

Efecto de un aditivo comercial a base de compuestos bioactivos (Carvacrol, Cinamaldehído, Capsicum y Cúrcuma) sobre la performance productiva y la salud intestinal en pollos parrilleros

Effect of a commercial additive based on bioactive compounds (carvacrol, cinnamaldehyde, capsicum and cúrcuma) on productive performance and intestinal health in broiler chickens

LUNA, MJ^{1,2}; RODRÍGUEZ, C³; CONIGLIO, MV¹; ORTIZ, ME¹; CAVERZAN, M^{2,4}; WATSON, S¹; CORTI ISGRO, M^{2,4}; PARADA, J^{2,4}; MAGNOLI, AP^{1,2}

¹Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta 36, km 601, (5800) Río Cuarto, Córdoba, Argentina. ²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Godoy Cruz 2290, Buenos Aires, Argentina. ³BEDSON S.A. Las Palmeras 2240 – CP 1629, La Lonja, Pilar, Buenos Aires, Argentina. ⁴Departamento de Patología Animal Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta 36, km 601, (5800) Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio preliminar fue evaluar el efecto de un aditivo comercial a base de compuestos bioactivos sobre los parámetros productivos y la salud intestinal en pollos parrilleros. Se utilizaron 100 pollos parrilleros (Cobb) de 1 día de edad, se pesaron y se seleccionaron en 2 grupos de tratamiento con 10 réplicas/ 5 aves por replica. Durante el período experimental (48 días), los pollos recibieron una dieta iniciadora y una terminadora. Tratamiento (T) T1: dieta basal (DB - Control); T2: DB + aditivo comercial (100g/T). Se determinaron parámetros productivos, histomorfométricos intestinales, concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) y recuento de bacterias lácticas y entéricas. La GPVS mostró diferencias significativas con la adición del aditivo comercial comparado con el T1 en la semana 21 ($p < 0,05$); cuando se adicionó el aditivo comercial los parámetros productivos mostraron una tendencia positiva obteniendo un mayor índice de productividad; los niveles de AGV y el recuento de bacterias lácticas fueron mayores en T2 ($p < 0,05$). En conclusión, la suplementación con el aditivo comercial mostró una tendencia creciente en los parámetros productivos, moduló positivamente la salud intestinal en pollos parrilleros, al menos a la dosis y con el número de animales utilizados, constituyendo una posible alternativa al reemplazo de antibióticos como promotores del crecimiento. En base a estos resultados se propone realizar un ensayo *in vivo* con un número mayor de animales y comparar la eficiencia con la inclusión de antibiótico como promotores del crecimiento.

Palabras clave: (aditivo comercial), (aves), (parámetros productivos), (biota intestinal), (ácidos grasos volátiles).

SUMMARY

This preliminary study aimed to evaluate the effect of a commercial additive based on bioactive compounds on the productive parameters and intestinal health in broiler chickens. A total of 100 one-day-old Cobb birds were used, and at 7 days were weighed and randomly selected into 2 treatment groups with 10 replicates/5 birds per replicate. During the experimental period (48 days), the broiler chickens received the starter and finisher diet. Treatment (T) T1: basal diet (BD - Control); T2: BD + commercial additive (100g/T). The histomorphometric parameters of the intestine, along with volatile fatty acids concentration and counts of lactic and enteric bacteria, were determined. At week 21, the addition of commercial additive resulted in significant differences in weekly live weight gain compared to T1 ($p < 0.05$). The addition of commercial additive showed a positive trend in productive parameters and obtained a higher productivity index. The levels of volatile fatty acids and the count of lactic bacteria were found to be higher in T2 as compared to the control ($p < 0.05$). In conclusion, supplementation with the commercial additive showed an increasing trend in productive parameters, positively modulated intestinal health in broiler chickens, at least at the dose and with the number of animals used, constituting a possible alternative to replacing antibiotics as promoters of growth. Based on these results, it is proposed to carry out an *in vivo* trial with a higher number of animals and compare the efficiency with the inclusion of antibiotics as growth promoters.

Keywords: (commercial additive), (broiler chickens), (productive parameters), (gut microbiota), (volatile fatty acids).

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a las cifras aportadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, en los últimos años se ha incrementado en Argentina el consumo de carne de ave, la ingesta anual promedio se ha estimado en 45,68 kg por habitante. La producción total de carne aviar fue de 2,3 toneladas en el año 2021¹⁸. Argentina tiene un protagonismo importante en el mercado internacional de carne de ave, en el que ocupa el octavo lugar como productor y el sexto como exportador.

La crianza intensiva utiliza nuevos métodos de alimentación como así también antibióticos para favorecer la productividad. Los antibióticos se han suministrado a los animales de granja junto con la dieta con un doble propósito: por un lado, permitir la prevención o el tratamiento de los cuadros bacterianos y por otro, para favorecer el crecimiento de los animales. Sin embargo, desde hace algunos años, el uso de antibióticos se ha restringido en ciertos países¹¹. Desde 2006, la Unión Europea instauró la prohibición total del uso de antibióticos promotores de crecimiento en la alimentación animal (EU)¹¹. El uso de estos productos en forma indiscriminada produjo la

aparición de cepas bacterianas resistentes y residuos de antibióticos pueden estar presentes en los tejidos animales destinados al consumo humano³³. Una de las estrategias para sustituir el uso de antibióticos como promotores del crecimiento es el uso de compuestos bioactivos como prebióticos, fitobióticos y probióticos, que estimulan la eubiosis y la estabilidad de la biota intestinal permitiendo la integridad y funcionalidad de la mucosa digestiva^{1,3,5}.

En las aves de corral, la buena salud intestinal es la base sobre la cual se construye la salud general y el bienestar de las aves. El término salud intestinal abarca varios elementos o componentes de la función gastrointestinal, como una digestión y absorción óptima de nutrientes, una microbiota diversa y estable, un sistema inmunitario intestinal eficaz, una barrera intestinal fuerte contra patógenos y toxinas, así como un sistema neuroendocrino competente¹⁵.

El uso de prebióticos, fitobióticos o fitogénicos en las dietas avícolas para promover la salud de las aves ha tomado especial relevancia en la actualidad. Entre los productos fitobióticos que

pueden ser utilizados como fuente de alimentación para los pollos parrilleros se encuentra CLOXITAM® por el efecto de sus compuestos bioactivos (carvacrol, cinamaldehído, oleorresina de capsicum, oleorresina de cúrcuma).

El carvacrol es el principal componente activo de los aceites esenciales de orégano y tomillo, es un monoterpeno fenólico donde el timol y el carvacrol, son los dos componentes activos más predominantes¹⁶. El cinamaldehído, y la oleorresina de capsicum se utilizan como anticoccidial, antibacteriano y promotor de crecimiento natural, lo cual contribuye a mejorar los parámetros productivos de las aves^{14,27}. La oleorresina de capsicum mejora la absorción de los nutrientes presentes en la dieta. Oleorresina de cúrcuma: los fitoquímicos curcumino, la demetoxicurcumina y la bisdemetoxicurcumina son los principales compuestos en los rizomas, polvos y extractos, mientras que las concentraciones de arturmerona, α y β turmerona están relacionadas con la calidad de los aceites de cúrcuma y los productos de oleorresina²⁶.

El objetivo de este ensayo preliminar fue evaluar el efecto del aditivo comercial a base de compuestos bioactivos sobre los parámetros productivos y salud intestinal de pollos parrilleros.

MATERIALES Y MÉTODOS

El protocolo de trabajo y las técnicas utilizadas cumplen con las normas del Subcomité de Bioética Animal dependiente del Comité de Ética en Investigación Científica de la Universidad Nacional de Río Cuarto (383/22).

Aditivo comercial

CLOXITAM® se comercializa en Argentina bajo la licencia de (BEDSON S.A, Pilar, Argentina) y se utilizó en las dosis recomendadas por el proveedor. El aditivo comercial fue formulado con los siguientes ingredientes activos: carvacrol, cinamaldehído, oleorresina de capsicum, oleorresina de cúrcuma.

Diseño experimental

Se utilizaron pollos machos de un día de edad (Cobb) vacunados contra la enfermedad de Marek obtenidos de un criadero comercial, se mantuvieron

bajo iluminación fluorescente continua durante los primeros 3 días, luego se les proporcionó 1 h de oscuridad hasta los 7 días de edad, posteriormente se les proporcionó 4 h de oscuridad, con alimento y agua *ad libitum* durante todo el ensayo. Las aves se alojaron en jaulas cuyas dimensiones eran las siguientes: 1,66 x 1,50 m cada jaula está formada por 6 corrales de 80 x 40 mts cada corral está subdividido en 2 corrales por nivel, presentando cada jaula 3 pisos o niveles. Los pollos se estabilizaron durante 7 días, el día 8 se pesaron individualmente y se seleccionaron al azar un total de 100 aves (dos tratamientos/diez réplicas, cinco pollos parrilleros/réplica). Durante el período experimental (48 días de ensayo, 55 días de edad), los pollos parrilleros recibieron la dieta correspondiente a cada tratamiento. En la experiencia se utilizó una dieta de iniciación y otra de terminación (dieta basal DB) cuya presentación fue harina. La dieta basal se basó en maíz y soja, lo que cumple con las reglas y regulaciones de los requisitos del National Research Council (NRC)²⁵ para pollos parrilleros (Tabla 1). Las diferentes dietas se prepararon mezclando el aditivo comercial liofilizado en un mezclador industrial. Los tratamientos se formularon de la siguiente manera: tratamiento (T) T1: dieta basal (DB - control); T2: DB + aditivo comercial (100g/T). Los diferentes tratamientos fueron suministrados durante todo el periodo experimental.

Parámetros evaluados

Composición química del alimento balanceado y análisis de micotoxinas. Se evaluó la composición química de los alimentos balanceados (iniciador y terminador) de acuerdo con la metodología recomendada por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995)⁴, incluyendo materia seca (MS, método 934.01), energía metabólica (EM), cenizas totales (método 930.05), proteína cruda (CP) (método 968.06) y extracto etéreo (método 920.39). Todos los análisis se realizaron por duplicado, con significancia de $p < 0,05$.

Además, se tomaron muestras de alimento balanceado terminador (1kg) al comienzo de la prueba según las recomendaciones de la Comisión Europea (Reglamento 401/2006 (CE, 2006)¹⁰ y su modificación por el Reglamento 519/2014 (CE, 2014)¹⁰ para posteriormente analizar los niveles de micotoxinas: Aflatoxinas (AFs), Fumonisin (FB1) y deoxynivalenol (DON), analizados a través del método de

inmunoabsorción ligado a enzimas ELISA según Gimeno¹³ (Tabla 1).

Parámetros productivos. Los pollos parrilleros se pesaron al inicio, semanalmente y al final del ensayo, se monitorearon diariamente para detectar signos de morbilidad, mortalidad y crecimiento. Se determinaron los parámetros productivos como peso vivo (PV), ganancia de peso vivo semanal (GPVS), ganancia de peso vivo total (GPVT) calculada como la diferencia entre el peso final e inicial, consumo total calculado como la diferencia entre el alimento ofrecido y el remanente (CT) índice de productividad calculado como la diferencia entre el índice de eficiencia y viabilidad sobre la conversión²¹ e índice de conversión total calculado como el cociente entre CT y la GPVT (ICT).

Determinación de ácidos grasos volátiles. Al final del período experimental (48 días de ensayo, 55 días de edad), se realizó la eutanasia de 40 pollos (20 pollos/tratamiento) por sangría a blanco como lo recomienda el comité de ética de la UNRC (383/22). Se procedió a la necropsia detallada de las aves. Muestras del contenido cecal fueron recolectadas en tubos rotulados los cuales fueron congelados a -20 °C hasta la determinación de la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) siguiendo la metodología de Park *et al.*²⁹ con algunas modificaciones. Se agregó 1 mL de agua bidestilada a 1g del contenido cecal, se centrifugó a 5000g por 20 min. a 4 °C. Luego se agregaron 200µL de ácido metafosfórico 25% (p/v) y se centrifugó a 5000g por 10 min. a 4 °C. El sobrenadante fue analizado por cromatografía gaseosa (CG) para determinar el contenido de ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico utilizando estándares o patrones (Sigma Aldrich). Se utilizó un cromatógrafo de gases (CG) (Agilent 7890A, Estados Unidos) equipado con un detector de ionización de llama (FID), con un inyector automático (Agilent 7693A, Estados Unidos), una columna DB-FFAP 30m x 0,25mm x 0,25µm (soporte de 5 pulgadas, AGILENT), gas portador He 14,4 mL/min, con una temperatura inicial 110 °C 5 m, elevada a 180 °C 8 °C/m por 1m, elevada a 200 °C a 20 °C/m. durante 5 min. La temperatura en el detector fue de 240 °C, en el inyector fue de 200 °C, flujo de H₂ 30 mL/m., aire 300 mL/m., N₂ 20 mL/m., el volumen de inyección fue de 1µL, con un tiempo de corrida de 20 min.

Recuento de bacterias lácticas y entéricas. Posteriormente se recolectaron muestras del contenido cecal (20 /tratamiento)

mediante un corte en el extremo, colocando aproximadamente 1mL de su contenido en Eppendorfs estériles rotulados. Las muestras fueron llevadas a 4 °C hasta su determinación siguiendo la metodología de Baroni *et al.*⁷. Previo a la siembra en placa se realizaron diluciones seriadas con un factor de dilución 10, posteriormente se realizó la siembra en placa en los medios MRS (Man Rogosa Sharp) para Bacterias Lácticas y MacConkey para Enterobacterias luego fueron incubadas por 24 h. La evaluación de la microbiota intestinal se llevó a cabo por recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) en los diferentes medios.

Parámetros histomorfométricos. Durante la necropsia se tomaron 20 muestras por tratamiento de duodeno de aproximadamente 6 mm² en un punto medio del duodeno, desde la molleja hasta los conductos pancreáticos y biliares. Se seleccionaron y fijaron en formalina tamponada neutra al 10 %. Los tejidos fijados se recortaron, se embebieron en parafina y se tiñeron con hematoxilina-eosina para su examen histopatológico por microscopía óptica (MO). Las imágenes digitales se capturaron con un microscopio Axiophot (Carl Zeiss, Thornwood, NY) equipado con una cámara digital Power Shot G6 de 7.1 megapíxeles de alta resolución (Canon INC, Japón). El análisis de la imagen digital se realizó con Axio visión AxioVs40 V4.6.3.0. software (Carl Zeiss, Gotinga, Alemania).

Las medidas morfométricas tomadas de las secciones histológicas intestinales incluyeron la longitud y el ancho de las vellosidades y la profundidad de las criptas intestinales. La relación entre vellosidad y cripta se estimó dividiendo la altura de la vellosidad por la profundidad de la cripta²⁴.

Área de absorción aparente. El área de superficie de absorción de la vellosidad duodenal se estimó considerando una vellosidad como una estructura cilíndrica²⁴. El área de superficie de absorción de las vellosidades se calculó utilizando la siguiente fórmula de acuerdo con Sohail, *et al.*³¹: Superficie de absorción de vellosidades = $2\pi \times (\text{ancho de las vellosidades} / 2) \times \text{altura de las vellosidades}$.

Análisis estadístico de los datos

Los datos fueron analizados por un modelo lineal (versión 2.03 para Windows 2012; Universidad de Córdoba, Argentina). Los datos fueron analizados por análisis de varianza (ANOVA) y se compararon utilizando la prueba

de la mínima diferencia significativa protegida de Fisher (LSD) ($p < 0,05$).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestra la composición química del alimento y las concentraciones de

micotoxinas. La composición química del alimento cumple con los requisitos nutricionales de la línea comercial⁸. Los niveles de aflatoxinas y deoxynivalenol no fueron detectados por la técnica, mientras que los niveles de fumonisinas fueron de 2.200 ppb, siendo las concentraciones máximas tolerables o los límites recomendados en la bibliografía de 5.000 ppb para aves jóvenes y 8.000 ppb para aves adultas¹³.

Tabla 1. Composición nutricional de dieta basal (g/kg) y concentración de micotoxinas.

Ingredientes	Dietas	
	Iniciador	Terminador
Maíz amarillo	629,0	672
Harina de soja	226,0	190,0
Soja tratada térmicamente	55,0	50,0
Harina de carne y huesos	69,0	70,0
Mezcla de vitaminas y minerales ¹	1,50	1,5
NaCl	2,00	2,0
Conchilla	3,50	3,0
Aceite de girasol	10,0	10,0
DL-Metionina	1,6	1,0
L-Lisina	1,0	—
Monensina	0,5	0,5
Total	1.000,0	1.000,0
Composición Proximal (g/kg dieta)		
Proteína bruta	203,3	189,0
Grasa bruta	54,7	55,3
Fibra bruta	33,4	30,8
Calcio	9,7	9,5
Fosforo total	5,9	5,7
Lisina	11,4	9,3
Metionina	5,0	4,2
Triptófano	2,4	2,2
EM, kcal.kg	3.047,0	3.062,0
MS%	88	88
Cenizas%	7,2	7,6
PC (gr/kgMS)	220	180,4
EE%	2,2	3,3
FDA%	5,99	6,33
Energía(kcal EM/kg MS)	2.975	3.180
Micotoxinas(ppb)		
AFs	ND	ND
FBI	ND	2.20
DON	ND	ND

¹La premezcla contenía lo siguiente por kg de polvo: calcio 10,2%, almidón 0,016%, fibra bruta 0,012%, vitamina A 1.600.000 UI, vitamina D3 320.000 UI, vitamina E 4.800 UI, vitamina B1 320 mg, vitamina B2 800 mg, vitamina B6 640 mg, vitamina B12 3.200µg, vitamina K3 320 mg, ácido pantoténico 1.600 mg, niacina 6.400 mg, biotina 24.000µg, ácido fólico 160 mg, cloruro de colina 24.000 mg, hierro 6.400 mg, yodo 160 mg, cobre 1.600 mg, manganeso 12.800 mg, zinc 9.600 mg, selenio 24 mg. EM: energía metabólica; MS: Materia Seca; PC: proteína cruda; EE: Extracto etéreo; FDA: fibra detergente ácida; AFs: aflatoxinas; FBI: fumonisina B1; DON: deoxynivalenol. ppb: partes por billón; ND: no detectada.

En la Figura 1 se muestra el efecto del aditivo comercial sobre el peso vivo de los pollos parrilleros durante el periodo experimental de 48 días de ensayo y 55 días de edad. Durante el ensayo los pesos vivos de los animales no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. Sin embargo, a partir de los 21 días del ensayo hasta la finalización del mismo, los animales del T2 mostraron un incremento creciente del peso vivo mayor a T1.

En la Figura 2 se muestra el efecto del aditivo comercial sobre ganancia de peso vivo semanal y total de los pollos parrilleros durante el periodo experimental de 48 días de ensayo y 55 días de edad. La ganancia de peso vivo semanal (GPVS) no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos durante la 1^{ra} y 2^{da} semanas del

ensayo. Mientras que en la 3^{ra} semana del ensayo la GPVS mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, siendo mayor para el T2, seguido por T1. A partir de la 4^{ta} semana de ensayo y hasta la finalización la GPVS no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. La ganancia de peso vivo total (GPVT) si bien no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos, los valores muestran una tendencia positiva para el T2. El índice de conversión total (ICT) determinado a los 55 días de edad, 48 días de ensayo no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. El índice de productividad fue calculado y los valores más altos fueron obtenidos para las aves alimentadas con el aditivo comercial (179,28) comparado con el control (163,57), indicando una mejor eficiencia del lote.

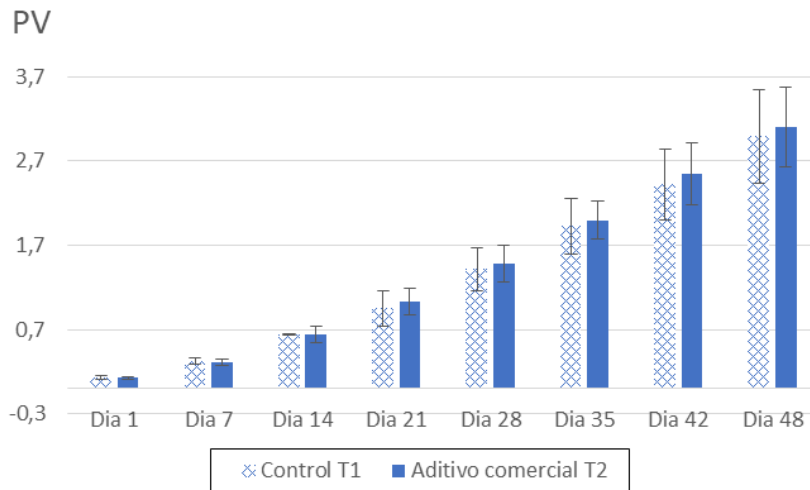


Figura 1. Evolución del peso vivo en pollos parrilleros alimentados con una dieta basal (DB) control (T1) y DB más aditivo comercial (T2). Los valores son medias (\pm DE) no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

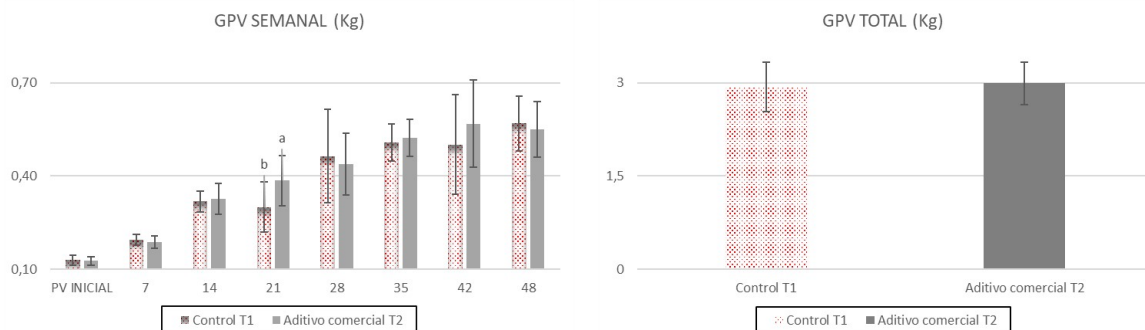


Figura 2. Evolución de la ganancia de peso vivo semanal (GPVS) y ganancia de peso vivo total (GPVT) en pollos parrilleros alimentados con una dieta basal (DB) control (T1) y DB más aditivo comercial (T2). Los valores son medias (\pm DE). ^{a,b} letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

En Tabla 2 se muestran las concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV) del contenido cecal en pollos parrilleros al final del periodo experimental de 48 días de ensayo y 55 días de edad. Los niveles de los AGV evaluados mostraron

diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Se observó un importante efecto de la adición del aditivo comercial sobre los niveles de ácido butírico, propiónico y acético, comparados con el tratamiento control.

Tabla 2. Influencia del aditivo comercial sobre la concentración de ácidos grasos volátiles en el contenido cecal de pollos parrilleros al final del periodo experimental.

Tratamientos	Ácido Acético	Ácido Propiónico mM/g	Ácido Butírico
Control (T1)	9,19±5,83 ^a	1,04±0,63 ^a	1,82±1,62 ^a
Aditivo Comercial (T2)	13,58±7,51 ^b	1,34±0,71 ^b	2,77±1,42 ^b
p	0,002	0,0010	0,0013

^{a,b} Letras diferentes muestran diferencias significativas de acuerdo al test de Fisher ($p < 0,05$). Los valores son medias (\pm DE).

En la Tabla 3 se muestra el efecto del aditivo comercial sobre el recuento de bacterias lácticas y entéricas del contenido cecal en los pollos parrilleros. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) para

las bacterias lácticas. Las unidades formadoras de colonias (UFC) para las bacterias lácticas fueron mayores en el T2. Por otro lado, las UFC para las bacterias entéricas no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) siendo más altas en el T1.

Tabla 3. Influencia del aditivo comercial sobre el recuento de bacterias lácticas y entéricas en contenido cecal de pollos parrilleros.

Tratamientos	Bacterias lácticas UFC/mL	Bacterias entéricas UFC/mL
Control (T1)	1,95 ⁷ ±1,83 ^{7b}	2,25 ⁷ ±1,92 ⁷
Aditivo Comercial (T2)	9,29 ⁸ ±1 ^{9a}	1,91 ⁷ ±1,76 ⁷
p	0,0015	0,6404

^{a,b} Letras diferentes muestran diferencias significativas de acuerdo al test de Fisher ($p < 0,05$). Los valores son medias (\pm DE). UFC: unidades formadoras de colonias

La Figura 3 muestra las microfotografías de secciones de duodeno teñidas con Hematoxilina-Eosina. La Figura 3 (A) muestra secciones de duodeno del tratamiento control (T1) las cuales presentaron un correcto desarrollo de las vellosidades, sin signos de inflamación y atrofia. Buen desarrollo de linfocitos intraepiteliales (células del Sistema Inmune, que se localizan intercalados entre los enterocitos, constituyen la primera barrera de defensa). Las glándulas de Lieberkhum presentaron un desarrollo normal y respetan la proporción en el largo de vellosidad. La

Figura 3 (B) muestra secciones de duodeno de los animales del tratamiento 2 (aditivo comercial), las vellosidades presentaron un largo adecuado, sin presencia de células inflamatorias. Las glándulas de Lieberkhum presentaron un desarrollo normal y se observan linfocitos intraepiteliales considerándose normales. No se observaron diferencias significativas en el desarrollo de las vellosidades en ambos tratamientos.

En la Tabla 4 y Figura 3 se muestran los resultados obtenidos de la histomorfometría en relación a la altura de las vellosidades, la

profundidad de las criptas, relación y área de adsorción para los diferentes tratamientos. Los parámetros histomorfológicos no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p>0.05$), sin embargo, el área de absorción y

el radio mostraron una tendencia positiva con la adición del aditivo comercial. Además, el área de adsorción aparente tampoco mostró diferencias significativas en T2 al compararlo con el tratamiento control ($p>0.05$).

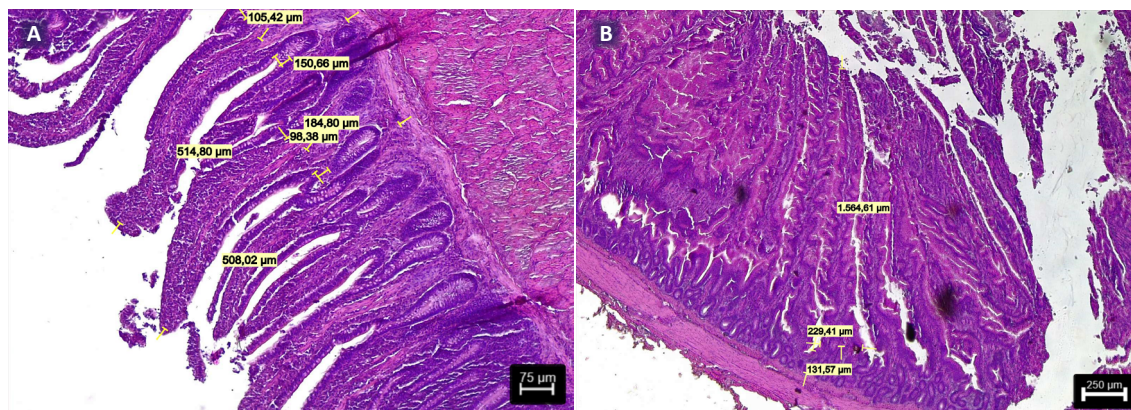


Figura 3. Microfotografías de secciones de duodeno de pollos parrilleros teñidas con Hematoxilina-Eosina 20x. (A) Tratamiento 1 (T1): Control; (B): Tratamiento 2 (T2): aditivo comercial.

Tabla 4. Influencia del aditivo comercial sobre los parámetros histomorfológicos en pollos parrilleros

Parámetros Histomorfológicos					
Tratamientos	Vellosidades Duodenales(μm)				
	Altura	Ancho	Profundidad Cripta	Área de Adsorción	Radio
Control (T1)	1.411,2±179,4	302,6±128,1	176,4±29,8	1.295.197,2±391.224,3	8,25±2,1
Aditivo Comercial (T2)	1.457,6±223,9	290,4±61,6	175,7±61,7	1.329.798,5±344.694,4	8,30±2,4

Sin diferencias significativas de acuerdo a la prueba de diferencia mínima significativa LSD de Fisher ($p > 0.05$). Los valores son medias (\pm DE).

DISCUSIÓN

El aditivo comercial evaluado en este estudio está formulado con productos naturales ricos en compuestos bioactivos, empleados en la alimentación animal para mejorar el desempeño productivo e influir en el crecimiento y la salud de los animales⁶. Otros estudios han demostrado que el efecto de los fitobióticos sobre el crecimiento y la promoción de la salud está asociado con sus actividades biológicas, incluyendo su actividad antimicrobiana, antioxidante, inmunomoduladora y antiinflamatoria⁶. Los fitobióticos mejoran los parámetros productivos debido a su capacidad para mantener la función digestiva y la microbiota selectiva al estimular

el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino, favoreciendo indirectamente el sistema inmunológico, además, producen un mayor desarrollo de la mucosa digestiva mejorando así la digestibilidad y la absorción de nutrientes^{6,19}. Los parámetros productivos evaluados en este estudio fueron mejorados con la adición del fitobiótico. Estos resultados están de acuerdo con diferentes investigaciones las cuales han demostrado que la adición de fitobióticos mejora los parámetros productivos^{12,17,34}. Además, Oñate *et al.*²⁷ obtuvieron mejoras en los parámetros productivos con la inclusión de harina de ají de ratón (*Capsicum Minimum*) en dosis de 350

y 500g/T a pollos parrilleros. Toghiani *et al.*³⁴ demostraron que la inclusión de 2g/kg de canela en la dieta tuvo un efecto positivo sobre los parámetros productivos a los 28 días de edad y a los 42 días de edad. Mpofu *et al.*²² obtuvieron efectos beneficiosos sobre la ganancia diaria promedio (GMD) con la inclusión de 5g de *Lippia javanica* por kg de alimento en pollos parrilleros.

El aumento de las concentraciones de los ácidos grasos volátiles tiene efectos beneficiosos sobre la energía, el metabolismo, la microbiota y las respuestas inmunitarias²⁸. En este estudio la concentración de ácidos grasos volátiles fue mayor en los animales alimentados con el fitobiótico. Estos resultados están parcialmente de acuerdo con diferentes autores quienes encontraron niveles crecientes de AGV en aves suplementadas con probióticos y prebióticos^{2, 9, 28}.

La presencia de los aceites esenciales en las dietas de las aves puede cambiar la microbiota del intestino y alterar la actividad normal de la membrana bacteriana al interferir y alterar su permeabilidad, lo que lleva a un cambio en la población microbiana del intestino³². En este estudio la población de bacterias lácticas se vio aumentada y la de enterobacterias disminuida con la presencia del fitobiótico. Estos resultados están de acuerdo con Rastogi *et al.*³⁰ quienes demostraron que la inclusión de carvacrol promueve el crecimiento de *Lactobacillus* y *Bifidobacteria* y baja los niveles de enterobacterias (*Escherichia coli*). Estos resultados se correlacionan con los niveles de ácidos grasos volátiles (AGV) del contenido cecal, la bibliografía hace referencia a una correlación positiva entre los AGV y la microbiota intestinal favoreciendo el desarrollo de las bacterias lácticas^{30, 32}.

El intestino es un órgano importante que contribuye a algunas funciones importantes, incluida la digestión y la defensa del huésped. Cualquier deterioro en la función intestinal puede alterar la digestibilidad de los nutrientes; por lo tanto, el rendimiento de la salud y el crecimiento de los pollos podría disminuir. Un aumento de la altura de la vellosidad mejora el transporte de nutrientes y, por lo tanto, mejora el rendimiento de crecimiento de las aves. Los pollos de engorde crecen rápidamente, su epitelio intestinal tiene la capacidad de aumentar la absorción de nutrientes y luego convertir los nutrientes absorbidos en masa corporal²⁰. En este estudio las variables

histomorfológicas no fueron influenciadas por la inclusión del fitobiótico. Estos resultados están parcialmente de acuerdo con Yakhkeshi *et al.*³⁵ quienes demostraron que la inclusión de 35g/T de Sangrovit® (fitobiótico) no modificó los parámetros histomorfológicos. Contrariamente a nuestros resultados, Muhammad *et al.*²³ demostraron una mejora en la morfología intestinal de pollos alimentados con un fitobiótico a base de *Persicaria odorata* (8g/kg) y *Piper betle* (4g/kg).

En conclusión, la suplementación con el aditivo comercial mostró una tendencia creciente en los parámetros productivos, moduló positivamente la salud intestinal en pollos parrilleros, al menos a la dosis y con el número de animales utilizado, constituyendo una posible alternativa al reemplazo de antibióticos como promotores del crecimiento. En base a estos resultados se propone realizar futuramente un ensayo *in vivo* con un número mayor de animales para comparar la eficiencia con la inclusión de antibiótico como promotores del crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a BEDSON S.A. por la producción del aditivo comercial; el estudio fue financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y BEDSON S.A.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abd El-Hack, M.E.; El-Saadony, M.T.; Salem, H.M.; *et al.* Alternatives to antibiotics for organic poultry production: types, modes of action and impacts on bird's health and production. *Poultry Science*. 2022; (4):101696.
2. Al-Khalaifa, H.; Al-Nasser, A.; Al-Surayee, T.; *et al.* Effect of dietary probiotics and prebiotics on the performance of broiler chickens. *Poultry Science*. 2019; 98:4465-4479
3. Anadón, A.; Ares, I.; Martínez-Larrañaga, M.R. Prebiotics and Probiotics in Feed and Animal Health. *Nutraceuticals in Veterinary Medicine*. 2019. doi: 10.1007/978-3-030-04624-8_1
4. AOAC. Official Methods of Analysis of the AOAC, Washington, D.C. 15th, 1995; 136-138
5. Awad, W.A.; Ghareeb, K.; Abdel-Raheem, S.; Bohm, J. Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Science*. 2009; 88: 49-55
6. Ayalew, H.; Zhang, H.; Wang, J. Potential Feed Additives as Antibiotic Alternatives in Broiler Production. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9:916473
7. Baroni, M.R.; Zurbriggen, M.L.; Alvarez, C.; *et al.* Recuento de *Lactobacillus* Spp. en Materia Fecal de Ratones Sanos Alimentados con Leche Probiótica. *FABICIB*. 2005; 9(1): 181-188.
8. Broiler Guide. 2019. En: https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/ec35b0ab1e/Broiler-Guide-2019-ESP-WEB_2.22.2019.pdf
9. Durna Aydın, Ö.; Yıldız, G.; Merhan, O. Effects of probiotic (*Lactobacillus farciminis*) supplementation in quail (*Coturnix coturnix japonica*) rations on growth performance, blood antioxidant capacity and cecal some shortchain fatty acid concentrations. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*. 2021; 27 (1): 15-20. DOI: 10.9775/kvfd.2020.24541
10. European Commission (EC), 2014. Commission Regulation (EU) No 519/2014 of 16 May 2014 amending Regulation (EC) No 401/2006 as regards methods of sampling of large lots, spices and food supplements, performance criteria for T-2, HT-2 toxin and citrinin and screening methods of analysis. Official Journal of the European Union L 147: 29-43
11. (EU). European Union Regulation N° 1831/2003 of the European Parliament and of the council of 22 September. 2003). On additives for use in animal nutrition. 268, 29.
12. Ghasemi, H.A.; Kasani, N.; Taherpour, K. Effects of black cumin seed (*nigella sativa* L.), a probiotic, a prebiotic and a synbiotic on growth performance, immune response and blood characteristics of male broilers. *Livestock Science*. 2014; 164:128-134
13. Gimeno, A. Revisión de las concentraciones máximas tolerables para ciertas micotoxinas en el alimento. 2009. En: www.produccion-animal.com.ar
14. Majid, R., Rana, MB., Fiza, B., Kashif, Y., Mayada, R.F., Mahmoud, M., Shaaban, S. E., Nahed, A., El-Shall, K.D., Mahmoud A. Application of herbs and their derivatives in broiler chickens: a review, *World's Poultry Science Journal*. 2023; 79:95-117, DOI: 10.1080/00439339.2022.2151395 .
15. John, R.; Pluske Diana, L.; Turpin, Jae-Cheol Kim. Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig. *Animal Nutrition*. 2018; 4(2): 187-196.
16. Lawrence, BM. Progress in Essential Oils. *Perfumer & Flavorist*. 2008; 36: 221-225
17. Li, H.L.; Zhao, P.Y.; Lei, Y.; Hossain, M.M.; Kim, I.H. Phytoncide, phytogetic feed additive as an alternative to conventional antibiotics, improved growth performance and decreased excreta gas emission without adverse effect on meat quality in broiler chickens. *Livestock Science*. 2015; 181:1-6
18. MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca). Presidencia de la Nación. En: <http://www.minagri.gob.ar/site/ganaderia/aves>
19. Mehdi, Y.; Létourneau-Montminy, M.P.; Gaucher, M.L. Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal Nutrition*. 2018; 4(2):170-178. doi: 10.1016/j.aninu.2018.03.002. Epub Apr 3. PMID: 30140756; PMCID: PMC6103476
20. Mishra, B.; Jha, R. Oxidative Stress in the Poultry Gut: Potential Challenges and Interventions. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019; 6, 1-5.
21. Molero, C; Rincón, I. y Perozo, F. Factores de confort. Galpones controlados. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad del Zulia. Venezuela. Informe de Postgrado. 2001; 70p.
22. Mpofu, D.A.; Marume, U.; Mlambo V., Hugo A. The effects of *Lippia javanica* dietary inclusion on growth performance, carcass characteristics and fatty acid profiles of broiler chickens. *Animal Nutrition*. 2016; 2: 160-167.
23. Muhammad Abdul, B.; Arifah Abdul, K.; Teck Chwen, L.; *et al.* Comparative Efficacy of Selected Phytobiotics with Halquinol and Tetracycline on Gut Morphology, Ileal Digestibility, Cecal Microbiota Composition and Growth Performance in Broiler Chickens. *Animals*. 2020; 10, 2150.
24. Nain, S.; Renema, R.A.; Zuidhof, M.J.; Korver, D.R. Effect of metabolic efficiency and intestinal morphology on variability in n-3 polyunsaturated fatty acid enrichment of eggs. *Poultry Science*. 2012; 91, 888-898
25. National Research Council, (NRC). Nutrient requirements of chickens. En: Nutrient requirements

- of poultry. 8th rev. ed. National Academy Press, Washington DC 1994; 11–15.
26. Omonte Rodríguez, L.A.; Bustamante García, Z. Actividad Antioxidante, Antibacteriana y Citostática de Extractos de Cúrcuma (*Curcuma Longa*). *Gaceta Médica Boliviana*. 2022; 45(1); 12-16.
 27. Oñate, F.J.; Fiallos, L.; Duchi, N.; *et al.* Harina De Ají De Ratón (*Capsicum Mínimum*) Como Anticoccidial Natural En Pollos De Engorde, Manabí-Ecuador. *European Scientific Journal*. 2018; 14(12): 15
 28. Pan, D.; Yu, Z. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. *Gut Microbes*. 2014; 5:108–119.
 29. Park, S.H.; Kim, H.R.; Baek, Y.C. Effects of Dietary Inclusion Level of Microwave-Dried and Press-Defatted Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal on Productive Performance, Cecal Volatile Fatty Acid Profile, and Egg Quality in Laying Hens. *Animal Journal*. 2021; 11: 1486
 30. Rastogi, R.; Srivastava, A.K.; Srivastava, M.; Rastogi, A.K. Hepatocurative effect of picroliv and silymarin against aflatoxin B1 induced hepatotoxicity in rats. *Planta Médica*. 2000; 66: 709–713
 31. Sohail, M.U.; Hume, M.E.; Byrd, J.A. Effect of supplementation of prebiotic mannan-oligosaccharides and probiotic mixture on growth performance of broilers subjected to chronic heat stress. *Poultry Science*. 2012; 91: 2235–2240
 32. Tavangar, P.; Gharahveysi, S.; Rezaeipour, V.; Irani, M. Efficacy of phytobiotic and toxin binder feed additives individually or in combination on the growth performance, blood biochemical parameters, intestinal morphology, and microbial population in broiler chickens exposed to aflatoxin B1. *Tropical Animal Health and Production*. 2021; 21:53(3):335. doi: 10.1007/s11250-021-02778-0. PMID: 34021428
 33. Thibodeau, A.; Quessy, S.; Guévremont, E.; *et al.* Antibiotic resistance in *Escherichia coli* and *Enterococcus* spp. isolates from commercial broiler chickens receiving growth-promoting doses of bacitracin or virginiamycin. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 2008; 72:129-36
 34. Toghyani, M.; Toghyani, M.; Gheisari, A.; Ghalamkari, G.; Eghbalsaied, S. Evaluation of cinnamon and garlic as antibiotic growth promoter substitutions on performance, immune responses, serum biochemical and haematological parameters in broiler chicks. *Livestock Science*. 2011; 138: 167-173
 35. Yakhkeshi, S.; Rahimi, S.; Gharib Naseri, K. The Effects of Comparison of Herbal Extracts, Antibiotic, Probiotic and Organic Acid on Serum Lipids, Immune Response, GIT Microbial Population, Intestinal Morphology and Performance of Broilers. *Journal of Medicinal Plants*. 2011; 10: 37