

**EFFECTO DEL ACIDO CÍTRICO SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS,  
METABÓLICOS Y COLIFORMES TOTALES EN LECHONES DURANTE LAS  
CUATRO PRIMERAS SEMANAS POSTDESTETE**

**DIANA M. ORTIZ RUEDA  
JENIFFER A. RUIZ SALAZAR**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
SAN JUAN DE PASTO  
2011**

**EFFECTO DEL ACIDO CÍTRICO SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS,  
METABÓLICOS Y COLIFORMES TOTALES EN LECHONES DURANTE LAS  
CUATRO PRIMERAS SEMANAS POSTDESTETE**

**DIANA M. ORTIZ RUEDA  
JENIFFER A. RUIZ SALAZAR**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Zootecnista**

**Asesora:  
Rosa L. Pereira Tupaz**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
SAN JUAN DE PASTO  
2011**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1<sup>o</sup> del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente de tesis

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

# EFFECTO DEL ACIDO CÍTRICO SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS, METABÓLICOS Y COLIFORMES TOTALES EN LECHONES DURANTE LAS CUATRO PRIMERAS SEMANAS POSTDESTETE

## EFFECT OF CITRIC ACID ON PRODUCTION PARAMETERS, METABOLIC AND COLIFORM PIGLETS DURING THE FIRST FOUR WEEKS AFTER WEANING

*Diana M. Ortiz Rueda*<sup>1</sup>  
*Jeniffer A. Ruiz Salazar*<sup>1</sup>  
*Rosa L. Pereira Tupaz*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de Zootecnia, Universidad de Nariño, Departamento producción y procesamiento animal, Facultad de ciencias pecuarias.

<sup>2</sup> Zootecnista, Esp. CMg. Docente Universidad de Nariño.

Programa de Zootecnia. Departamento de producción y procesamiento Animal. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño, A.A. 1175, Pasto, Colombia.

[naniortiz\\_88@hotmail.com](mailto:naniortiz_88@hotmail.com)

### RESUMEN

La acidificación en la alimentación de lechones destetos tiene como propósito disminuir el pH del tracto gastrointestinal para mejorar la digestibilidad y crear una barrera contra la entrada de bacterias patógenas, con el fin de mejorar la tasa de crecimiento. El uso de ácidos orgánicos en las primeras semanas de vida presenta una mejor respuesta, debido a su mayor poder acidificante. En el presente estudio se evaluó el efecto de la utilización de ácido cítrico en la alimentación de cerdos destetos a los 21 días de edad, provenientes de los cruces de las razas Largwhite x Duroc x Pietrain, los cuales fueron seleccionados con un peso entre 5.5 y 6.5 Kg sobre los parámetros productivos, coliformes totales, *Escherichia coli*, bacterias ácido lácticas y perfil metabólico. Los niveles de adición utilizados en el agua de bebida fueron 0, 1, 2 y 3%. Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento PROC GLM de SAS (2001) con un nivel de significancia estadística del 5%. Para las variables ganancia diaria de peso (GPD) y conversión alimenticia (CA) no se encontró diferencias significativas entre tratamientos, en cuanto al consumo de alimento se encontró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre el T3 cuyo consumo fue de 518.55 g/animal/día, mientras que para el T0 fue de 635.14 g/animal/día. El recuento de unidades formadoras de colonia (UFC) de las bacterias ácido lácticas presentó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), donde T0 (12.66 Log UFC/g) y T1, (12.98 Log UFC/g) fueron diferentes a T2 (13.31 Log UFC/g) y T3 (13.49 Log UFC/g), para el recuento de log UFC de coliformes totales presentó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), donde T0 y T1 fueron diferentes del T3 (11.11, 10.98, 9.73 Log UFC/g), al igual que los recuentos de *E. coli*. cuyas medias para T0, T1 y T3 fueron 10.70, 10.36, 9.13 log UFC/g, respectivamente. No hubo efecto para la glucosa, colesterol y triglicéridos.

**Palabras clave:** bacterias ácido lácticas, consumo, conversión alimenticia, ganancia.

## ABSTRACT

Acidification in the feeding of weaned piglets is intended to lower the pH of the gastrointestinal tract to improve the digestibility and creating a barrier against the entry of pathogenic bacteria, in order to improve the rate of growth. The use of organic acids in the first weeks of life presents a better response because of its greater acidifying power. This study evaluated the effect of the use of citric acid in the diet of pigs weaned at 21 days old, from the crossings of the races Duroc x Pietrain x Largwhite, which were selected with a weight between 5.5 and 6.5 Kg on productive parameters, total coliforms, *Escherichia coli*, lactic acid bacteria and metabolic profile. The addition levels used in drinking water were 0, 1, 2 and 3%. Statistical analysis was used PROC GLM procedure of SAS (2001) with a statistical significance level of 5%. For the variables average daily gain (ADG) and feed conversion (CA) did not find significant differences between treatments in terms of food consumption found statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) between the T3 whose consumption was 518.55 g / animal / day, while for T0 was 635.14 g / animal / day. The count of colony forming units (CFU) of lactic acid bacteria showed significant difference ( $p < 0.05$ ), where T0 (12.66 log CFU / g) and T1 (12.98 log CFU / g) were different from T2 (13.31 Log CFU / g) and T3 (13.49 log CFU / g) for the log CFU counts of total coliforms showed statistically significant differences ( $p < 0.05$ ), where T0 and T1 were different from T3 (11.11, 10.98, 9.73 log CFU / g), as well as counts of *E. coli*. which means for T0, T1 and T3 were 10.70, 10.36, 9.13 log CFU / g, respectively. There was no effect for glucose, cholesterol and triglycerides.

**Key words:** lactic acid bacteria, intake, feed conversion, gain.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que afectan la rentabilidad de la industria porcina durante la etapa post-destete es el bajo crecimiento de los animales, originado por la reducción del período de lactancia, como consecuencia de la preocupación de los porcicultores por convertir su plantel en un sistema productivo rentable. Sin embargo, los lechones sometidos a este tipo de destete son susceptibles a múltiples cambios fisiológicos, provocados por factores estresantes tales como la separación de su madre, mezcla con otros cerdos, cambio de ambiente y la dieta, que normalmente afectan los parámetros productivos y causan daños en la salud del animal (Tsiloyiannis *et al.*, 2001). Además, el destete a menudo altera la morfología intestinal, debido a que ocasiona atrofia de las vellosidades y las criptas, que se cree que causan una disminución en la capacidad digestiva y de absorción del intestino delgado (Cera *et al.*, 1988; Marion *et al.*, 2002), desencadenando las diarreas post destete. Así mismo los lechones destetos son incapaces de digerir adecuadamente algunos nutrientes debido a la falta de secreción de ácido clorhídrico en el estómago (Giesting *et al.*, 1985) que provoca retrasos en el crecimiento, aumento de la mortalidad y un gran impacto económico para el productos debido al aumento en el costo de producción atribuido a la medicación que esta conlleva para evitar posibles pérdidas por deshidratación y el aumento de mortalidad en esta fase (Giang *et al.*, 2010).

Por otra parte, la preocupación pública por los posibles impactos del uso indiscriminado de antimicrobianos, tanto en el desarrollo de cepas resistentes como los residuos de antibióticos en los productos de origen animal, han generado la necesidad de buscar alternativas para mejorar la salud animal y su rendimiento (Risley *et al.*, 2011; Mendoza, 2001). En este contexto, los ácidos orgánicos que son componentes naturales de algunos alimentos, y se producen en el metabolismo y en el tracto gastrointestinal, son alternativas atractivas, ya que permiten reducir el pH gastrointestinal con el objeto de aumentar la proteólisis gástrica (Partanen *et al.*, 1999; Jacela, *et al.*, 2009, Kim *et al.*, 2004), disminuir la presencia de almidones y grasas en la materia fecal y así reducir significativamente la presencia bacteriana de coniformes (Scipioni *et al.*, 1978; Tung *et al.*, 1999), de tal forma que el animal exprese un mejor potencial de crecimiento y se garantice una mayor estabilidad en la economía del productor.

Estudios realizados por Walsh *et al.*, (2007) reportan que la adición de ácidos orgánicos en una dosis de 0.4% a través del agua a cerdos destetados manifiestan mejoras en la ganancia diaria de peso y en la eficiencia alimenticia de los cerdos, esta acidificación además de reducir el pH de la dieta consigue un menor pH gástrico que ayuda a conseguir una mayor producción de ácido láctico promoviendo el crecimiento de bacterias benéficas logrando controlar las concentraciones bacterianas a lo largo del tracto gastrointestinal (Falkowski *et al.*, 1984), traduciéndose en una baja incidencia de diarreas y aumento notable del crecimiento.

El objetivo de este estudio fue comparar diferentes niveles de ácido cítrico en el agua de bebida de lechones durante las cuatro primeras semanas postdestete, evaluando el efecto de la inclusión sobre los parámetros productivos, perfil metabólico, flora fecal y costos de producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Localización*

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del programa porcícola de la granja experimental botana perteneciente a la Universidad de Nariño, situada en la vereda Botana del corregimiento de Catambuco, a 7 kilómetros al sur del municipio de Pasto, en el departamento de Nariño, con una latitud de 1°0.3'4.0''N y 77°44'57.5''O. Ubicada a 2820 msnm, con temperatura promedio de 12°C y una precipitación anual de 994 mm (Estación Meteorológica Botana. 2010.)

### *Animales*

Para el desarrollo de la investigación se empleó un total de 32 lechones: hembras y machos, provenientes de los cruces de las razas Largwhite x Duroc x Pietrain, quienes fueron seleccionados con un peso entre 5.5 y 6.5 Kg provenientes de cerdas entre el segundo y cuarto parto distribuidos al azar en los diferentes tratamientos.

### *Tratamientos*

Los tratamientos evaluados fueron: T0: agua de bebida sin ácido cítrico, T1 = Agua de bebida con el 1% de ácido cítrico, T2 = Agua de bebida con el 2% de ácido cítrico y T3 = Agua de bebida con el 3% de ácido cítrico.

### ***Adecuación de instalaciones***

Los animales se alojaron en jaulas, instaladas a una altura de 0.6 m, a las cuales se les realizó previamente la limpieza, desinfección y flameado, que se dividieron en 16 compartimentos con un área de 1.08 metros cuadrados, donde se alojaron 2 animales correspondientes a una réplica. Cada división estuvo provista de un comedero lineal, bebedero de chupón y calefacción, cuya temperatura promedio fue de 25°C.

### ***Alimentación***

Durante el periodo pre-experimental se realizó un análisis microbiológico del agua de bebida de los animales con el fin de asegurar agua potable, fue ofrecida a voluntad, teniendo en cuenta que la adición de ácido cítrico se realizó durante todo el periodo experimental.

Los lechones fueron alimentados con balanceado comercial de preiniciación libre de antibióticos, a voluntad en todos los tratamientos, cuya composición bromatológica es descrita en la tabla 1, la cual satisface los requerimientos nutricionales del National Research Council, (1998). Este alimento fue suministrado 2 veces al día con el fin de disminuir el desperdicio.

### ***Recolección de materia fecal***

Con el fin de evaluar el recuento de unidades formadoras de colonia de coliformes totales y bacterias ácido lácticas, se selecciono al azar un animal por cada replica. Se recolectaron 10 gramos de materia fecal al inicio y final del experimento, tomadas directamente del ano en cajas estériles, a través de la estimulación manual de los esfínteres anales interno y externo, tratando de evitar alguna contaminación adicional de la muestra. Inmediatamente fueron tomadas las muestras, fueron llevadas al laboratorio de la Clínica Veterinaria de la Universidad de Nariño, donde se realizo el recuento según los protocolos establecidos por Holguin *et al*, (1998) y Carmona *et al*, (1998).

### ***Muestras de sangre***

Los animales seleccionados para la recolección de materia fecal se les extrajo una muestra de sangre en ayunas, al inicio y final del experimento por punción en la vena yugular, inmediatamente fue tomada la glucosa por prueba directa en glucómetro (Easy gluco), posteriormente fueron centrifugadas a 2800 rpm durante 15 minutos a 4 ° C para la extracción de suero sanguíneo y almacenadas a -20° C hasta el momento de la determinación cuantitativa de triglicéridos y colesterol por medio de la técnica enzimática colorimétrica de LPL, glicerol quinasa, GPO y peroxidasa; y la técnica colorimétrica CHOD-POD, respectivamente, en el equipo Statfax 3300, realizados en el laboratorio de la Clínica Veterinaria (Universidad de Nariño).

### ***Análisis estadístico***

Para el análisis de las variables consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia se empleó un diseño completamente al azar (DCA) conformado por 4 tratamientos, cada uno con cuatro replicas y cada replica con dos unidades experimentales. Teniendo en cuenta que el peso inicial de los animales al entrar al periodo experimental fue tomada como una covariable.

La homogeneidad de la varianza para el recuento de coliformes totales, *Escherichia coli*, bacterias ácido lácticas y las variables del perfil metabólico quedó asegurada al constatar la no significatividad ( $p > 0.05$ ) del test de Bartlett, donde los muestreos iniciales fueron tomados como covariables.

Las diferencias entre medias se realizaron mediante la prueba de Duncan con un nivel de significancia de  $p = 0.05$ , mediante la utilización del paquete estadístico SAS versión 9.1.3.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Parámetros productivos*

Los parámetros productivos obtenidos para cada tratamiento se muestran en la tabla 2, donde se observa que la adición de diferentes niveles de ácido cítrico en el agua de bebida de los lechones no presentó variaciones estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) sobre la ganancia de peso diaria (GPD) y la conversión alimenticia (CA). En estudios realizados por Campabadal *et al.*, (1995) no se observó diferencias estadísticas para la GPD con la adición de ácido cítrico en niveles entre 1 y 2%, al igual que los resultados reportados por Falkowski *et al.*, (1984), quien obtuvo un incremento de 4 a 7% en esta variable. Sin embargo, estos autores reportan mejoras significativas ( $p < 0.05$ ) en la CA, obteniendo una tendencia favorable al aumentar el nivel del ácido, al igual que lo obtenido en esta investigación a pesar de no encontrar diferencias estadísticas; lo que permite afirmar que el nivel superior mejora la utilización de los alimentos.

Para los datos obtenidos en el consumo diario de alimento por animal, se encontró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre el T3 y el T0, cuyos consumos fueron de 518,55 g y 635,14 g, respectivamente. Para esta variable se observa una clara reducción de la ingesta de alimento a medida que la concentración de ácido cítrico aumenta, debido a que el aumento en la acidificación del agua reduce la palatabilidad del alimento a causa de los altos niveles de ácido (Walsh *et al.*, 2007). Estos resultados son respaldados por Radecki *et al.*, (1988), quien señaló que la adición de ácido cítrico en altos niveles tiene un efecto negativo sobre el consumo de alimento. Sin embargo, Walsh *et al.*, (2007) afirma que la administración de ácidos orgánicos en el agua potable en lugar del alimento tiene la ventaja de que los lechones comienzan a beberla más rápido después del destete, debido a que el consumo del alimento es lento.

La respuesta positiva sobre los parámetros productivos generada por los ácidos orgánicos se logra gracias a factores como la reducción del pH gastrointestinal, (Dibner *et al.*, 2002) que permite mejorar la digestibilidad de la proteína y energía., además de contribuir en la modificación de la microflora intestinal (Burnell *et al.*, 1988).

### *Bacterias ácido lácticas, coliformes totales y Escherichia coli*

La tabla 3 describe el efecto de los diferentes niveles de ácido cítrico sobre la proliferación de bacterias ácido lácticas en la materia fecal de los animales evaluados, indicando los valores iniciales como una referencia antes de iniciar el periodo experimental.

La comparación de los datos obtenidos en el muestreo inicial y final para las bacterias ácido lácticas, coliformes totales y *E.coli* es importante para destacar las relaciones opuestas existentes entre estas bacterias, ya que los muestreos iniciales se caracterizan por tener un bajo recuento de bacterias ácido lácticas, como consecuencia del cambio brusco al cambiar de la fase de lactancia a la de precebo, (Pond *et al.*, 1984; Tuomola *et al.*, 2001), provocando un aumento de las UFC para coliformes totales y *E. coli*.

El análisis estadístico de los muestreos finales evidenció diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) para el recuento de unidades formadoras de colonia (UFC) de bacterias ácido lácticas, donde T0 (12.66 Log UFC/g) y T1, (12.98 Log UFC/g) fueron diferentes a T2 (13.31 Log UFC/g) y T3 (13.49 Log UFC/g), observando el crecimiento de estas bacterias al aumentar la adición de ácido cítrico en el agua de bebida. Fuller, (1992) encontró que condiciones ácidas favorecen el crecimiento de *lactobacilos* en el estomago, que posiblemente inhiben la colonización y proliferación de *E. coli* mediante el bloqueo de los sitios de adhesión o mediante la producción de ácido láctico y otros metabolitos que disminuyen el pH e inhiben *E. coli* (Avad *et al.*, 2004). Esta afirmación, se refleja en los recuentos obtenidos para esta investigación, tanto para coliformes totales como *E. coli*, indicados en la tabla 4. Para estas variables el T0 y T1 fueron diferentes del T3 significativamente ( $p < 0.05$ ), encontrando un efecto positivo de la adición de ácido en la disminución de UFC de estas bacterias, donde el menor recuento fue obtenido con el nivel superior de ácido cítrico.

Investigaciones realizadas por Risley *et al.*, (2011) reportan comportamientos contrarios a los encontrados en este trabajo, con la adición de 15 g de ácido cítrico en la dieta, donde no se presentó un efecto apreciable sobre los recuentos de *lactobacilos*, *clostridios* y *E. coli* en el estomago, yeyuno, ciego y colon de los lechones, al no encontrar diferencias en el pH de la digesta en las secciones evaluadas del tracto gastrointestinal. Por el contrario, Falkowski *et al.*, (1984) encontró que la adición de 1 o 2% de ácido cítrico baja el pH de las dietas de 5.6 a 4.5 y en consecuencia, provoca una disminución en el número de coliformes en el tracto gastrointestinal de los lechones, dando como resultado la reducción en la incidencia y la gravedad de la diarrea postdestete (Tsiloyiannis *et al.*, 2001).

Tsiloyiannis *et al.*, (2001) plantea un efecto positivo a partir de la utilización de una mezcla de ácidos orgánicos (0.1% ácido propiónico, 1.6% de ácido láctico, 1.2% ácido fórmico, 1.2% de ácido málico, 1.5% ácido cítrico y 1.5% ácido fúmarico) sobre la reducción de *E. coli*, debido a su amplio espectro de actividad a diferencia de su utilización individual (Namkung *et al.*, 2003; Walsh *et al.*, 2007b). Este planteamiento fue respaldado al encontrar una disminución de estas bacterias en los animales al finalizar el experimento.

El efecto antagónico de las bacterias ácido lácticas y los coliformes totales es respaldado por Cranwell *et al.*, (1976) quien menciona que el suministro de ácidos orgánicos baja el

pH intestinal, produciendo un entorno favorable para las bacterias ácido lácticas, quienes se encargarán de inhibir la proliferación de las bacterias patógenas.

#### *Perfil metabólico*

La tabla 4 resume el efecto del ácido cítrico sobre el perfil metabólico. No hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para la glucosa, colesterol y triglicéridos.

Kaneko et al, (2008) reporta valores de referencia para la glucosa en porcinos entre 85 – 150 mg/dl, lo cual indica que los datos obtenidos en este estudio se encuentran dentro de los límites normales, al igual que la concentración de colesterol total (CT), cuyos valores de referencia son indicados por Swindle *et al*, (2003), quienes reportan un rango entre 50-140 mg/dl y por Coppo *et al*, (2003) con un rango  $1.03 \pm 0.15$  g/l dentro de los límites fisiológicos.

Los niveles de triglicéridos presentaron el mismo comportamiento que los anteriores metabolitos sanguíneos analizados, ubicándose dentro de los límites normales (19-40 mg/dl) reportados por Swindle *et al*, (2003).

#### *Análisis parcial de costos*

La tabla 6, indica la rentabilidad aparente de los tratamientos, detallando el total de ingresos aparentes, egresos, costos fijos y costos variables. Se observa que el costo de alimentación más bajo en el T3 con 25.39%, el cual está influenciado por un menor consumo por parte de los animales, afectado por el nivel superior de ácido cítrico. Por tal razón, este tratamiento fue el más económico.

La mejor rentabilidad la presentó el T2 con 31.28%, seguido del T3 con 30.43%, influenciada por los bajos costos de alimentación. Lo contrario sucede en el T0 y T1, debido a que en estos tratamientos se obtuvo un mayor consumo de alimento balanceado.

## **CONCLUSIONES**

Con base en los resultados de este estudio se concluye que a mayor inclusión de ácido cítrico en agua de bebida en lechones posdestetos conduce a la disminución del consumo de alimento, debido a la reducción del consumo de agua, provocada por la baja palatabilidad de este ácido, pero a su vez con una concentración del 3% se evidencia un mejor rendimiento productivo traducido en una mejor conversión alimenticia, por un ambiente intestinal favorable para el crecimiento de bacterias ácido lácticas, por la disminución del pH, las cuales por efecto competitivo disminuyen la población bacteriana de coliformes totales y *E. coli*, evitando la incidencia de diarreas por estas bacterias.

En cuanto a la influencia del ácido cítrico en la concentración de triglicéridos, glucosa y colesterol en lechones posdestetos se concluye que no tiene efectos estadísticamente significativos entre la presencia o ausencia del ácido en la dieta.

La inclusión de concentraciones del 2-3% de ácido cítrico en agua de bebida en lechones posdestetos es la más recomendable, desde el punto de vista productivo y económico.

### **AGRADECIMIENTOS**

Docentes Rosa Lila Pereira Tupaz, Henry Armando Jurado Gámez, José Edmundo Apraéz Guerrero de la Universidad de Nariño, Nariño-Colombia.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Ayad, E., S. Nashat, N . El-Sadek, H. Metwaly and M. El-Soda. 2004. Selection of wild lactic acid bacteria isolated from traditional Egyptian dairy products according to production and technological Criteria. *Food Microbiol* 21: 715- 725.

Campabadal, C., E. Vargas y M. Fonseca. 1995. Evaluación de los ácidos orgánicos en la alimentación de lechones. Uso de ácido cítrico. *Agronoma Costarricense* 19(1): 47-51.

Carmona, F. 1998. Manual de bacteriología especial. Universidad del valle. Facultad de salud. Departamento de microbiología. Sección bacteriología.

Cera, K. R., D. C. Mahan, R. F. Cross, G. A. Reinhart and R. E. Whitmoyer. 1988. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *Journal of Animal Science*. 66: 574-584.

Coppo, N. B., J. A. Coppo y M. A. Lazarte. 2003. Intervalos de confianza para colesterol ligado a lipoproteínas de alta y baja densidad en suero de bovinos, equinos, porcinos y caninos. *Revista Veterinaria*. 14 (1): 3-10.

Crawell, P. D., D. E. Noakes and J. Hill. 1976. Gastric secretion and fermentation in the suckling pig. *Br. J. Nutr.* 36-71.

Dibner, J. J. and P. Buttin. 2002. Use of Organic Acids as a Model to Study the Impact of Gut Microflora on Nutrition and Metabolism. *J. Appl. Poult. Res.* 11: 453-463.

Falkowski, J. F. and F. X. Aherne. 1984. Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. *Journal of Animal Science*. 58: 4.

Fuller, R. 1992. "Probiotics. The scientific basis. London: Chapman & Hall. 209 p.

Giang, H. H., T. Q. Viet, B. Ogle and J. K. Lindberg. 2010. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented

with potentially probiotic complexes of lactic acid bacteria. *Livestock Science* 129: 95–103.

Giesting, D. W. and R. A. Easter. 1985. Response of starter pigs to supplementation of corn-soybean meal diets with organic acids. *Journal of Animal Science*. 60: 5.

Holguín, H. M. 1998. Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano. Instituto nacional de vigilancia de medicamentos y alimentos. División laboratorios de alimentos y bebidas alcohólicas. Sección de microbiología de alimentos. Santafé de Bogotá D.C.

Jacela, J. Y., J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, D. G. Renter and S. S. Dritz. 2009. Feed additives for swine: Fact sheets – acidifiers and antibiotics. *Journal of Swine Health and Production*. 17: 5.

Kaneko, J. J., J. W. Harvey and M. L. Bruss. 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals*. Sixth edition. 896p.

Marion, J., M. Bierna, F. Thomas, G. Savary, Y. L. Breton, R. Zabielski, I. L. Luron and J. L. Dividich. 2002. Small intestine growth and morphometry in piglets weaned at 7 days of age. Effects of level of energy intake. *Reprod. Nutr. Dev.* 42: 339–354.

Mendoza, R. 2001 Utilización de ácidos orgánicos en dietas para lechones destetados. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria.

Namkung, H., M. Li, H. Yu, M. Cottrill, J. Gong, and C. F. M. de Lange. 2003. Impact of feeding blends of organic acid or herbal extracts on growth performance, gut microflora and digestive function in newly weaned pigs. 2: 93–95.

Partanen, K. H and Z. Mroz. 1999. Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutrition Research Reviews*. 12: 117-145.

Pond, W.G. and J. H. Maner. 1984. *Swine production and nutrition*. Westport, Connecticut, Avi. Publ. Co. 539p.

Radecki, S. V., M. R. Juhl and E. R. Miller. 1988. Fumaric and citric acids as feed additives in starter pig diets: Effect on performance and nutrient balance. *Journal Animal Science*. 66:2598–2605.

Risley, C. R., E. T. Kornegay, M. D. Lindemann, C. M. Wood and W. N. Eigel. 2011. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. *Journal Animal Science*. 70: 196-206.

Swindle, M. M., A. C. Smith, K. Laber, J. A. Goodrich and S. A. Bingel. 2003. *Biology and Medicine of Swine*. Laboratory Animal Medicine and Management.

Tuomola E. M., R. Crittenden, M. Playne, E. Isolauri and S. J. Salminen. 2001. Quality assurance criteria for probiotic bacteria. *Am J Clin Nutr* 73: 393-398.

Tung, C. M., Pettigrew, J. E. Critical Review of Acidifiers. 1999. Department of Animal Sciences, University of Illinois.

Tsiloyiannis V. K., S. C. Kyriakis, J. Vlemmas and K. Sarris. 2001. The effect of organic acids on the control of porcine post-weaning diarrhea. *Veterinary Science* 70: 287–293

Walsh, M. C., D. M. Sholly, R. B. Hinson, K. L. Saddoris, A. L. Sutton, J. S. Radcliffe, R. Odgaard, J. Murphy and B. T. Richert. 2007. Effects of water and diet acidification with and without antibiotics on weanling pig growth and microbial shedding. *Journal Animal Science*. 85: 1799–1808.

Walsh, M. C., R. B. Sholly, S. A. Hinson, A. L. Trapp, J. S. Sutton, J. W. Radcliffe, II. Smith and B. T. Richert. 2007b. Effects of Acid LAC and Kem-Gest acid blends on growth performance and microbial shedding in weanling pigs. *Journal Animal Science*. 85:459-467.

## TABLAS

Tabla 1. Composición bromatológica balanceado de preiniciación.

Nutriente	Porcentaje
Proteína mínimo	22%
Grasa mínimo	6%
Fibra mínimo	5%
Cenizas mínimo	8%
Humedad máxima	13%

FUENTE: Registro ICA N° 3132AL

Tabla 2. Efecto de diferentes niveles de adición de ácido cítrico sobre los parámetros productivos en lechones durante las primeras cuatro semanas postdestete.

Tratamiento	Consumo <sup>1</sup> (g/animal/día)	GPD (g/animal/día)	CA
T0	635.14 a	383.02 a	1.66 a
T1	586.96 ab	383.02 a	1.54 a
T2	546.19 ab	384.62 a	1.45 a
T3	518.55 b	355.77 a	1.42 a

<sup>1</sup>Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos. GPD: ganancia de peso diaria, CA: conversión alimenticia.

Tabla 3. Efecto de diferentes niveles de adición de ácido cítrico sobre bacterias ácido lácticas en la materia fecal de lechones durante las primeras cuatro semanas postdestete.

Tratamiento	Bacterias ácido lácticas (LOG UFC/g)	
	Inicial <sup>1</sup>	Final <sup>2</sup>
T0	12,68	12,66 a
T1	12,59	12,98 a
T2	12,80	13,31 b
T3	12,83	13,49 b

<sup>1</sup>Valores de referencia al inicio del experimento. <sup>2</sup>Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos.

Tabla 4. Efecto de diferentes niveles de adición de ácido cítrico sobre coliformes totales y *Escherichia coli* en la materia fecal de lechones durante las primeras cuatro semanas postdestete.

Tratamiento	Coliformes totales ( LOG UFC/g)		<i>Escherichia coli</i> (LOG UFC/g)	
	Inicial <sup>1</sup>	Final <sup>2</sup>	Inicial <sup>1</sup>	Final <sup>2</sup>
T0	10.91	11.11 a	10.80	10.70 a
T1	11.07	10.98 a	10.57	10.36 a
T2	10.64	10.39 ab	10.04	9.87 ab
T3	9.94	9.73 b	9.36	9.13 b

<sup>1</sup>Valores de referencia al inicio del experimento. <sup>2</sup>Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos.

Tabla 5. Efecto de diferentes niveles de adición de ácido cítrico sobre el perfil metabólico en lechones durante las primeras cuatro semanas postdestete.

Tratamiento	Glucosa <sup>1</sup> (mg/dl)	Colesterol (mg/dl)	Triglicéridos (mg/dl)
T0	134,75 a	88,83 a	34,25 a
T1	118 a	90,53 a	36,5 a
T2	132,25 a	96,5 a	35,5 a
T3	115 a	93,75 a	33.3 a

<sup>1</sup>Letras diferentes en una misma columna indican diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

Tabla 6. Análisis parcial de costos por tratamientos.

Rubros	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
<b>A. Ingresos</b>				
Peso final (Kg)	22.35	22.29	22.21	21.65
Valor de venta (Pesos)	178796	178296	177655	173192
<b>Total de ingresos</b>	178796	178296	177655	173192
<b>B. Egresos</b>				
Compra de animales (Pesos)	83000	83000	83000	83000
Balanceado (Pesos)	37346	34513	32116	30491
Acido cítrico (Pesos)	0	34	67	101
Mano de obra (Pesos)	5600	5600	5600	5600
Vacunación PPC (Pesos)	1300	1300	1300	1300
<b>Total de egresos</b>	127246	124447	122083	120492
<b>C. Ingreso netos (A-B)</b>	51550	53850	55572	52701

---

<b>Rentabilidad (%)</b>	29.00	30.00	31,28	30,43
<b>Costo de alimentación (Pesos)</b>	37346	34547	32183	30592
<b>Costo de alimentación (%)</b>	29.35	27.76	26.36	25.39