
Nota técnica

Suplementación de ácidos orgánicos sobre ganancia de peso, mortalidad e integridad intestinal de pollos de engorde

José Miguel Chopin-Rodríguez¹, Mirna Rocío Alvarado-Palacios²

RESUMEN

En la producción animal, es fundamental controlar el crecimiento de microorganismos patógenos u oportunistas para garantizar la salud humana y animal, así como mejorar los rendimientos productivos. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de ácidos orgánicos suplementados en el agua de bebida sobre parámetros productivos de pollos de engorde. El experimento se realizó en el campo experimental de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer, ubicado en Zapotitán, El Salvador, utilizando dos grupos de 200 pollos de engorde de la línea Cobb MX cada uno. Un grupo, denominado "Tratamiento", recibió en su agua de bebida un producto comercial registrado que contenía una mezcla de cuatro ácidos orgánicos: ácido cítrico (1,0%), ácido ascórbico (1,1%), ácido láctico (0,9%) y ácido acético (0,9%). Al segundo grupo, designado como "Control", no se le administró esta mezcla de ácidos. Se evaluaron diversos parámetros productivos como ganancia de peso, mortalidad e integridad intestinal. Además, se tomaron hisopados cloacales para analizar diferencias en la microbiota intestinal y los resultados mostraron que en el grupo Tratamiento se observó la ausencia de dos géneros bacterianos presentes en el grupo Control: *Clostridium perfringens* y *Bordetella* sp. El grupo tratado mostró resultados significativamente superiores en términos de productividad, con un incremento del 10,72% en el peso ($p < 0.05$) y una reducción en la mortalidad al 1,50%, frente al 3,00% registrado en el grupo no tratado. Además, se evidenció una mejor integridad intestinal en los animales que recibieron la mezcla de

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer. Avenida 19 norte, entre 3a calle poniente y Alameda Juan Pablo II, San Salvador, El Salvador. Autor para correspondencia: jose.chopin06@liveusam.edu.sv (<https://orcid.org/0000-0002-7980-257X>)

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer. Avenida 19 norte, entre 3a calle poniente y Alameda Juan Pablo II, San Salvador, El Salvador. Correo electrónico: mirna.alvarado06@liveusam.edu.sv (<https://orcid.org/0009-0004-1385-2357>)

Recibido: 12 febrero 2024 Aceptado: 16 diciembre 2024

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0.



ácidos. Estos hallazgos destacan el potencial de los productos evaluados, lo que sugiere la necesidad de continuar investigando sus efectos para optimizar la producción avícola.

Palabras clave: Ácidos orgánicos, pollos de engorde, parámetros productivos, ganancia de peso, mortalidad, integridad intestinal.

ABSTRACT

Supplementation of organic acids on weight gain, mortality and intestinal integrity of broiler chickens. In animal production, controlling the growth of pathogenic or opportunistic microorganisms is essential to ensure both human and animal health, as well as to improve productive performance. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of organic acids supplemented in drinking water on the productive parameters of broiler chickens. The experiment was conducted at the experimental field of the Salvadoran University Alberto Masferrer, located in Zapotitan, El Salvador, using two groups of 200 Cobb MX broiler chickens each. One group, referred to as the "Treatment" group, received a registered commercial product in their drinking water containing a mixture of four organic acids: citric acid (1.0%), ascorbic acid (1.1%), lactic acid (0.9%), and acetic acid (0.9%). The second group, designated as the "Control" group, did not receive this acid mixture. Various productive parameters were evaluated, such as weight gain, mortality, and intestinal integrity. Additionally, cloacal swabs were collected to analyze differences in intestinal microbiota. Results showed the absence of two bacterial genera, *Clostridium perfringens*, and *Bordetella* sp., in the Treatment group compared to the Control group. The treated group demonstrated significantly superior productivity outcomes, with a 10.72% increase in weight ($p < 0.05$) and a reduction in mortality to 1.50%, compared to 3.00% in the untreated group. Furthermore, improved intestinal integrity was observed in animals that received the acid mixture. These findings highlight the potential of the evaluated products, suggesting the need for further research into their effects to optimize poultry production.

Keywords: Organic acids, broiler chickens, productive parameters, body weight gain, mortality, intestinal integrity.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la industria avícola es un campo de la producción animal de gran importancia a nivel mundial (Khan y Iqbal, 2016) y el más grande en El Salvador (Herrera-Soto y Benavides-Barquero, 2007). Esta producción representa una relevante fuente de proteína animal para la población, pero, a pesar de ser una industria muy grande, muestra notables problemas a nivel productivo (Scicutella et al., 2021). Uno de los problemas más conocidos de la industria, en tiempos modernos, es el control de microorganismos patógenos u oportunistas (Ángel-Isaza et al., 2019), ya que la microbiota intestinal de las aves presenta una amplia variedad de familias y géneros bacterianos. Por lo tanto, las infecciones o la contaminación de productos cárnicos son un gran problema, así como las mortalidades que pueden generar cuando proliferan descontroladamente (Rosas-Leal et al., 2019).

Debido a esta situación, durante décadas se ha luchado por reducir la incidencia de estos microorganismos y, tradicionalmente, se ha recurrido al uso de antibióticos comerciales. Sin embargo, esta práctica ha generado numerosas complicaciones (Polycarpo et al., 2017), siendo la más significativa y conocida la resistencia antimicrobiana (Samad, 2022). Este fenómeno ocurre cuando las bacterias desarrollan mecanismos genéticamente determinados, ya sea mediante adquisición o mutación (MacGowan y Macnaughton, 2017), que les permiten resistir al antibiótico utilizado para combatirlas. Como resultado, la efectividad de estos fármacos en la producción animal ha disminuido, lo cual provoca infecciones recurrentes, menor ganancia de peso, mayor mortalidad y productos contaminados (Nowakiewicz et al., 2020). Este problema también afecta la salud humana, ya que las personas pueden contraer estas bacterias resistentes y sufrir infecciones que resultan mucho más difíciles de tratar (Calvo y Martínez-Martínez, 2009).

En la actualidad, existen diversas alternativas al uso de antibióticos en la industria avícola, como los probióticos, prebióticos, aceites esenciales, enzimas, bacteriófagos y ácidos orgánicos (Nowakiewicz et al., 2020). Entre estos últimos se encuentran varios tipos, como el ácido acético, cítrico, butírico, málico, láctico, propiónico y tartárico, entre otros (Ángel-Isaza et al., 2019). Los ácidos orgánicos tienen la capacidad de controlar el crecimiento de algunas especies de bacterias patógenas, como *Salmonella* sp., que son sensibles a cambios

en la acidez del medio. Una ventaja importante de los ácidos orgánicos es que actúan de manera distinta a los antibióticos, evitando así la generación de resistencia (Haq et al., 2017).

El mecanismo de acción de estos ácidos se basa en disminuir el pH intestinal en las aves (Haq et al., 2017), lo que produce un efecto bacteriostático general sobre la microbiota intestinal, previniendo desequilibrios y la proliferación excesiva de ciertas especies patógenas (Van Immerseel et al., 2010). Al acidificar el medio intestinal, se regula el crecimiento bacteriano de forma no selectiva, creando condiciones poco favorables para bacterias que son sensibles a los cambios del pH; como patógenos conocidos de los géneros *Salmonella* sp. (Mani-López et al., 2012) y *Clostridium* sp. Su importancia ha sido ampliamente estudiada tanto en la industria avícola como en la salud humana (Sterzo et al., 2007). Además, los ácidos orgánicos utilizados en aves han demostrado favorecer la integridad intestinal y generar efectos positivos en la ganancia de peso (Fernandes et al., 2014), mejorando también la respuesta del sistema inmune y reduciendo la incidencia de enfermedades y mortalidad (Broom et al., 2015).

Esta práctica se ha extendido a nivel mundial (Nowakiewicz et al., 2020). En El Salvador, su uso es muy reducido debido al desconocimiento y a la falta de estudios que demuestren la efectividad de estos aditivos ácidos en climas tropicales, así como sus diferencias en comparación con otras opciones del mercado. Esta situación da lugar al objetivo de la presente investigación, que fue evaluar el efecto de una mezcla de ácidos orgánicos en la ganancia de peso, la mortalidad y la microbiota e integridad intestinal en pollos de engorde.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer (USAM), ubicada en el municipio de Zapotitan, departamento de La Libertad, El Salvador. Las coordenadas corresponden a 13° 46' 15.852" latitud norte y 89° 25' 20.46" longitud oeste, con una altitud de 450 m s. n. m., en topografía plana. La temperatura promedio fue de 23 °C, con una humedad relativa de 82% y una precipitación anual de 1695 mm (MARN, 2024).

El periodo del experimento comprendió del 22 de septiembre al 27 de octubre del año 2023. La instalación donde se mantuvo a los lotes experimentales constó de una galera para pollos de engorde, con medidas de 10 m x 8 m. Se optó por un diseño experimental con los animales en piso (Kopecký et al., 2012) en grupos grandes. De esta manera se simulaban las condiciones más comunes de producción de la especie en el país, dado que el uso de jaulas no es habitual. Ambos grupos consumieron la misma dieta y contaron con comederos y bebederos automáticos tipo campana, cada uno con su propio sistema de agua independiente, ventilación natural y ambiente controlado.

Para evaluar el efecto de un producto con cuatro ácidos orgánicos en pollos de engorde, se diseñó una investigación experimental con un lote de 400 pollos de un día de nacidos de la línea genética Cobb MX. Durante las primeras dos semanas de vida los animales permanecieron juntos. El día 14 se dividieron en dos grupos iguales de 200 pollos cada uno para iniciar la fase de suplementación. Uno de los lotes se designó como grupo Control, al cual no se le administraron ácidos orgánicos en el agua de bebida, mientras que el segundo lote, considerado grupo Tratamiento, sí recibió ácidos orgánicos en el agua de consumo. No se realizaron réplicas del experimento para simplificar el diseño y concentrar recursos en la comparación directa de los tratamientos.

El producto utilizado fue un compuesto comercial registrado que contenía cuatro ácidos orgánicos en las siguientes proporciones: ácido cítrico al 1,0%; ácido ascórbico al 1,1%; ácido láctico al 0,9%; y ácido acético al 0,9%. Este producto se utilizó con una dosis de 0,25 ml de producto por litro de agua de bebida, según recomendación del fabricante y estudios similares (Mirza et al., 2016). Esto se realizó durante toda la fase experimental, desde los 14 hasta los 35 días de edad en el lote Tratamiento. La elección de este producto se debió a que contiene cuatro de los ácidos más comúnmente usados en la industria avícola (Ángel-Isaza et al., 2019).

Se midieron dos tipos de variables: microbiológicas y productivas. Para la medición de las variables microbiológicas, se tomaron hisopados del contenido intestinal de 5 aves seleccionadas al azar de cada grupo (Giannenas et al., 2012). Las muestras se recolectaron con hisopos estériles y se utilizó un medio de transporte para su procesamiento inmediato en el laboratorio. Allí se realizaron procedimientos de enriquecimiento y cultivo posterior para la identificación de bacterias presentes en el tracto intestinal, mediante pruebas bioquímicas. Estas muestras fueron tomadas al finalizar el periodo experimental.

Para medir las variables productivas, se tomó una muestra representativa equivalente al 10% de la población en cada grupo, es decir, 20 individuos de cada grupo de 200 pollos, para un total de 40 animales. Se seleccionaron 10 machos y 10 hembras para controlar la variación de peso entre sexos. Con esta muestra, se realizó un pesaje semanal de los animales para comparar las ganancias entre grupos y se registró la mortalidad en cada uno. Al finalizar la fase experimental, se realizó la necropsia de 5 aves por grupo para evaluar la salud intestinal. Esto se realizó mediante el índice de integridad intestinal (I2) adaptado a este estudio (Swirski et al., 2020), el cual considera distintas estructuras del tracto digestivo que fueron observadas y las valora en una escala específica. Las alteraciones identificadas incluyeron enteritis necrótica, erosión de molleja, tono intestinal alterado, paredes intestinales delgadas o engrosadas, bilis excesiva, moco intestinal, descamación epitelial, paso de alimento inadecuado, hiperemia y hemorragia intestinal.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de las ganancias de peso se llevó a cabo mediante un diseño experimental completamente aleatorizado con un tratamiento y un control, realizando 20 repeticiones por cada uno, donde cada animal consistió en una repetición. Los 20 individuos pesados fueron elegidos completamente al azar semanalmente. Para los análisis estadísticos, se aplicó una prueba de normalidad (curtosis) a los datos y, posteriormente, se ejecutó una prueba de hipótesis (prueba t de student) en la variable de ganancia de peso para saber si hubo una diferencia entre el grupo Tratamiento y el grupo Control.

Respecto a las variables de mortalidad e integridad intestinal, se desarrolló una prueba t para muestras independientes y se tomó como referencia cuando $p < 0.05$ para afirmar que una diferencia es significativa en los resultados. Para la microbiota, se reportó el total de bacterias aisladas en los hisopados cloacales por grupo. Se utilizó estadística descriptiva, medidas de tendencia central, cuadros, frecuencias y gráficos para su análisis. Los datos fueron procesados con el software estadístico PSPP (GNU Project, 2015). Para lo anterior, se planteó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación que corresponde a la i-ésima suplementación.

μ = Media poblacional.

S_i = Efecto de la i-ésima suplementación.

E_{ij} = Error experimental asociado a la observación Y_{ij} .

RESULTADOS

Los resultados obtenidos mediante el hisopado cloacal revelaron que, antes de iniciar el estudio, ambos lotes presentaban especies bacterianas similares, sin diferencias significativas entre ellos (Cuadro 1). Sin embargo, al finalizar el periodo de Tratamiento, el lote tratado con ácidos orgánicos mostró una reducción en la cantidad de especies bacterianas, en comparación con el grupo Control. Específicamente, las especies *Clostridium perfringens* y *Bordetella* sp. no se detectaron en el grupo tratado, aunque sí estuvieron presentes en el grupo Control. Las demás especies fueron comunes en ambos grupos (Cuadro 1), lo que sugiere que el tratamiento con ácidos orgánicos ejerce un efecto notable sobre la microbiota intestinal de los pollos de engorde.

Cuadro 1. Bacterias aisladas en hisopados cloacales, previo al estudio y al final de este, de los grupos Control y Tratamiento.

Previo al estudio (ambos grupos)	Final de estudio (grupo Control)	Final de estudio (grupo Tratamiento)
<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>Bordetella</i> sp.	<i>Bordetella</i> sp.	-
<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	-
<i>Streptococcus</i> sp.	<i>Streptococcus</i> sp.	<i>Streptococcus</i> sp.
<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>Staphylococcus</i> sp.
<i>Diplococcus</i> sp.	<i>Diplococcus</i> sp.	<i>Diplococcus</i> sp.
<i>Proteus</i> sp.	<i>Proteus</i> sp.	<i>Proteus</i> sp.
<i>Bacillus</i> sp.	<i>Bacillus</i> sp.	<i>Bacillus</i> sp.

Los datos de ganancia de peso mostraron una distribución normal, con valores de curtosis entre -2 y 2 en todos los casos, los pesos iniciales del grupo Control (-1,60) y del grupo Tratamiento (-0,52), así como los pesos finales (-0,25 y -0,82, correspondientemente). Esto permitió la aplicación de una prueba t para evaluar la significancia de las diferencias de peso entre ambos grupos ($p < 0.05$) que se realizó tanto al inicio del experimento, para confirmar la homogeneidad inicial de los pesos, como al final, para identificar cualquier diferencia tras el tratamiento.

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en los pesos iniciales entre los dos grupos, $t(38) = 0,88$, $p = 0.382$. Sin embargo, el grupo Control mostró pesos ligeramente mayores, con un promedio (M) de 487,10 g y una desviación estándar (SD) de 57,49 g, aproximadamente un 4,00% más alto en comparación con el grupo de Tratamiento (M = 466,95 g; SD = 81,06 g; Cuadro 2). Estos resultados indican que, previo al tratamiento, ambos grupos eran homogéneos en cuanto al peso.

Cuadro 2. Registro de pesos promedio por grupo experimental y diferencias porcentuales al inicio y final del estudio.

Semana	*PPC (g)	*SDC (g)	*PPT (g)	*SDT (g)	*DTC (g)	*DP (%)
0	487,10	57,49	466,95	81,06	-20,15	-4,31
3	1976,40	243,64	2213,80	191,73	237,40	10,72

*PPC (g): peso promedio grupo Control; SDC (g): desviación estándar grupo Control; PPT (g): peso promedio grupo Tratamiento; SDT (g): desviación estándar grupo Tratamiento; DTC (g): diferencia entre grupo Control y grupo Tratamiento; DP (%): diferencia porcentual.

En cuanto a los pesos finales, se observó una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre ambos grupos ($t(38) = -3,39$; $p = 0.002$). El grupo Tratamiento mostró un peso promedio superior (M = 2213,80 g; SD = 191,73 g), aproximadamente un 10,72% más alto en comparación con el grupo Control (M = 1976,40 g; SD = 243,64 g). Estos resultados indican que el tratamiento tuvo un efecto positivo en la ganancia de peso de los pollos de engorde (Figura 1).

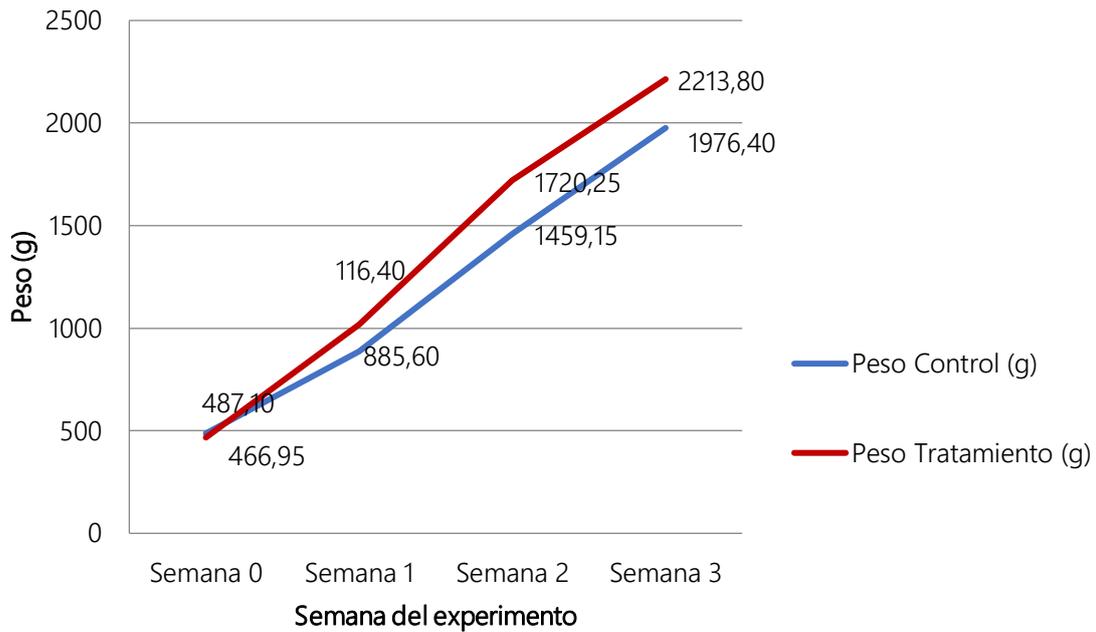


Figura 1. Gráfica de ganancia de peso semanal por grupos experimentales.

En cuanto a la mortalidad, se encontró una diferencia significativa entre los dos grupos [t (41) = 1,22; p = 0.02; p < 0.05]. Al finalizar el experimento, el grupo Control presentó una mortalidad del 3,00%, mientras que en el grupo Tratamiento este valor fue del 1,50%; es decir, la mitad en comparación con el grupo Control. Estos resultados sugieren que la aplicación de ácidos orgánicos tiene un efecto positivo en la reducción de la mortalidad del lote.

En relación con la integridad intestinal, se observó una diferencia significativa entre los dos grupos [t (9) = 5,14; p = 0.02; p < 0.05]. Todos los parámetros evaluados mostraron un mayor porcentaje de integridad en las estructuras del grupo Tratamiento (95,00%), en comparación con el grupo Control (56,70%) (Figura 2). En el grupo tratado se evidenció una mayor integridad de los intestinos, un mayor grosor de la pared intestinal, heces más firmes y una menor presencia de áreas con enteritis (Figura 3). Por lo tanto, las necropsias indican que el tratamiento con ácidos orgánicos sí tiene un efecto beneficioso sobre la integridad intestinal de los pollos.

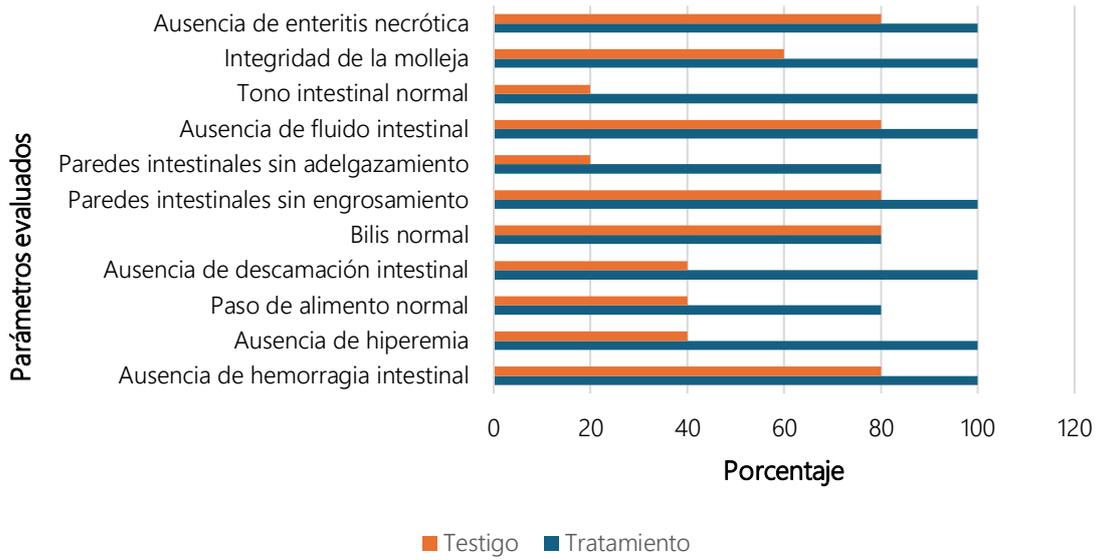


Figura 2. Parámetros evaluados para determinar la integridad intestinal en el grupo Control y Tratamiento, expresado en términos porcentuales respecto a la totalidad de necropsias realizadas por grupo.



Figura 3. Comparación de intestinos en misma sección de pollos de ambos grupos experimentales: (A) intestino de grupo Tratamiento y (B) grupo Control.

DISCUSIÓN

En cuanto a la microbiota intestinal, se observaron diferencias significativas entre los grupos analizados. El grupo Tratamiento mostró una ausencia de *Clostridium perfringens* y *Bordetella* sp., mientras que estas especies estaban presentes en el grupo Control. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado en otras investigaciones (Haq et al., 2017; Khan y Iqbal, 2016), que indican que el uso de ácidos orgánicos en pollos de engorde reduce la presencia de ciertas especies bacterianas. Por ejemplo, se ha reportado que la bacteria *Salmonella* sp. presenta una menor prevalencia en grupos tratados con ácidos orgánicos (0,2%) en comparación con los grupos no tratados (0,8%) (Akşit et al., 2006). Este efecto probablemente se debe a que algunas especies bacterianas son sensibles a los cambios en la acidez intestinal (Broom et al., 2015), lo que disminuye su proliferación.

Es importante destacar que, tanto *Bordetella* sp. como *Clostridium perfringens*, son microorganismos patógenos en aves (Odugbo et al., 2006; Van Immerseel et al., 2010). En particular, *Clostridium perfringens* ha sido reportado como causante de enteritis necrótica y tiene la capacidad de proliferar en un intestino delgado dañado (Van Immerseel et al., 2010). Por lo tanto, se sugiere que el tratamiento podría contribuir a una mayor integridad intestinal en los animales (Broom et al., 2015).

En relación con la ganancia de peso, se observó que el grupo Tratamiento presentó un peso promedio 10,72% mayor en comparación con el grupo Control. Esta variación es consistente con lo descrito por Samad (2022), donde el uso de ácidos orgánicos se asocia con un incremento en la ganancia de peso en pollos de engorde que puede alcanzar hasta un 17% en comparación con grupos no tratados (Chowdhury et al., 2009). Este aumento puede deberse a que, al reducir la proliferación de bacterias perjudiciales, se maximiza la absorción de nutrientes a nivel intestinal, lo que se traduce en mayores pesos (Kopecký et al., 2012). Otro factor para considerar es que la acidificación del medio y la regulación del crecimiento bacteriano pueden disminuir la inflamación del tejido, lo que permite el aumento de las vellosidades intestinales. Esto, a su vez, incrementa la superficie del intestino y favorece los procesos digestivos de absorción de nutrientes (Mirza et al., 2016).

Esta tendencia es similar a lo reportado en la mortalidad de las aves. En el grupo Tratamiento, la mortalidad fue menor (1,50%) en comparación con el grupo Control (3,00%). Esta observación coincide con hallazgos de investigaciones previas, como la de Haq et al. (2017), donde los grupos suplementados con ácidos mostraron una menor mortalidad. Asimismo, Kopecký et al. (2012) reportaron mortalidades de hasta el 0,00% en grupos tratados con ácidos orgánicos, en contraste con el 1,67% en aquellos que no recibieron tratamiento. De igual manera, podría estar relacionado con que tienen un efecto en la reducción de la proliferación de microorganismos y esto debería disminuir la incidencia de infecciones bacterianas agudas en los animales (Van Immerseel et al., 2010). El sistema digestivo está muy relacionado al sistema inmunológico, por lo que los productos que favorezcan la salud intestinal tendrán un efecto beneficioso a nivel inmune, generando así, un resultado positivo sobre la mortalidad de un lote (Broom et al., 2015).

Respecto a la integridad intestinal, los resultados son coincidentes con estudios previos en el campo (Ángel-Isaza et al., 2019), en los cuales el uso de ácidos orgánicos en avicultura mejora la integridad intestinal de las aves (Haq et al., 2017). Incluso, en otras investigaciones similares que evalúan integridad intestinal, se ha observado una tendencia similar, donde grupos de pollos tratados con ácidos orgánicos mostraron mayores valores de integridad, hasta un 83,33%, mientras que los no tratados presentaron un 58,90% (Vieira et al., 2022).

Esta diferencia puede estar relacionada con el efecto de los ácidos, que al reducir el crecimiento bacteriano disminuyen los efectos gastrointestinales asociados con la proliferación excesiva de bacterias o las infecciones por agentes patógenos. Como resultado, es menos probable que se desarrollen cuadros de enteritis, lo que se traduce en paredes intestinales normales, sin procesos de degradación bacteriana (Samad, 2022). Esta es una de las razones por las cuales la integridad intestinal se considera un factor de gran relevancia, ya que es fundamental para mantener la correcta permeabilidad del intestino, la eficiencia en la absorción de nutrientes (Ducatelle et al., 2023) y limitar la adhesión y replicación de patógenos intestinales en su pared (Fernandes et al., 2014).

Por lo tanto, es crucial entender la dinámica de equilibrio que existe en la mucosa intestinal. Esta está influenciada por diversos factores, incluidas las células epiteliales, la capa mucosa, la microbiota intestinal y las células inmunitarias presentes en esta parte del intestino (Elnesr et al., 2020).

CONSIDERACIONES FINALES

La combinación de cuatro ácidos orgánicos administrados en el agua de bebida de pollos de engorde (específicamente ácido cítrico al 1,0%, ácido ascórbico al 1,1%, ácido láctico al 0,9% y ácido acético al 0,9%) mostró efectos significativos en las variables estudiadas. En la microbiota intestinal se observó una reducción en la presencia de bacterias patógenas como *Clostridium perfringens* y *Bordetella* sp. En términos de ganancia de peso, se registró un incremento significativo del 10,72% en comparación con el grupo Control, y la mortalidad se redujo en un 50% respecto a este mismo grupo. Otro hallazgo relevante fue el impacto positivo en la integridad intestinal del grupo tratado, que mostró un incremento del 38,03% en comparación con el Control. Estos resultados resaltan la necesidad de profundizar en investigaciones que comparen los efectos de los ácidos orgánicos frente a los antibióticos comerciales, especialmente en su capacidad para mejorar parámetros productivos y reducir la mortalidad. Asimismo, sería importante evaluar su impacto en otras especies de producción, considerando tanto los beneficios en la salud intestinal como otros indicadores relevantes para la industria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las estudiantes por su labor profesional en la supervisión del proyecto. Extendemos nuestro reconocimiento a Tania Carolina Ayala Zelaya y Madeline Michelle Avelar Jiménez, quienes colaboraron en el manejo diario del lote de pollos, así como al personal del campo experimental de la Universidad Alberto Masferrer, por su apoyo en la logística asociada al experimento.

LITERATURA CITADA

- Akşit, M., E. Göksoy, F. Kök, D. Özdemir, y M. Özdoğan. 2006. The impacts of organic acid and essential oil supplementations to diets on the microbiological quality of chicken carcasses. *Archiv fur Geflugelkunde*, 70 (4): 168–173. <https://www.european-poultry-science.com/the-impacts-of-organic-acid-and-essential-oil-supplementations-to-133diets-on-the-microbiological-quality-of-chicken-carcasses,QUIEPTQyMTcxOTQmTUIEPTE2MTAxNA.html>.
- Ángel-Isaza, J., N. Mesa-Salgado, y W. Narváez-Solarte. 2019. Ácidos orgánicos, una alternativa en la nutrición avícola: una revisión. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 14 (2): 45–58. <https://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/4808>.
- Broom, L. J., M. Wood, E. Park, y U. Kingdom. 2015. Organic acids for improving intestinal health of poultry. *World's Poultry Science Journal*, 71: 630–642. doi: 10.1017/S0043933915002391.
- Calvo, J., y L. Martínez-Martínez. 2009. Mecanismos de acción de los antimicrobianos. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 27 (1): 44–52. doi: 10.1016/j.eimc.2008.11.001.
- Chowdhury, R., K. M. S. Islam, M. J. Khan, M. R. Karim, M. N. Haque, M. Khatun, y G. M. Pesti. 2009. Effect of citric acid, avilamycin, and their combination on the performance, tibia ash, and immune status of broilers. *Poultry Science*, 88 (8): 1616–1622. doi: 10.3382/ps.2009-00119.
- Ducatelle, R., E. Goossens, V. Eeckhaut, y F. Van Immerseel. 2023. Poultry gut health and beyond. *Animal Nutrition*, 13: 240–248. doi: 10.1016/j.aninu.2023.03.005.
- Elnesr, S. S., M. Alagawany, H. A. M. Elwan, M. A. Fathi, y M. R. Farag. 2020. Effect of Sodium Butyrate on Intestinal Health of Poultry-A Review. *Annals of Animal Science*, 20 (1): 29–41. doi: 10.2478/aoas-2019-0077.

- Fernandes, B. C. S., M. R. F. V. Martins, A. A. Mendes, E. L. Milbradt, C. Sanfelice, B. B. Martins, E. F. Martins y C. Bresne. 2014. Intestinal integrity and performance of broiler chickens fed a probiotic, a prebiotic, or an organic acid. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*, 16 (4): 417–424. doi: 10.1590/1516-635x1604417-424.
- Giannenas, I., E. Papadopoulos, E. Tsalie, E. Triantafillou, S. Henikl, K. Teichmann, y D. Tontis. 2012. Assessment of dietary supplementation with probiotics on performance, intestinal morphology and microflora of chickens infected with *Eimeria tenella*. *Veterinary Parasitology*, 188 (1–2): 31–40. doi: 10.1016/j.vetpar.2012.02.017.
- GNU Project. 2015. GNU PSPP. Versión 0.8.5. Free Software Foundation. Boston, MA.
- Haq, Z., A. Rastogi, R. K. Sharma, y N. Khan. 2017. Advances in role of organic acids in poultry nutrition: A review. *Journal of Applied and Natural Science*, 9 (4): 2152–2157. doi: 10.31018/jans.v9i4.1502.
- Herrera-Soto, D., y H. Benavides-Barquero. 2007. El Entorno internacional del sector avícola Centroamericano. Instituto Interamericano para la Cooperación en la Agricultura, San José, Costa Rica.
- Khan, S. H., y J. Iqbal. 2016. Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research*, 44 (1): 359–369. doi: 10.1080/09712119.2015.1079527.
- Kopecký, J., C. Hrnčár, y J. Weis. 2012. Effect of Organic Acids Supplement on Performance of Broiler Chickens. *Veterinary Medicine International*, 1: 45. doi: 10.4061/2010/479485.
- Macgowan, A., y E. Macnaughton. 2017. Antibiotic resistance. *Medicine*, 45 (10), 622–628. doi: 10.1016/j.mpmed.2017.07.006.
- Mani-López, E., H. S. García, y A. López-Malo. 2012. Organic acids as antimicrobials to control *Salmonella* in meat and poultry products. *Food Research International*, 45 (2): 713–721. doi: 10.1016/j.foodres.2011.04.043.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador). 2024. Meteorología. <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia>.

- Mirza, M. W., Z. U. Rehman, y N. Mukhtar. 2016. Use of Organic Acids as Potential Feed Additives in Poultry Production. *Journal of World's Poultry Research*, 6 (3): 105–116.
- Nowakiewicz, A., P. Zieba, S. Gnat, y Ł. Matuszewski. 2020. Last Call for Replacement of Antimicrobials in Animal Production: Modern Challenges, Opportunities, and Potential Solutions. *Antibiotics*, 9 (12): 883. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33317032/>.
- Odugbo, M. O., U. Musa, S. O. Ekundayo, P. A. Okewole, y J. Esilonu. 2006. *Bordetella avium* Infection in Chickens and Quail in Nigeria: Preliminary Investigations. *Veterinary Research Communications*, 30: 1–5. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11259-005-3206-z>.
- Polycarpo, G. V., I. Andretta, M. Kipper, V. C. Cruz-Polycarpo, J. C. Dadalt, P. H. M. Rodrigues, y R. Albuquerque. 2017. Meta-analytic study of organic acids as an alternative performance-enhancing feed additive to antibiotics for broiler chickens. *Poultry Science*, 96 (10): 3645–3653. doi: 10.3382/ps/pex178.
- Rosas-Leal, D. A., D. P. López-velandia, M. I. Torres-caycedo, y M. A. Merchán. 2019. Perfiles de susceptibilidad de grupos bacterianos aislados de productos cárnicos en Tunja , Boyacá. *Revista Investigación en Salud. Universidad de Boyacá*, 6 (2): 19–39. <https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/rs/article/view/439>.
- Samad, A. 2022. Antibiotics Resistance in Poultry and its Solution. *Devotion Journal of Community Service*, 3 (10): 999–1020. doi: 10.36418/dev.v3i10.206.
- Scicutella, F., F. Mannelli, M. Daghigho, C. Viti, y A. Buccioni. 2021. Polyphenols and organic acids as alternatives to antimicrobials in poultry rearing: A review. *Antibiotics*, 10 (8). doi: 10.3390/antibiotics10081010.
- Sterzo, E. V., J. B. Paiva, A. L. Mesquita, O. C. Freitas Neto, y A. Berchieri. 2007. Organic acids and/or compound with defined microorganisms to control *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis* experimental infection in chickens. *Revista Brasileira de Ciencia Avícola*, 9 (1): 69–73. doi: 10.1590/S1516-635X2007000100010.

Swirski, A. L., H. Kasab-Bachi, J. Rivers, y J. B. Wilson. 2020. Data driven enhancements to the intestinal integrity (I2) index: A novel approach to support poultry sustainability. *Agriculture*, 10 (8): 1–13. doi: 10.3390/agriculture10080320.

Van Immerseel, F., J. De Buck, F. Pasmans, G. Huyghebaert, F. Haesebrouck, y R. Ducatelle. 2010. *Clostridium perfringens* in poultry : an emerging threat for animal and public health. *Avian Pathology*, 33 (6): 537–549. doi: 10.1080/03079450400013162.

Vieira, M. S., M. L. Moraes, T. B. Stefanello, F. Bertollini Junior, G. M. M. Silva, J. M. M. Tavares, C. Y. Nakamatsu, L. C. R. V. Arantes, y E. Satin. 2022. Intestinal health improvement with protected organic acids and essential oils for pullets raised under field conditions. *Frontiers in Animal Science*, 3: 1–12. doi: 10.3389/fanim.2022.1001189.