

Respuesta fisiológica y de salud de pollos de engorde tratados con un aditivo probiótico

Physiological and health response of broiler chickens treated with a probiotic additive

Jorge Ricardo Guerrero-López^{1*}, Iván Roberto González-Puetate²,
Elaine Cristina Valiño-Cabrera³, Bárbara Rodríguez-Sánchez³,
Yaneisy García-Hernández³, Luciano Federico Montenegro-Gallazzi⁴

¹Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tungurahua, Ecuador.

²Universidad de Guayaquil, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guayas, Ecuador

³Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.

⁴Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ciencias Agrarias. Buenos Aires, Argentina.

*Autor de correspondencia: jr.guerrero@uta.edu.ec;

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la respuesta fisiológica y de salud de pollos de ceba tratados con un aditivo probiótico. El experimento se realizó en una Granja Avícola Experimental de Cevallos (Tungurahua, Ecuador), con 100 pollos de ceba Cobb500, de ambos sexos, 1 día de edad y 41 ± 2 g de peso vivo. Las aves se distribuyeron según diseño completamente aleatorizado en dos tratamientos con cinco repeticiones: control (T0) y aditivo al 0,2 % (T1). Cada repetición se consideró una unidad experimental compuesta por 10 aves. En la evaluación del aditivo, se seleccionaron al azar ocho animales por tratamiento y se determinaron indicadores morfo-fisiológicos, histológicos y de salud. Se observó que el peso relativo del intestino delgado de las aves a los 15 días de edad incrementó con el uso de 0,2 % del aditivo ($53,15$ vs $56,91$ g.kg⁻¹; $P = 0,0081$). Este efecto también se encontró para los ciegos a los 15 y 50 días y el timo a los 15 días ($3,22$ vs $4,77$ g.kg⁻¹; $P = 0,0005$). Además, a los 50 días con el aditivo, aumentó la altura y ancho de las vellosidades, la relación altura de las vellosidades: profundidad de las cristas ($4,19$ vs $5,25$; $P = 0,0473$) y el área de superficie de absorción de las vellosidades del duodeno ($0,68$ vs $1,04$ mm²; $P = 0,0006$), mientras que la concentración de IgM fue mayor a los 15 y 50 días. Asimismo se observaron variaciones benéficas en indicadores sanguíneos como proteínas totales, albúminas y relación albúminas/globulinas ($P < 0,05$). Los resultados permitieron comprobar que el aditivo en estudio produce efectos beneficiosos en la morfología de los órganos internos, modula la respuesta inmune y mejora la salud intestinal, lo que estimula los procesos de digestión y absorción de nutrientes. Por tanto, se demuestra que el aditivo ejerce actividad probiótica y pudiera ser utilizado en la producción avícola.

Palabras clave: Aves; bacterias; levaduras; salud intestinal; probiótico.

ABSTRACT

The aim was to determine the physiological and health response of broiler chickens treated with a probiotic additive. The experiment was carried out on an experimental poultry farm of Cevallos (Tungurahua, Ecuador), with 100 Cobb500 chickens, of both sexes, 1 day old and 41 ± 2 of live weight. The birds were distributed according to a completely randomized design in two treatments with five repetitions: control (T0) and 0.2 % of additive (T1). Each repetition was considered an experimental unit composed of 10 birds. In the evaluation of additive, eight animals per treatment are randomly selected, and morpho-physiological, histological and health indicators were determined. The relative weight of the small intestine of birds at 15 days of age to increase with the use of 0.2 % of the additive (53.15 vs. 56.91 g.kg⁻¹; $P = 0,0081$). This effect was also found for the ceca at 15 and 50 days and the thymus at 15 days (3.22 vs. 4.77 g.kg⁻¹; $P = 0,0005$). Furthermore, at 50 days with the additive, the height and width of the villi, the villus height:crista depth ratio (4.19 vs. 5.25 ; $P = 0.0473$) and the absorptive surface area of the duodenum villi (0.68 vs. 1.04 mm²; $P = 0.0006$) increased, while the concentration of IgM was higher at 15 and 50 days. Beneficial variations were also observed in blood indicators such as total proteins, albumins and albumin/globulin ratio ($P < 0.05$). The results showed that the additive under study produces beneficial effects on the morphology of internal organs, modulates the immune response and improves intestinal health, which stimulates digestion and nutrient absorption. Therefore, it is demonstrated that the additive produced probiotic activity and could be used in poultry production.

Key words: Birds; bacteria; yeast; bran; intestinal health; probiotic.

INTRODUCCIÓN

El sector avícola tiene un importantísimo papel en la economía mundial [1]. Este sigue en continuo crecimiento e industrializándose debido al poderoso impulso del crecimiento demográfico, el aumento del poder adquisitivo, los procesos de urbanización y el poderoso impulso del crecimiento demográfico, que tiene la proyección de alcanzar los 9,6 billones para el 2050 [2].

La crianza de aves contribuye a cubrir las demandas de proteína animal de la población humana [3]. Aunque, la producción intensiva está ampliamente expuesta a numerosas situaciones estresantes, problemas relacionados con la salud y condiciones ambientales que provocan enormes pérdidas económicas para la industria [4]. Una de las estrategias para contrarrestar la problemática anterior es la aplicación de aditivos zootécnicos que mejoren la salud y productividad de los animales. Entre estos, en las últimas décadas, se destacan los probióticos con bacterias lácticas y levaduras, prebióticos, fitobióticos, acidificantes y sustancias bioactivas, que inciden en mejoras de la salud intestinal y de los procesos de digestión y absorción, así como en el rendimiento productivo de las aves [5, 6]. Aditivos que, a su vez, constituyen una alternativa al uso de los antibióticos promotores del crecimiento animal y a reducir la generación de resistencia a los antimicrobianos [7].

En el caso de Ecuador, la industria avícola también tiene un rol importante en la economía del país y es practicada en diferentes niveles económicos y sociales, por ser una de las fuentes más importantes de trabajo y su relativo bajo costo de producción [8]. En un análisis acerca del sector, Sánchez y col. [9] plantearon que este crece paulatinamente y el consumo de carne de pollo (*Gallus gallus domesticus*) es vital en la dieta de los ecuatorianos. Además, forma parte de la canasta familiar básica, lo que hace que sea la proteína de mayor demanda interna. Sin embargo, en muchos de sus sistemas de producción avícola aún se utilizan los antibióticos promotores del crecimiento, a pesar de conocerse las desventajas de su uso prolongado e indiscriminado [7].

Al tener en cuenta lo antes expuesto, Guerrero y col. [10] obtuvieron un aditivo autóctono que contenía bacterias (10^7 UFC/mL) y levaduras (10^6 UFC/mL), entre otras sustancias, lo que le confirió potencialidades como probiótico para su uso en la producción animal. No obstante, es necesario determinar el efecto que produce este aditivo en la fisiología y salud de pollos de ceba. Por ende, el objetivo de la presente investigación fue determinar la respuesta fisiológica y de salud de pollos de ceba tratados con un aditivo probiótico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una Granja Experimental Avícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Ambato (UTA) y según los protocolos experimentales establecidos por la entidad para tales fines. La universidad está

situada en el sector Querochaca, Cantón Cevallos, Provincia Tungurahua, República del Ecuador y las características de la localidad son 2,855 m.s.n.m. de altitud, 442,4 mm de precipitación media anual y 14 ± 2 °C de temperatura media.

Diseño y tratamientos experimentales

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cinco repeticiones de 10 aves y dos tratamientos: dieta control (T0) y la inclusión del aditivo al 0,2 % en la dieta base (T1).

Animales, condiciones experimentales y sistema de manejo

El experimento se desarrolló según la Guía de Buenas Prácticas Avícolas de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro [11] y fue aprobado por el comité correspondiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UTA, Ecuador (No.412014).

Para ello, se utilizaron 100 pollos de ceba Cobb500, de ambos sexos y 1 día (d) de edad, con 41 ± 2 g de peso vivo, que se determinó en balanza técnica (MOCCO SF-400D, precisión $\pm 0,01$ unidades). Los animales se alojaron en corrales de 1,20 m² (10 aves/corral) y en piso con cama de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*). Previo a la experimentación, se realizó la limpieza y desinfección del galpón. Este en las primeras tres semanas de vida de los pollos, se mantuvo a 33 ± 2 °C con calentadoras de gas (Gasolec, Brasil), 45-65 % de humedad relativa y ventilación adecuada. Posteriormente, se retiraron las calentadoras y la temperatura fue la ambiental. Las primeras 72 h se mantuvieron con 24 h de iluminación y posteriormente, se disminuyó 2 h de forma gradual. El sistema de vacunación de los animales consistió en una dosis al nacer de Marek vía subcutánea, una dosis contra Bronquitis infecciosa H120 vía ocular en el primer día de vida, Gumboro+Newcastle vía pico-ocular a los 7 d, Gumboro a los 15 d y para hepatitis por cuerpos de inclusión vía subcutánea a los 21 d.

Sistema de alimentación

Se utilizó un sistema de alimentación standard (inicio, crecimiento y finalización). Las dietas se prepararon según las recomendaciones de la empresa Cobb500 [12] y con bajo nivel de proteína para evitar el síndrome ascítico. El aporte en nutrientes y energía de las dietas utilizadas en el experimento se presenta en la TABLA I. Estas se ofertaron, se ofertaron, dos veces al día en comederos tubulares y el agua se suministró *ad libitum* en bebederos tipo niple.

TABLA I

Composición y aporte nutricional de las dietas de inicio, crecimiento y finalización suministradas a los pollos de ceba tratados con un aditivo probiótico

Materias primas	Inicio	% de inclusión Crecimiento	Finalización
Harina de maíz	47,00	59,29	59,41
Harina de torta de soya (44 %)	30,20	29,00	26,71
Afrecho de trigo	15,53	3,51	6,00
Polvillo de arroz	1,73	1,51	1,50
Aceite de palma	2,50	2,91	3,00
Carbonato de calcio	1,42	1,30	1,30
Fosfato monocalcico	0,52	0,95	0,95
Sal yodada	0,18	0,20	0,20
Premezcla minero-vitaminica	0,17	0,20	0,20
Lisina, HCl	0,16	0,17	0,10
Antimicrobico	0,17	0,20	0,10
DL-Metionina	0,15	0,15	0,20
Sesquicarbonato de sodio	0,17	0,22	0,20
Cloruro de colina (60 %)	0,09	0,10	0,10
Diclazuril 0,5 % (coocidiostático)	0,02	0,02	0,02
Aporte nutricional calculado, % base húmeda			
Materia seca	88,78	88,76	88,75
Proteína bruta	19,85	18,59	17,88
Cenizas	5,64	5,53	5,47
Fibra bruta	4,59	3,55	3,71
Grasa	5,71	6,03	6,18
Calcio	0,71	0,72	0,72
Fósforo	0,64	0,63	0,64
Sodio	0,15	0,17	0,17
Lisina	1,16	1,10	1,00
Metionina+Cistina	0,78	0,74	0,78
Energía metabolizable, MJ.kg ⁻¹	11,64	12,53	12,51

¹ Composición de la premezcla minero-vitaminica: vit. A 12 000 000,00 UI; vit. D3 2 400 000,00 UI; vit. E 10 000,00 UI; vit. K3 2000,00 mg; vit. B1 3 000,00 mg; vit. B2 5 000,00 mg; vit. B6 4600,00 mg; vit. B12 12,00 mg; ácido nicotínico 35 000,00 mg; ácido pantoténico 10 000,00 mg; ácido fólico 700,00 mg; biotina 80,00 mg; colina 500 000,00 mg; manganeso 70 000,00 mg; selenio 150,00 mg; hierro 80 000,00 mg; cobre 7 000,00 mg; zinc 60 000,00 mg; iodo 1 500,00 mg; cobalto 150,00 mg, excipiente c.s.p. 2 000,00 g.

Obtención del aditivo

El aditivo en investigación se obtuvo según la metodología descrita por Bustamante y col. [13] con modificaciones en la composición del sustrato e inóculo, expuesta por Guerrero y col. [10]. Este procedimiento incluyó tres etapas: 1) fermentación sumergida discontinua, donde se inoculó yogurt natural con la cepa *Lactobacillus GG* (Industrias Lácteas Toni S.A., Ecuador); 2) mezclado del cultivo microbiano con un soporte sólido (mezcla de afrecho de trigo y cebada) y 3) secado natural por exposición al sol. El preparado resultante contenía $1,4 \times 10^7$ unidad formadora de colonia UFC.g⁻¹ de aerobios mesófilos, $1,0 \times 10^6$ UFC/g de levaduras, adecuada calidad higiénico-sanitaria (< 10 UFC/g de Enterobacterias, coliformes totales y *Escherichia coli*, no presencia de *Salmonella* y *Listeria* spp.), 14,2 % de humedad, 14,2 % de proteína bruta, 11,8 % de cenizas, 0,21 % de grasa, 14,3 % de fibra bruta, 45 % de carbohidratos totales y 6,72 de pH. Este se suministró, diariamente a razón de 0,2 g.100 g⁻¹ de dieta, durante toda la crianza de los pollos de ceba (1-50 días de edad).

Evaluación del efecto fisiológico y de salud de los animales

La evaluación al suministro del aditivo en la dieta de las aves se determinó a través de indicadores morfo-fisiológico, histológico y de salud. Para esto, se seleccionaron al azar y pesaron ocho pollos por tratamiento a los 15 y 50 d de edad

(16 aves en total). Se practicó la eutanasia a las aves mediante desangrado de la vena yugular y se tomaron muestras de sangre que se colocaron en tubos al vacío con y sin anticoagulante y se trasladaron de inmediato al laboratorio para su conservación en nevera (Whirlpool®, México) a 2-5 °C, hasta su posterior análisis.

Seguidamente, se abrió la cavidad abdominal, se extrajo el tubo digestivo y se pesó. Se separaron y pesaron los órganos del tracto gastrointestinal (proventrículo, molleja, intestinos y ciegos vacíos) y órganos accesorios (hígado y páncreas). Además, se pesaron los órganos relacionados con el sistema inmunológico (bolsa de Fabricio, bazo y timo). Las aves y sus órganos se pesaron en una balanza técnica (MOCCO SF-400D, precisión $\pm 0,01$ unidades). Los valores se expresaron en g.kg⁻¹ de peso vivo (PV) del animal.

De las aves con 50 d, se tomaron al azar muestras de tejido duodenal de seis animales por tratamiento, 3 cm del punto medio, para determinar la altura y ancho de las vellosidades, así como la profundidad de las criptas de Lieberkühn (μm), la relación altura/profundidad y área de superficie de absorción (mm^2). Las muestras se colocaron en solución de formol al 10 % para su conservación y posterior procesamiento en la Universidad Técnica de Ambato (Ecuador), según la metodología descrita por Prakatur y col. [14]. Las microfotografías se tomaron en un microscopio MEDITECH TT2016LCD (España), se realizaron las medidas de las vellosidades con el programa ImagenJ y se expresaron en micras (μm). Cada muestra se conformó con el promedio de las mediciones de cinco vellosidades de un animal.

Como indicadores sanguíneos, se midió hemoglobina y hematocrito y a partir del suero se determinaron las proteínas totales, albúmina, globulinas, relación albúmina/globulinas, ácido úrico, glucosa, colesterol, triglicéridos e inmunoglobulinas (IgG e IgM). Las muestras se procesaron en el Laboratorio Veterinario “San Francisco” (Salcedo, Ecuador).

Análisis estadístico

En el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico computarizado INFOSTAT [15]. Los valores medios se compararon mediante t individuales para $P < 0,05$ [16].

RESULTADOS Y DISCUSION

Con la inclusión de 0,2 % del aditivo, se encontraron diferencias en el peso relativo del intestino delgado y los ciegos (TABLA II). Este último órgano aumentó su peso relativo tanto a los 15 d ($P = 0,0161$) como a los 50 d de edad ($P = 0,0358$), mientras que el intestino delgado aumentó solo en los animales adultos ($P = 0,0081$). El aditivo no tuvo efecto en el peso relativo de los restantes órganos digestivos y accesorios en estudio ($P > 0,05$).

TABLA II Peso relativo de órganos digestivos y accesorios de pollos de ceba tratados con un aditivo probiótico					
Indicadores	Edad, d	Tratamientos		EE±	P-valor
		T0 (control)	T1 (0,2 % aditivo)		
Peso vivo, g	15	387,88	393,71	15,42	0,7930
	50	2439,00	2466,43	86,32	0,8256
Peso relativo de órganos digestivos vacíos, g.kg ⁻¹ de PV					
Tracto	15	144,89	143,59	6,47	0,8886
gastrointestinal	50	58,97	57,50	1,04	0,3324
Proventrículo	15	7,48	7,40	0,17	0,8659
	50	4,11	4,25	0,20	0,6293
Molleja	15	36,39	36,28	1,08	0,9435
	50	20,30	19,21	0,45	0,1088
Intestino delgado	15	53,15	56,91	0,86	0,0081
	50	28,66	28,00	0,51	0,3759
Colon-recto	15	4,28	4,40	0,25	0,7399
	50	3,30	3,50	0,76	0,8515
Ciegos	15	5,81	6,78	0,25	0,0161
	50	3,66	4,19	0,16	0,0358
Peso relativo de órganos accesorios, g.kg ⁻¹ de PV					
Hígado	15	35,47	36,50	1,01	0,4837
	50	18,88	18,79	0,71	0,9307
Páncreas	15	4,40	4,63	0,22	0,4723
	50	2,26	2,08	0,06	0,0641

Por fila, medias difieren a P < 0,05.

En la TABLA III se presenta el efecto de la inclusión del aditivo en los órganos relacionados con la inmunidad de los animales en experimentación. En este caso, no se detectaron variaciones en la bolsa de Fabricio y el bazo de los pollos, mientras que, el peso relativo del timo, a los 15 d de edad, aumentó en 1,55 unidades (3,22 vs 4,77g.kg⁻¹ PV; P = 0,0005) al incluir el 0,2 % del aditivo en la dieta.

TABLA III Peso relativo de órganos inmunes de pollos de ceba tratados con un aditivo probiótico					
Indicadores g.kg ⁻¹ de PV	Edad, d	Tratamientos		EE±	P-valor
		T0 (control)	T1 (0,2 % aditivo)		
Bolsa de Fabricio	15	2,01	2,07	0,23	0,8657
	50	2,24	2,21	0,23	0,9280
Bazo	15	0,97	1,08	0,06	0,2217
	50	0,92	0,94	0,05	0,8112
Timo	15	3,22	4,77	0,24	0,0005
	50	5,45	5,62	0,35	0,7439

Por fila, medias distintas difieren a P < 0,05 [16]

El resultado del análisis de histología intestinal de los animales se presenta en la TABLA IV. Se puede observar que con la inclusión de 0,2 % del aditivo aumentó la altura (P = 0,0057) y el ancho de las vellosidades (P < 0,0001). Efecto similar se encontró para la relación altura de las vellosidades: profundidad de las criptas (P = 0,0473) y el área de superficie de absorción de las vellosidades del duodeno (P = 0,0006). Sin embargo, la profundidad de las criptas no difirió entre tratamientos (P = 0,7140). En la FIGURA 1 se muestran microfotografías de la histología del duodeno de las aves de ambos tratamientos.

TABLA IV Indicadores histológicos del duodeno de pollos de ceba tratados con un aditivo probiótico				
Indicadores	Tratamientos		EE±	P-valor
	T0 (control)	T1 (0,2 % aditivo)		
Altura de las vellosidades, µm	1042,63	1344,47	60,87	0,0057
Ancho de las vellosidades, µm	207,17	246,15	3,43	< 0,0001
Profundidad de las criptas, µm	251,91	257,75	10,95	0,7140
Altura: Profundidad	4,19	5,25	0,33	0,0473
Área de superficie de absorción, mm2	0,68	1,04	0,05	0,0006

Por fila, medias difieren a P < 0,05.

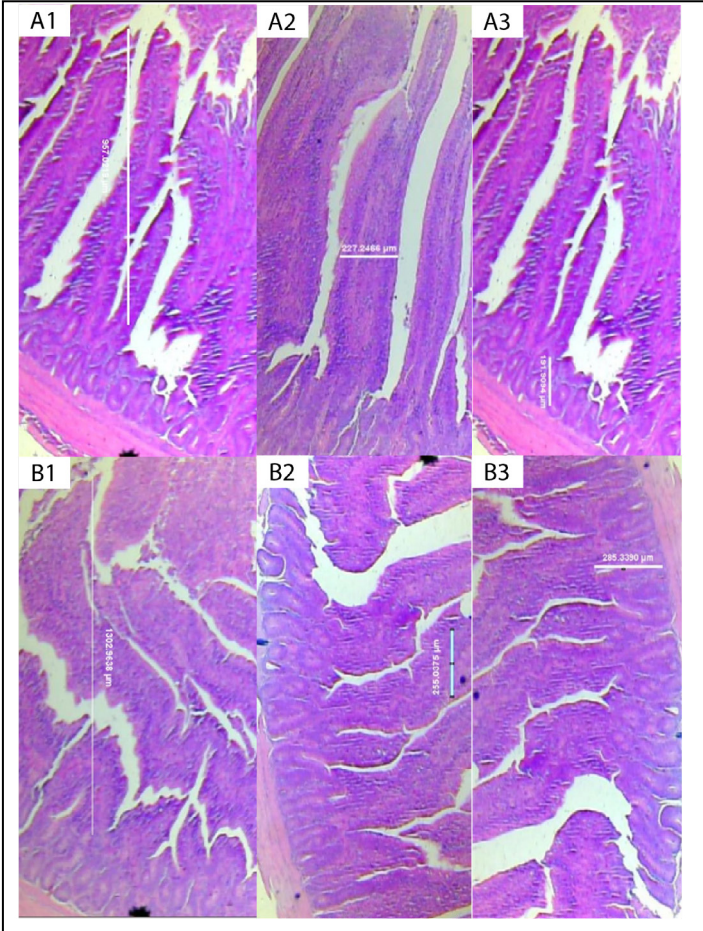


FIGURA 1. Microfotografías (10X) de la histología del duodeno de pollos de ceba con 50 días de edad que consumieron una dieta control (A) y el aditivo probiótico (B). 1: altura de vellosidades; 2: ancho de vellosidades; 3: profundidad de criptas de Lieberkühn (µm).

El efecto del nuevo aditivo en los indicadores sanguíneos evaluados se presenta en la TABLA V. Con su inclusión, se detectó un incremento de los valores medios de la hemoglobina (P = 0,0328), hematocrito (P = 0,0208), proteínas totales (P < 0,0001), albúmina (P < 0,0001), relación albúmina/globulinas (P = 0,0112) y ácido úrico (P = 0,0002), respecto al control, cuando los animales tenían 50 d de edad. También, este efecto se encontró a los 15 d de edad para la albúmina sérica de las aves tratadas (P = 0,0186).

TABLA V Efecto del aditivo probiótico en los indicadores sanguíneos de pollos de ceba con 15 y 50 días de edad					
Indicadores	Edad, d	Tratamientos		EE±	P-valor
		T0 (control)	T1 (0,2 % aditivo)		
Hemoglobina, g.dL ⁻¹	15	12,70	12,87	0,39	0,7636
	50	11,53	12,33	0,23	0,0328
Hematocrito, %	15	38,78	39,35	1,21	0,7440
	50	35,08	37,80	0,70	0,0208
Glucosa, mg.dL ⁻¹	15	195,88	209,97	16,03	0,5481
	50	158,50	186,15	8,89	0,0524
Colesterol, mg.dL ⁻¹	15	152,48	151,36	4,25	0,8554
	50	122,23	115,40	2,90	0,1267
Triglicéridos, mg.dL ⁻¹	15	68,78	64,41	12,22	0,8054
	50	46,38	51,20	2,43	0,1905
Proteínas totales, g.dL ⁻¹	15	3,10	3,10	0,10	0,9732
	50	2,95	3,38	0,03	< 0,0001
Albúminas, g.dL ⁻¹	15	1,33	1,55	0,06	0,0186
	50	1,14	1,47	0,03	< 0,0001
Globulinas, g.dL ⁻¹	15	1,76	1,59	0,11	0,3207
	50	1,81	1,91	0,05	0,1559
Albúminas/Globulinas	15	0,80	0,98	0,07	0,0825
	50	0,64	0,79	0,03	0,0112
Ácido úrico, mg.dL ⁻¹	15	4,66	4,23	0,54	0,5815
	50	2,24	3,46	0,15	0,0002

Por fila, medias difieren a P < 0,05.

En la TABLA VI se muestran las concentraciones de inmunoglobulinas séricas determinadas en pollos, a los 15 y 50 d de edad, tratados con el aditivo. En ninguna de las dos edades, se detectaron diferencias entre tratamientos para la IgG ($P > 0,05$). Sin embargo, la inclusión del aditivo incrementó la concentración de IgM, a los 15 y 50 d de edad ($P = 0,0342$ y $P = 0,0015$, respectivamente).

Indicadores, mg/dL	Edad, d	Tratamientos		EE±	P-valor
		T0 (control)	T1 (0,2 % aditivo)		
IgG	15	303,80	336,28	22,07	0,3227
	50	355,08	412,30	23,46	0,1153
IgM	15	36,7	44,2	2,16	0,0342
	50	42,28	59,85	3,05	0,0015

Por fila, medias difieren a $P < 0,05$.

En el experimento se detectaron variaciones en el peso relativo de algunos órganos internos (intestino delgado, ciegos y timo) de los pollos con diferentes edades y tratados con el aditivo en estudio. Estos resultados son consistentes con los obtenidos en un estudio previo [17], el cual señaló que la velocidad de crecimiento del tracto gastrointestinal es mayor en los primeros días de vida del animal, lo que conlleva al aumento de los procesos metabólicos. Además de que la aplicación de aditivos zootécnicos, como probióticos, prebióticos, acidificantes, fitogénicos o nutraceuticos, pueden modificar el peso y tamaño de los órganos internos de las aves [6, 18, 19, 20].

El incremento de los pesos relativos de los órganos mencionados con anterioridad, también, puede estar asociado a la arquitectura de sus estructuras y la funcionalidad, así como al estado de salud en general de los animales [21, 22]. En el actual estudio, los resultados histológicos confirmaron que las aves que recibieron el aditivo tuvieron intestinos de mejor estructura, al encontrar vellosidades del duodeno más altas y anchas, con mayor relación altura de la vellosidad: profundidad de las criptas y una mayor área de superficie de absorción. Este sitio se considera crucial para la digestión y absorción de los nutrientes porque está formado por las células epiteliales responsables de estas funciones [23]. Según Zhang y col. [24] las vellosidades más altas indican mayor número de células epiteliales maduras en contacto con el quimo, lo que aumenta el área de superficie y promueve la absorción intestinal; mientras que ocurre un efecto contrario cuando se acortan las vellosidades.

Los resultados anteriores, también, pudieron estar relacionados con una posible actividad tipo probiótica al tener en cuenta la presencia de bacterias y levaduras en concentraciones de 10^7 y 10^6 UFC.g⁻¹, respectivamente, en el aditivo en investigación y su acción benéfica en la salud intestinal de los pollos de ceba. Estas concentraciones se corresponden con la recomendación de la FAO/WHO [25] para garantizar la eficacia de los probióticos. Además, numerosas investigaciones con aditivos zootécnicos, como probióticos, prebióticos y simbióticos demuestran el efecto beneficioso que producen en la mejora de la integridad y la funcionalidad intestinal, alterando selectivamente la composición del microbioma, quien a su vez

actúa en la protección del epitelio y en los procesos metabólicos [26, 27, 28].

La actividad probiótica del aditivo, además, se pudo potenciar probablemente por la combinación sinérgica de los microorganismos y la fibra dietética aportada en la mezcla de afrecho de trigo y cebada, que se utilizó durante su proceso de obtención [10]. Aspecto en el que se debe profundizar en otras investigaciones y pudiera asociarse con que el afrecho de trigo es rico en arabinosilano (polisacárido no amiláceo), mientras que la cebada posee altas concentraciones de β -glucano, según Jha y Mishra [29]. Ambos compuestos, se consideran sustancias bioactivas que pueden influir en la composición y concentración de la microbiota del tracto gastrointestinal y, por ende, en la salud intestinal de los pollos de ceba, lo que a su vez incide en la fisiología, la función digestiva y el rendimiento de crecimiento de los pollos [29, 30].

Adicionalmente, el uso del aditivo en estudio aumentó el peso relativo de los ciegos, que pudo ocurrir por una mejora de la estructura de los ciegos, modificación de la composición microbiana, estimulación de la fermentación cecal y, consecuentemente, la producción de ácidos orgánicos y otros metabolitos en cantidades variables. Resultados que son consistente con estudios previos [20, 31, 32].

La mejora en la digestión y absorción de nutrientes de las aves tratadas con el aditivo objeto de la investigación se reflejó en los valores de los indicadores sanguíneos. Los incrementos de proteínas totales, albúmina, relación albúmina/globulinas y ácido úrico, cuando los animales tenían 50 d de edad, demuestran que estos animales utilizaron con mayor eficiencia la fracción proteica del alimento. Los resultados se encuentran dentro del rango de referencia como normal para esta especie y se corresponden con el efecto reportado por Bustamante y col. [13] cuando evaluó el Vitafer sólido, aditivo que posee características semejantes al del presente estudio, en pollos de ceba colostomizados. También, Sosa-Cossio y col. [33] encontraron efectos análogos al adicionar un probiótico con *Lactobacillus pentosus* LB-31 en la dieta de pollos. Estos últimos autores resaltaron que bajas concentraciones de proteína se asocian con patologías hepáticas y renales, mientras que el aumento de la relación albúmina/globulina indican que los animales tienen un mejor estado nutricional. Adicionalmente, la concentración de hemoglobina y hematocrito se encontró en el intervalo de valores normales para pollos de ceba (7-18,6 g.dL⁻¹ y 23-55 %, respectivamente), similar a lo informado por Soren y col. [34] para pollos de ceba suplementados con probióticos y productos de la fermentación de *Saccharomyces cerevisiae*.

Otra acción producida por el aditivo evaluado en las aves fue la modulación del sistema inmune. Al respecto, se observó un aumento del peso relativo del timo en los pollos con 15 d de edad. Este efecto puede deberse a una mayor disponibilidad de nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de los órganos inmunes, lo que a su vez refleja la función del sistema inmunológico, incluida la inmunidad humoral y celular, según He y col. [35]. Por otra parte, los niveles de globulinas no difirieron entre tratamientos, acción que se asocia con la no presencia

de procesos infecciosos y que no aumentó la producción de anticuerpos durante el tiempo de consumo del aditivo [33].

Las concentraciones séricas de inmunoglobulinas, también, son un reflejo del estado inmunitario humoral de los animales debido a sus funciones [20]. La IgA, IgG e IgM se consideran las más significativas para la respuesta inmune aviar. En el presente estudio, no se detectaron diferencias entre tratamientos para la IgG, mientras que se observó una estimulación de las IgM con la inclusión del aditivo. Esta inmunoglobulina es principalmente producida durante la respuesta inmune primaria, aunque también se encuentra en las respuestas secundarias.

Los resultados anteriores, concuerdan con los de [36, 37] al adicionar oligosacáridos y probióticos en dietas de pollos de engorde, respectivamente. Sin embargo, otros autores encontraron efectos diferentes para este indicador [20]. Quizás la inconsistencia se deba, fundamentalmente, al tipo de producto y la dosis en que se aplique, aspecto en lo que se debe profundizar con futuras investigaciones.

Por tanto, la acción del aditivo objeto de investigación se concentra en el buen desarrollo del tracto gastrointestinal, que favorece el mantenimiento de su homeostasis estructural y funcional. El aditivo estimula los procesos metabólicos intestinales, aumenta la disponibilidad de nutrientes, mejora la estructura de los órganos internos y modula la respuesta inmune, lo que posibilita una mejor salud intestinal de los pollos de ceba. Efectos que son cada día de mayor interés para su uso como promotores del crecimiento alternativos en el sector agropecuario.

En el experimento desarrollado con pollos de ceba se utilizó como estrategia la oferta de dietas bajas en proteínas para evitar las muertes a causa de la ascitis inducida por la altitud del área experimental. En este sentido, se encontró que las aves tuvieron buen estado de salud y no hubo muertes. Sin embargo, es recomendable estudiar el comportamiento productivo de las aves tratadas con el aditivo en investigación para conocer la expresión de su potencial de crecimiento y proponer su uso como una alternativa valiosa para mejorar la supervivencia y evitar las pérdidas por mortalidad a grandes altitudes.

CONCLUSIONES

La inclusión del 0,2 % del aditivo en la dieta de pollos de ceba produce efectos beneficiosos en la fisiología y salud digestiva de las aves.

El aditivo en estudio ejerce actividad probiótica y pudiera ser utilizado en la producción avícola.

Conflictos de interés

No existen conflictos de intereses entre los autores del presente documento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Shahbaz F, Muccee F, Shahab A, Safi SZ, Alomar SY, Qadeer A. Isolation and in vitro assessment of chicken gut microbes for probiotic potential. *Front. Microbiol.* [Internet]. 2024; 15:1278439. doi: <https://doi.org/qj8f>
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Producción y productos avícolas. [Internet]. 2025 [citada 18 Mar 2025]. Disponible en: <https://goo.su/27RMGho>
- [3] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (OCDE/FAO) Perspectivas agrícolas 2017-2026. [Internet]. París: OECD Publishing; 2017. 154 p. doi: <https://doi.org/g5w>
- [4] Jones PJ, Niemi J, Christensen JP, Tranter RB, Bennett RM. A review of the financial impact of production diseases in poultry production systems. *Anim. Prod. Sci.* [Internet]. 2019; 59(9):1585-1597. doi: <https://doi.org/gmx9xv>
- [5] Chica-Rosado SL, Cedeño-Pozo J, Barcia-Anchundia JX. Effect of organic acid in layers on productive parameters and water quality. *Rev. Colomb. Cienc. Anim. Recia.* [Internet]. 2021; 13(2):e868. doi: <https://doi.org/qj8j>
- [6] Ashayerizadeh A, Jafarzadeh-Shirazi MR, Moradi HR, Kazemi K, Karimi-Akbarabadi Z, Jazi V. Effects of drinking water supplemented with apple vinegar, essential oils, or colistin sulfate on growth performance, blood lipids, antioxidant status, intestinal morphology, and gut microflora of broiler chickens. *Poult. Sci.* [Internet]. 2025; 104(2):104801. doi: <https://doi.org/qj8j>
- [7] Ahmed SK, Hussein S, Qurbani K, Ibrahim RH, Fareeq A, Mahmood KA, Mohamed MG. Antimicrobial resistance: Impacts, challenges, and future prospects. *J. Med. Surgery Public Heal.* [Internet]. 2024; 2:100081. doi: <https://doi.org/g9wp6p>
- [8] Júpiter RA. Producción y comercialización de pollos en el Cantón La Libertad, provincia de Santa Elena. [Trabajo de Grado en Internet]. Santa Elena, Ecuador: Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador; 2021 [citada 19 Mar 2025]. 80 p. Disponible en: <https://goo.su/RENkjQ>
- [9] Sánchez AM, Vayas T, Mayorga F, Freire C. Sector avícola Ecuador. Observatorio Económico y Social de Tungurahua. [Internet]. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador: Observatorio Económico y Social de Tungurahua. 2020 [citada 19 Mar 2025]. Disponible en: <https://goo.su/4KH5g6>
- [10] Guerrero-López JR, Valiño-Cabrera EC, Rodríguez-Sánchez B, García-Hernández Y, González-Puetate IR. Microbiological and chemical characteristics of a zootechnical additive obtained in Ecuador for its use in animal feeding. *Cuban J. Agric. Sci.* [Internet]. 2025 [citada 10 Sep 2025]; 59:e07. Disponible en: <https://goo.su/6UzO9v>

- [11] Agrocalidad. Guía de Buenas Prácticas Avícolas de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro. Ecuador: Sistema Agrocalidad. [Internet]. 2020 [citada 20 Feb 2025]; 45 p. Disponible en: <https://goo.su/oMPN>
- [12] Cobb500 2015. Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde. [Internet]. 2015 [citada 19 Feb 2025]. Disponible en: <https://goo.su/zYbxb13>
- [13] Bustamante-García D, Savón-Valdés LL, Iglesias EA, Caro-Ríos Y, Valiño-Cabrera EC, Valera-Rojas M, Martin-Nyachoti C, Mireles S. Chemical and microbiological characterization of a technological variant of Vitafert intended for animal production. Technical note. Cuban J. Agric. Sci. [Internet]. 2021; 55(2):e02. Disponible en: <https://goo.su/yuBjvzA>
- [14] Prakatur I, Miskulin M, Pavic M, Marjanovic K, Blazicevic V, Miskulin I, Domacinovic M. Intestinal morphology in broiler chickens supplemented with propolis and bee pollen. Animals. [Internet]. 2019; 9(6):301-312. doi: <https://doi.org/qj8m>
- [15] Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. Software libre InfoStat versión 2012. Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. [Internet]. 2012 [Recuperada 25 May 2025]. Disponible en: <https://goo.su/ERJT>
- [16] Fisher RA, Yates F. Statistical tables for biological, agricultural and medical research. 5th Edition. Edinburgh and London: Oliver and Boyd;1958. 138 p.
- [17] Chávez LA, López A, Parra JE. Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorde alimentadas con cepas probióticas. Arch. Zootec. [Internet]. 2016; 65(249):51-58. doi: <https://doi.org/qj8n>
- [18] Quevedo DM, Ochoa JE, Corredor JR, Pulecio SL. Effects of addition of probiotic *Saccharomyces cerevisiae* on intestinal histomorphology in broilers. Rev. Med. Vet. Zoot. [Internet]. 2020; 67(3):239-252. doi: <https://doi.org/qj8p>
- [19] Soumeh EA, Coba-Cedeno AR, Niknafs S, Bromfield J, Hoffman LC. The efficiency of probiotics administrated via different routes and doses in enhancing production performance, meat quality, gut morphology, and microbial profile of broiler chickens. Animals. [Internet]. 2021; 11(12):3607. doi: <https://doi.org/qj8q>
- [20] SAvain A, Kalam-Azad MdA, García Y, García Y, Martínez Y. Effects of *Ganoderma lucidum* powder on the growth performance, immune organ weights, cecal microbiology, serum immunoglobulins, and tibia minerals of broiler chickens. Vet. Sci. [Internet]. 2024; 11(12):675-686. doi: <https://doi.org/qj8r>
- [21] Akram W, Aslam MA, Mehnaz S, Siddiq U, Zaman A, Qamar F, Ehtisham-ul-Haque S, Bukhari SFA, Sarfraz MA, Ullah MH. An overview of beneficiary effects of prebiotics and probiotics on animals. [Internet]. In: Farooqi SH, Aqib AI, Zafar MA, Akhtar T, Ghafoor N. (eds). Pakistan, Faisalabad: Unique Scientific Publishers. 2024. pp: 1-11. doi: <https://doi.org/qj8s>
- [22] Ceylan A, Saçaklı P, Özgenç-Çınar Ö, Shazaib-Ramay M, Ahsan U, Harijaona JA, Bayraktaroğlu AG, Manghebatı F, Calik A. Effect of supplemental dietary phytogetic blends on growth performance, jejunal histomorphometry, and jejunal immunity of broiler chickens. Arch. Anim Breed. [Internet]. 2025; 68:13-26. doi: <https://doi.org/qj8t>
- [23] Manyeula F, Sebola NA, Mabelebele M. Productive, internal organ and intestinal histomorphological characteristics of broiler chickens in response to dietary rapeseed meal: A meta-analysis. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. [Internet]. 2025; 109:211-222. doi: <https://doi.org/qj8w>
- [24] Zhang C, Hao E, Chen X, Huang C, Liu G, Chen H, Wang D, Shi L, Xuan F, Chang D, Chen Y. Dietary fiber level improve growth performance, nutrient digestibility, immune and intestinal morphology of broilers from Day 22 to 42. Animals. [Internet]. 2023; 13(7):1227-1240. doi: <https://doi.org/qj8x>
- [25] Food and Agriculture Organization of the United Nations/ World Health Organization (FAO/WHO). Guidelines for the evaluation of probiotics in food. London Ontario, Canada: FAO/WHO.[Internet]. 2002 [citada 25 Oct 2019]. 11 p. Disponible en: <https://goo.su/1zqxLBV>
- [26] Kogut MH. The effect of microbiome modulation on the intestinal health of poultry. Anim. Feed Sci. Technol. [Internet]. 2019; 250:32-40. doi: <https://doi.org/gmzhr6>
- [27] Tabashsum Z, Peng M, Alvarado-Martinez Z, Aditya A, Bhatti J, Romo-Bravo P, Young A, Biswas D. Competitive reduction of poultry-borne enteric bacterial pathogens in chicken gut with bioactive *Lactobacillus casei*. Sci. Rep. [Internet]. 2020; 10:16259. doi:<https://doi.org/qj8z>
- [28] Cano-Chauvell RD. Probiotics and the Microbiome: Mechanisms, Strain Selection, and the Future of Rational Formulation Design. An. Acad. Cienc. Cuba. [Internet]. 2024; 14(4):e1888. Disponible en: <https://goo.su/b90rtWx>
- [29] Jha R, Mishra P. Dietary fiber in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, performance, gut health, and on the environment: a review. J. Anim Sci. Biotechnol. [Internet]. 2021; 12:51. doi: <https://doi.org/qj83>
- [30] Röhe I, Zentek J. Lignocellulose as an insoluble fiber source in poultry nutrition: a review. J. Anim. Sci. Biotechnol. [Internet]. 2021; 12:82. doi: <https://doi.org/qj84>

- [31] Martínez Y, Altamirano E, Ortega V, Paz P, Valdivié M. Effect of age on the immune and visceral organ weights and cecal traits in modern broilers. *Animals*. [Internet]. 2021; 11(3):845-858. doi: <https://doi.org/qj85>
- [32] Zhou H, Wu Y, Sun X, Yin D, Wang Y, Mahmood T, Yuan J. Effects of exogenous α -(1,4)-amylase on the utilization of corn starch and glucose metabolism in broiler chickens. *Animal*. [Internet]. 2021; 15(11):100396. doi: <https://doi.org/qj86>
- [33] Sosa-Cossio D, García-Hernández Y, Dustet-Mendoza JC, García-Curbelo Y, Martínez-Pérez M, Sosa-Ceijas A, García-Quñones D. Efecto del aditivo probiótico *Lactobacillus pentosus* LB-31 en pollos de ceba. *Rev. MVZ Córdoba*. [Internet]. 2021; 26(1):e2037. doi: <https://doi.org/jkph>
- [34] Soren S, Mandal GP, Mondal S, Pradhan S, Mukherjee J, Banerjee D, Pakhira MC, Amla Mondal A, Nsereko V, Samanta I. Efficacy of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product and probiotic supplementation on growth performance, gut microflora and immunity of broiler chickens. *Animals*. [Internet]. 2024; 14(6):866. doi: <https://doi.org/qj87>
- [35] He S, Yin Q, Xiong Y, Liu D, Hu H. Effects of dietary fumaric acid on the growth performance, immune response, relative weight and antioxidant status of immune organs in broilers exposed to chronic heat stress. *Czech J. Anim. Sci.* [Internet]. 2020; 65(3):104-113. doi: <https://doi.org/gk8zq5>
- [36] Li J, Cheng Y, Chen Y, Qu H, Zhao Y, Wen C, Zhou Y. Dietary chitooligosaccharide inclusion as an alternative to antibiotics improves intestinal morphology, barrier function, antioxidant capacity, and immunity of broilers at early age. *Animals*. [Internet]. 2019; 9(8):493-504. doi: <https://doi.org/gphggc>
- [37] Alizadeh M, Bavananthasivam J, Shojadoost B, Astill J, Taha-Abdelaziz K, Alqazlan N, Boodhoo N, Shoja-Doost J, Sharif S. *In ovo* and oral administration of probiotic *Lactobacilli* modulate cell- and antibody-mediated immune responses in newly hatched chicks. *Front. Immunol.* [Internet]. 2021; 12:1-13. doi: <https://doi.org/qj88>