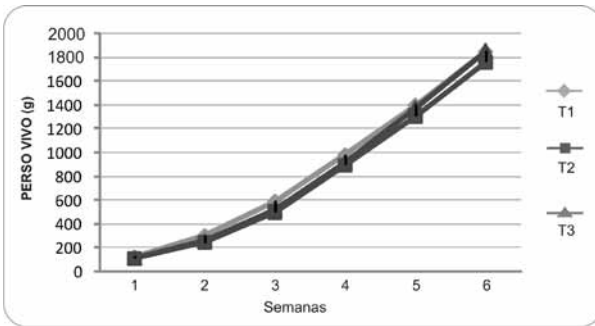


Figura 5. Curva de crecimiento /ave/ tratamiento

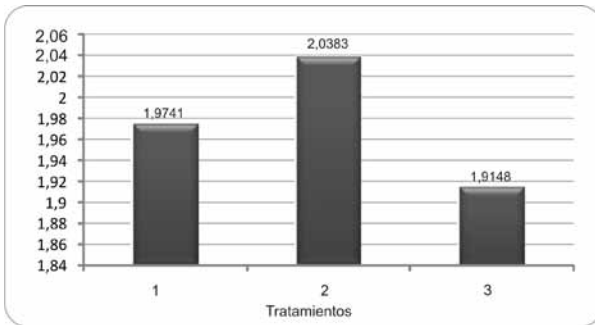


Figura 6. Conversión alimenticia promedio /ave/ tratamiento

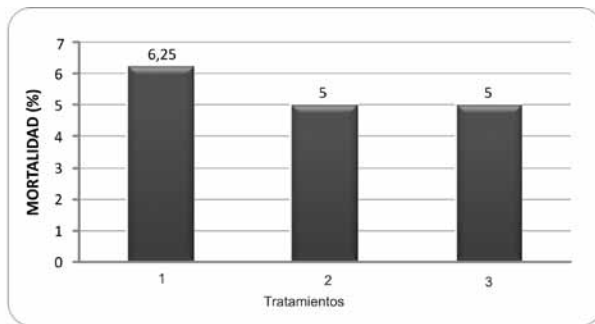


Figura 7. Mortalidad promedio acumulada /ave/ tratamiento

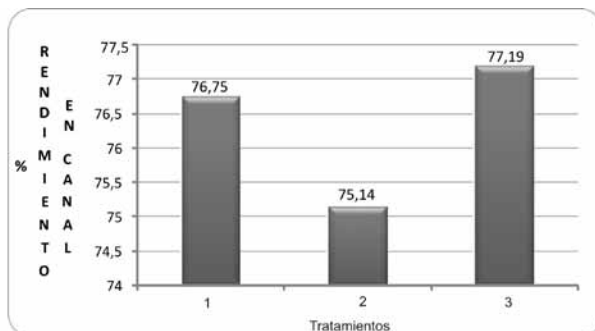


Figura 8. Rendimiento en canal promedio / ave/ tratamiento

semana en comparación con los otros dos tratamientos (Figura 5).

La mayor conversión alimenticia se encontró en T3, seguido del T1 y, por último, T2 (1,91 vs 1,97 vs 2,04/kg, respectivamente) (Figura 6). Estas conversiones

corresponden a eficiencias alimenticias promedio de 49,4; 50,7 y 52,2% para los tratamientos T2, T1, y T3, respectivamente. Esto indica una mejor eficiencia para el T3 con la utilización del ácido fumárico.

La mayor mortalidad se encontró en T1 (Bacitracina de Zn) con 6,3% en comparación a un 5,0% registrado en los ácidos orgánicos (Figura 6); sin embargo, estas diferencias no fueron significativas ( $P > 0,05$ ). Las mortalidades identificadas en la necropsia fueron por edema aviar para los tratamientos con los ácidos y una por coccidiosis para el tratamiento con antibiótico.

Al igual que en la mortalidad, el rendimiento en canal no presentó diferencias estadísticas ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos. Se encontraron rendimientos en canal del 75,1; 76,7 y 77,2% para T2, T1 y T3, respectivamente (Figura 8). Se presentaron unas diferencias leves en los costos de producción de las dietas, siendo la dieta T1 la menos costosa, con un valor de US \$ 497/t; (Tabla 5). Las rentabilidades fueron de 7,5%, 0,7% y 6,2% respectivamente para los tratamientos 1, 2 y 3 (Tabla 6).

### Discusión

Los consumos fueron menores en los tratamientos con ácidos orgánicos, estos niveles del 1,5% fueron suficientes para deprimir el consumo en las tres primeras semanas en comparación con el tratamiento que tenía antibiótico. Sin embargo, después de las primeras tres semanas, las aves se acostumbraron a los consumos y éstos fueron semejantes, teniendo en cuenta que se utilizaba una tabla de consumo controlada. Estos resultados concuerdan con la literatura, ya que se ha demostrado que la adición de ácidos orgánicos (fumárico y cítrico) a niveles superiores del 1% pueden deprimir el consumo de alimento (Blass et al., 2002). Estos niveles parecen afectar la palatabilidad de la dieta.

Los resultados en ganancias de peso concuerdan con Waldroup (1998), quien encontró mayores ganancias de peso con ácido fumárico en comparación al antibiótico (68,5 y 67,7 g/animal/día, respectivamente). La menor ganancia de peso correspondió para el ácido cítrico, lo cual contrasta con lo encontrado por Biggs y Parsons (2008), quienes no encontraron diferencias estadísticas en la ganancia de peso de pollos de 21 días cuando utilizaron ácido cítrico, fumárico y málico.

El tratamiento con ácido cítrico obtuvo las menores ganancias de peso, y su comportamiento fue inferior al ácido fumárico, lo cual pudo ser debido a que estos ácidos tienen una masa molecular diferente (192,13 y 116,1 g/mol para el ácido cítrico y fumárico, respectivamente) (Foegeding y Busta, 1991) lo cual hace que su grado de disociación en el intestino cambie y, consecuentemente, su acidificación (Blass et al., 2003). También las concentraciones mínimas inhibitorias con respecto a determinadas bacterias difieren en estos

**Tabla 5. Costos por ingrediente y tratamiento (dietas de iniciación y finalización) en pollos de engorde con uso de ácidos orgánicos y promotores de crecimiento.**

	Dieta de Iniciación			Dieta de Finalización		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
	*U\$					
Harina de maíz	198,26	189,03	189,03	216,83	206,78	206,78
Torta de soya	150,74	150,74	150,74	114,64	113,24	113,24
Harina de pescado	31,30	35,68	35,68	31,30	38,29	38,29
Aceite vegetal	10,00	14,60	14,60	18,00	24,00	24,00
Sal común	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Fosfato bicálcico.	13,47	13,47	13,47	13,47	13,47	13,47
Carbonato de calcio	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Premezcla de vitaminas y minerales	65,21	65,21	65,21	65,21	65,21	65,21
DL-metionina	25,00	24,78	24,78	25,00	25,00	25,00
Bacitracina de zinc	1,63			1,63		
Acido cítrico		21,19			21,19	
Acido fumárico			22,50			22,50
<b>TOTAL (U\$/t)</b>	<b>496,7</b>	<b>515,8</b>	<b>517,1</b>	<b>487,1</b>	<b>508,2</b>	<b>509,5</b>

\*1U\$ = \$2.300 Colombianos, 2008.

**Tabla 6. Costos y rentabilidad por tratamiento (\$ US) en pollos de engorde con el uso de ácidos orgánicos y promotores de crecimiento.**

	T1	T2	T3
	(Bacitracina de Zn)	(Ácido cítrico)	(Ácido fumárico)
Costo total (promedio iniciación y finalización; *U\$/kg)	0,491	0,512	0,513
Costo total de la dieta (U\$/ave)	1,80	1,82	1,83
Venta del pollo en pie (U\$/ave)	1,93	1,84	1,94
Rentabilidad (U\$/animal)	0,13	0,01	0,11
Rentabilidad (%)	7,5	0,7	6,2

\*1U\$ = \$2.300 Colombianos, 2008.

ácidos (Lambert y Stratford, 1999). El otro aspecto de tener en cuenta con los ácidos orgánicos es su aporte energía que pudieron incidir en las ganancias de peso comparado con el antibiótico promotor de crecimiento, teniendo en cuenta que el ácido fumárico aporta mayor energía que el cítrico (Blass, 2002).

El mecanismo por el cual el ácido fumárico mejora el rendimiento en los pollos de engorde todavía no se ha determinado. Varios autores han sugerido alteraciones en el pH intestinal, la activación de las enzimas de la proteasa y/o modificación de la microflora intestinal como posibles modos de acción (Waldroup, 1998). El ácido cítrico se utilizó en mezcla con otros ácidos y se comparó con Bacitracina, en la cual se obtuvieron ganancias de peso estadísticamente inferiores en pollos de engorde con la mezcla de éstos ácidos orgánicos (cítrico, fumárico, láctico y fórmico) en comparación con Bacitracina de Zn (Kahraman, 1999). El ácido cítrico utilizado al 3%, comparado con el málico al 2% y fumárico al 4,5% no mostraron diferencias en el crecimiento y digestibilidad de nutrientes (Bigg y Parsons, 2008).

El impacto de las dietas en la conversión alimenticia presentó el mismo comportamiento que lo encontrado por Waldroup (1998), quien reportó conversiones de 1,72 kg alimento/kg de peso para el tratamiento con 0,5% de ácido fumárico comparado a 1,75 kg alimento/kg de peso

usando el promotor de crecimiento Bacitracina de Zn y Virginiamicina. Kahraman (1999) encontró el mejor comportamiento en ganancia de peso y conversión en el tratamiento que se utilizó los ácidos orgánicos y el antibiótico (Bacitracina de Zn) en la misma dieta comparado a cuando se utilizaban aparte y obtuvieron una disminución en el crecimiento de enterobacterias a nivel de ileon. Este experimento concluyó que la utilización de la mezcla de estos ácidos orgánicos en comparación con la Bacitracina de Zn no era efectiva en la conversión alimenticia de pollos.

Mroz y Kwakernaak (1999) no encontraron diferencias significativas en la conversión alimenticia de pollos Cockerel de 0 a 42 días entre el uso del antibiótico Avilamicina 10 ppm y una mezcla de ácidos orgánicos a razón de 6 g/kg de ración (1,59 y 1,65 kg/kg de peso, respectivamente). Similarmente, Langhout (2000), no encontró efecto en la conversión alimenticia en pollos de engorde de 6 a 28 días de edad, comparando flavomicina 10 ppm y proacid (mezcla de ácidos orgánicos; 1,61 y 1,64 kg/kg, respectivamente). Los resultados de este estudio contrastan con los anteriores autores, ya que la conversión alimenticia obtenida con el ácido fumárico fue estadísticamente mejor en comparación con la Bacitracina de Zn y con el ácido cítrico.



No se encontraron diferencias significativas en la mortalidad de pollos (Figura 7); sin embargo, los tratamientos con ácidos orgánicos fueron levemente mejores (1,25% menos). Estas diferencias en mortalidad deberían estudiarse teniendo en cuenta el crecimiento de determinado tipo de bacterias a nivel intestinal y evaluando el pH en diferentes tramos del intestino. Waldroup (1998) no encontró diferencias significativas en la mortalidad al emplear Bacitracina de Zn y virginiamicina, en comparación con ácido fumárico al 0,5% (3,6 vs 5,8%, respectivamente) en pollos de engorde a los 42 días.

Los rendimientos en canal no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, a pesar de haber diferencias significativas en la ganancia de peso. La adición de los ácidos orgánicos en comparación con el antibiótico a la concentración utilizada no afectó los rendimientos en canal.

Las rentabilidades obtenidas por el T1 fueron superiores a los T2 y T3, ya que las concentraciones del antibiótico fueron mucho menores comparadas con los ácidos orgánicos, a pesar que el precio del antibiótico es superior al de los ácidos orgánicos. La rentabilidad con ácido cítrico fue bastante menor comparado con el ácido fumárico y bacitracina (0,7 vs 6,2 y 7,5%, respectivamente) debido a los peores rendimientos productivos. A pesar de que el ácido fumárico obtuvo la mejor producción, éstos no fueron lo suficiente para que la dieta resultara más económica que el antibiótico.

## Conclusiones y recomendaciones

Las mejores respuestas se alcanzaron con el ácido fumárico, seguido de la Bacitracina de Zn y el ácido cítrico, lo que indica que éste puede sustituir en este nivel (1,5%) con respecto a la Bacitracina de Zn (0,05%). Sin embargo, la mayor rentabilidad se obtuvo con la Bacitracina de Zn.

Las diferentes respuestas de estos dos ácidos orgánicos evaluados en este experimento fueron posiblemente a factores asociados a su peso molecular, poder acidificante, valor energético y otras, que asociadas resultaron en los parámetros obtenidos en esta investigación.

Se recomienda evaluar el comportamiento de los ácidos orgánicos, midiendo variables como el pH intestinal, tipo de bacterias que se pueden afectar, cambios histológicos en el intestino, efectos a nivel óseo, interacción con las enzimas producidas por las aves. Esto con el fin de determinar el efecto real de estos ácidos a nivel metabólico ya que se encuentran resultados contradictorios. Asimismo, es necesario seguir investigando con el fin de estimar los mejores efectos de los ácidos orgánicos ya sea para uso puros o en mezclas y la interacción de éstos cuando se utilizan con probióticos, prebióticos,

aceites esenciales y extractos vegetales, los cuales han mostrado mejor efectividad en algunos experimentos.

## Referencias bibliográficas

- Anderson DB, McCracken RI, Aminov RI, Simpson JM, Mackie RI, Verstegen MWA, Gaskins HR. Gut microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. *Pig News & Information* 1999, Vol. 20, No. 4, 115N-122N.
- Bigg P, Parsons CM. The effects of several organic acids on growth performance, nutrient digestibilities, and cecal microbial populations in young chicks. *Poultry Science*, 2008 (7: 2581-2589).
- Blas C, Mateos GG, Rebollar PG. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos, Madrid. España. 423 pp. 2002.
- Calvo MA. Aspectos de la capacidad antibacteriana de extractos vegetales y ácidos orgánicos. *Anales de la Real Academia de Doctores*. ISSN 1138-2414. 2003.
- Contreras M. Métodos de prevención y control de la Salmonelosis. *Industria Avícola*, 02-2009
- Foegeding PM, Busta FF. Chemical food preservatives: Disinfection, sterilization and preservation. (S.S Block editor) Lea & Febiger, Philadelphia, PA. 1991
- Gauthier R. La salud intestinal: El caso de los ácidos orgánicos. *Jefo Nutrition Inc*. Canada, 2002
- Kahraman N. Effects of Dietary Supplementation with Organic Acids and Zinc Bacitracin on Ileal Microflora, pH and Performance in Broilers. University of Istanbul, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, 34851 Avclar, Istanbul-TURKEY. 1999.
- Lambert RJ, Stratford M. Weak acid preservatives: modeling microbial inhibition and response. *Journal of Applied Microbiology*, Vol. 86, 157-164. 1999.
- Langhout P. New additives for broiler chickens. *FEED MIX Special: Alternatives to antibiotics*. 2000. pp 24-27
- Mroz Z, Kwakernaak C. Institute for Animal Science and Health. Department of animal nutrition, Lelystad. Países Bajos, 1999.
- Partanen KH, Mroz Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nut Res Rev* (1999), 12, 117-145.
- Solla, Producción pollo de engorde. Cartilla, Colombia. 2004.
- Thomson, Formulación de Raciones, WUFFDA, New England, 2002.
- Vall JL. Prohibición del uso de antibióticos en la avicultura. Primer congreso nacional de especialistas en avicultura. Cartagena. Colombia. 2008
- Waldroup PW. Organic acid can replace growth-promoting antibiotics in broiler diets. *Poultry Science*. Feed Management, 1998.
- Waldroup PW. and Patten. Use of organic acids in broiler diets. *Anim Sci*. 1988, 67(8).
- Wenk C. Feed Additive options. *Pig progress*. 2000. 18:24.