

Evaluación de la mezcla de un ácido orgánico y un prebiótico en los parámetros productivos y alométricos de pollos de engorde con alimentación controlada

Evaluation of a prebiotic and an organic acid-supplemented diets on the performance and allometric parameters of broiler chickens with controlled feeding

Álvaro H. Jaramillo, M.Sc.

Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

alvarohugoj@yahoo.es

Resumen

El propósito de esta investigación fue evaluar el efecto de un ácido orgánico (ácido fumárico), un prebiótico comercial (Fortifeed®) y la mezcla de estos dos frente a un antibiótico promotor de crecimiento (Bacitracina de Zn) con alimentación controlada en los parámetros productivos y crecimiento alométrico del tracto gastrointestinal de pollos de engorde durante 42 días. Se evaluaron cinco tratamientos: control sin aditivos, control con Bacitracina de Zn (0,3 g/kg), con ácido fumárico (5 g/kg), prebiótico (0,6 g/kg) y la mezcla del ácido orgánico y el prebiótico en pollos de engorde machos de la estirpe Cobb. Se aplicó un ANOVA de una vía, utilizando el software InfoStat. No se encontraron diferencias estadísticas en el consumo de alimento entre tratamientos. Las mejores conversiones alimenticias ($p < 0,05$) fueron para el antibiótico (1,88) y la mezcla de aditivos (1,89). La alimentación controlada redujo el peso promedio a la primera semana, el cual pudo tener incidencia en menores pesos al sacrificio. No se encontró diferencias en el rendimiento en canal y mortalidad. Los márgenes de ingreso fueron superiores para el tratamiento con antibiótico (14,12%) y menores en el control (8,31%). Las constantes de crecimiento alométrico del hígado y yeyuno en los tratamientos con aditivos fueron superiores ($p < 0,05$) al control. Los valores de pH del íleon fueron inferiores ($p < 0,05$) en el tratamiento con ácido orgánico y la mezcla de aditivos comparados con los otros tratamientos. Se concluye que la mezcla de aditivos ejerció un efecto sinérgico en los parámetros productivos.

Palabras clave: aditivos, antibiótico promotor de crecimiento, tracto gastrointestinal.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of an organic acid (fumaric acid), and a commercial prebiotic (Fortifeed®), or a combination of both the organic acid and the prebiotic in front of the effects of an antibiotic (Zn Bacitracine), on the productive performance and allometric growth of the gastrointestinal tract in broiler chickens Cobb, during an experimental period of 42 days. Five treatments were evaluated: negative control diet with no additives, positive control diet with Zn Bacitracin (0.3 g/kg), diet with Fumaric acid (5 g/kg), diet with Prebiotic (0.6 g/kg) and a diet with a mixture of both the prebiotic and the organic acid. The data were analysed using InfoStat software program by one-way analysis of variance, and significant differences between treatments were determined by Tukey test ($p < 0.05$). There were no differences in feed intake. The combination of the prebiotic and the organic acid showed the higher feed conversion (1.89), followed by the antibiotic (1.80) treatment when compared to the organic acid-treated controls, ($p < 0.05$). There was not differences in carcass and mortality. Costs were lower with antibiotic and higher in control treatment. Allometric growth constants in liver and jejunum were higher in all groups compared with control group ($p < 0.05$). Intestinal pH (jejunum) was lower in the organic acid and the mixture-treated groups. The combined diest supplemented with a prebiotic and an organic acid showed synergism.

Keywords: additives, antibiotic growth promoters, gastrointestinal tract.

Introducción

Desde hace varios años, se han estado realizando trabajos de investigación que usan diferentes aditivos en el alimento, como los prebióticos, ácidos orgánicos, probióticos, enzimas, extractos de plantas y aceites esenciales, especialmente en las dietas de cerdos y aves, con el fin de poder sustituir a los antibióticos promotores de crecimiento, debido a que pueden crear resistencia a otros antibióticos y obtener reacciones cruzadas con otros utilizados en la salud humana, motivos por los cuales fueron prohibidos completamente en las dietas para animales en la Unión Europea (Brufao, 2003).

Dentro de los diferentes aditivos utilizados en el alimento de monogástricos y, específicamente, de aves, se encuentran los ácidos orgánicos y prebióticos, que logran obtener parámetros productivos en pollos equiparables a los antibióticos promotores de crecimiento (APC). Se ha encontrado que los ácidos orgánicos mejoran las ganancias de peso por su efecto acidificante intestinal, actúan como bactericidas y bacteriostáticos, mejoran la sanidad intestinal y el aprovechamiento de los nutrientes del alimento, además, tienen efectos antifúngicos y energía extra que puede ser aprovechada metabólicamente. Los principales mecanismos de acción de los ácidos orgánicos son: actividad antimicrobiana específica, estimulación de la secreción pancreática, efecto trófico sobre los enterocitos, reducción de la capacidad tamponante de la dieta y del pH del alimento (López, 2010). Los ácidos orgánicos se han utilizado hace muchos años en la alimentación de cerdos; sin embargo, en los diferentes estudios realizados en aves, se han encontrado resultados contradictorios (Gauthier, 2003).

Gibson y Roberfroid (1995) definen los prebióticos como

[...] sustancias o productos que no son absorbidos o hidrolizados durante su tránsito por el aparato digestivo, sirven de sustrato a las bacterias beneficiosas, estimulando su crecimiento y/o su actividad metabólica, alteran la microbiota intestinal de manera favorable para el hospedador e inducen efectos beneficiosos no sólo en el medio intestinal, sino también sistémicos.

En otros estudios, han utilizado la mezcla de aditivos, como los prebióticos con ácidos orgánicos, donde se han obtenido efectos sinérgicos que contribuyen

a un mejor aprovechamiento productivo de estos por el animal. Estudios realizados por Waldrop (1990) encontraron mejoras en la conversión alimenticia de pollos al utilizar ácido fumárico en la dieta, comparado con el antibiótico promotor de crecimiento, Virginiamicina.

La capacidad del intestino para absorber alimento, y en parte también para digerirlo, está determinada por varios parámetros: longitud del intestino, tamaño, densidad y disposición de las vellosidades intestinales y tamaño y densidad de las microvellosidades de los enterocitos (Milles *et al.*, 2006). Se ha postulado que los prebióticos, y más concretamente los fructanos, podrían afectar al desarrollo intestinal, tanto a nivel macroscópico (longitud del intestino) como microscópico (tamaño y densidad de vellosidades y microvellosidades).

Dentro de los diferentes factores que pueden alterar las respuestas productivas, se encuentran el consumo de alimento, el cual, en las diferentes estirpes de pollos de engorde, se realiza controladamente de acuerdo con tablas de la casa comercial, por ser el factor de mayor incidencia dentro de los costos de producción. El consumo de alimento puede ser alterado por diferentes condiciones ambientales, como temperatura ambiental, humedad relativa, ventilación, iluminación, altura (msnm), además de otros inherentes al animal, como sexo, estirpe, enfermedades, y de manejo, como densidad, tipo de equipos (comederos, bebederos), cama, granulometría del alimento y concentración energética de la dieta.

Los pollos criados en altitudes por encima de los 2.000 msnm son susceptibles a desordenes metabólicos, como la ascitis aviar, debido al rápido crecimiento de estos, donde los consumos voluntarios de las aves son altos, aspecto que produce hipoxia y descompensación metabólica entre el desarrollo del sistema músculo-esquelético y cardio-pulmonar, lo que genera altas mortalidades (López, 1991). Por tal motivo, un manejo de pollos, en granjas en altitudes superiores a los 2.000 msnm, es utilizar alimentación controlada o restringida para disminuir la mortalidad por ascitis. Se encuentran tablas suministradas por empresas de concentrados donde los consumos se controlan durante toda la fase de vida del pollo de acuerdo con el clima, una de las cuales se aplicó en esta investigación.

El objetivo de esta investigación fue comparar el efecto de un prebiótico y ácido orgánico como aditivos en el alimento, comparado con un antibiótico promotor de crecimiento, en los parámetros productivos, alométricos y de pH intestinal en pollos de la estirpe Cobb, utilizando alimentación controlada.

Materiales y métodos

Localización. Este trabajo de investigación se realizó en la granja del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), finca San Pedro, del Centro de Biotecnología Agropecuaria, ubicado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca), situada a 7 km vía Bogotá-Mosquera, temperatura media anual 12 °C, altura sobre el nivel del mar 2.600 msnm.

Instalaciones y equipos. Los pollos fueron alojados en círculos con 20 divisiones con guardas plásticas, dentro de un galpón comercial con un área de 240 m², con piso de concreto y con cama de viruta de madera. Para mantener la temperatura homogénea, durante las primeras semanas, se utilizaron criadoras de gas y termómetros de máximas y mínimas. Durante la primera y segunda semana, se utilizaron comederos de bandeja y bebederos de volteo, posteriormente se cambió a bebederos de campana automáticos y comedero de tolva. Para realizar el pesaje de los pollos y el alimento suministrado, se utilizó una balanza digital.

Manejo sanitario. El alistamiento del galpón se realizó teniendo en cuenta normas de bioseguridad y plan de vacunación establecido en esta granja.

Material experimental. Se utilizaron 340 pollos machos de la estirpe Cobb, de una incubadora comercial, se tomaron los pesos promedio una vez que fueron recibidos y se escogieron los pollos con pesos homogéneos, teniendo en cuenta descartar pollos con cualquier malformación o enfermedad identificada.

Dietas experimentales. Las dietas se elaboraron en la planta de alimentos del Centro de Biotecnología Agropecuario (CBA), del SENA de Mosquera. Se formularon cinco dietas experimentales: una para iniciación del día 1 al 21 y otra para engorde del día 22 al 42. Se conformaron los siguientes tratamientos:

1. Tratamiento 1: sin la adición de los aditivos experimentales.
2. Tratamiento 2: con adición de Bacitracina de Zn (15%) como promotor de crecimiento a un 0,03% de la ración.
3. Tratamiento 3: utilización de 0,5% de ácido fumárico en la ración.
4. Tratamiento 4: utilización de 0,06% de fructooligosacárido (FOS) en la ración.
5. Tratamiento 5: utilización de 0,06% de FOS más 0,5% de ácido fumárico.

Elaboración de las dietas. Se elaboraron cinco dietas experimentales, en las que se incluían los diferentes tratamientos a base de maíz y torta de soya, una para la fase de iniciación, del día 1 al 21 (Tabla 1), y otra para la fase de engorde (Tabla 2), del día 22 al 42, las cuales se balancearon para que fueran isoenergéticas y isoproteicas, sin adicionar coccidiostato. Las materias primas fueron compradas en una planta comercial de alimentos, y los ingredientes, como el maíz y la soya, fueron molidos con criba de 3 mm para la etapa de iniciación y de 5 mm para la etapa de engorde. Se utilizó una mezcladora horizontal y una micromezcladora.

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales. Dieta iniciación (día 1 a 21). Software Wuffda.

Materias primas	T1	T2	T3	T4	T5
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	Control	Antibiótico	Ác. orgánico	Prebiótico	Ác. org + preb.
Maíz	60,25	60,22	59,20	60,19	59,12
Torta de soya (48%)	28,00	28,00	28,18	28,00	28,20
Harina de pescado	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05
Aceite de palma	4,00	4,00	4,46	4,00	4,37
Carbonato de calcio	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Fosfato de calcio	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Sal	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Lisina	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Metionina	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Premezcla vitaminas y minerales.	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
APC (bacitracina de Zn)		0,03			
Ácido orgánico (ácido fumárico)			0,50		
Prebiótico (FOS)				0,06	
Prebiótico + ácido orgánico					0,56
Total	100%	100%	100%	100%	100%
Calculado					
EM (Kcal)	3104	3104	3104	3104	3104
PC (%)	20,68	20,68	20,68	20,68	20,68
EE (%)	7,31	7,31	7,64	7,31	7,54
FC (%)	2,44	2,44	2,42	2,44	2,42
Fósforo disponible (%)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Calcio (%)	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Sodio (%)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Lisina (%)	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
Metionina (%)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
BED (meq/kg)	218,57	218,57	218,57	218,57	218,57
Determinado					
EB (Kcal)	4420	4430	4426	4425	4425
PC (%)	21,08	21,10	21,09	21,15	21,18
FC (%)	2,58	2,78	2,65	2,76	2,66
EE (%)	7,20	7,12	7,35	7,20	7,30

APC = antibiótico promotor de crecimiento, EB = energía bruta, EM = energía metabolizable. PC = proteína cruda, FC = fibra cruda, EE = extracto etéreo, BED = balance electrolítico.

Tabla 2. Composición de las dietas Experimentales. Dieta Engorde (Día 22 a 42)

Materias primas	T1	T2	T3	T4	T5
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	Control	Antibiótico	Ác. orgánico	Prebiótico	Ác. org + preb.
Maíz	66,83	66,77	66,00	66,85	65,87
Torta de soya (48%)	22,84	22,85	22,98	22,84	23,01
Harina de pescado	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05
Aceite de palma	3,56	3,58	3,75	3,48	3,79
Carbonato de calcio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fosfato de calcio	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19

Sal	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Lisina	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Metionina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Premezcla vit. y min.	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
APC (bacitracina de Zn)		0,03			
Ácido orgánico (ácido fumárico)			0,50		
Prebiótico (FOS)				0,06	
Prebiótico + ácido orgánico					0,56
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Calculado

EM (Kcal)	3167	3167	3167	3167	3167
PC (%)	18,98	18,98	18,98	18,98	18,98
EE (%)	7,28	7,30	7,44	7,20	7,48
FC (%)	2,38	2,38	2,37	2,38	2,37
Fósforo disponible (%)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Calcio (%)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Sodio (%)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Lisina (%)	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
Metionina (%)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
BED (meq/kg)	186,67	186,67	186,67	186,67	186,67

Determinado

EB (Kcal)	4480	4485	4488	4487	4488
PC (%)	18,45	18,55	18,74	18,43	18,22
FC (%)	2,31	2,29	2,32	2,27	2,33
EE (%)	7,10	6,99	7,12	7,20	7,25

EB = energía bruta, EM = energía metabolizable, PC = proteína cruda, FC = fibra cruda, EE= extracto etéreo, BED = balance electrolítico.

Análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente al azar ($Y_{ij} = \mu + T_i + \Sigma_{ij}$), con un ANAVA, conformado por cinco tratamientos y cuatro repeticiones cada una, con 17 pollos, 68 pollos por tratamiento y 340 pollos machos en los cinco tratamientos. Los pollos fueron pesados y asignados aleatoriamente a los diferentes tratamientos al día de edad. Para determinar las diferencias entre tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey y el programa InfoStat. Los ingresos marginales se calcularon por tratamiento, teniendo en cuenta el costo de cada dieta, el aditivo utilizado y la venta por kilogramo de pollo.

Manejo experimental. La densidad de pollos, durante la fase de iniciación, fue en promedio de 25

aves/m², y, en la etapa de engorde, de 10 por m². Se realizó un control semanal del peso corporal de las aves experimentales utilizando una balanza digital. A las aves muertas durante el experimento, se les practicó la necropsia para establecer las posibles causas. El periodo experimental fue de 42 días. El sistema de iluminación fue de 24 horas luz para la primera semana, y el resto fue de 12 horas de luz y 12 de oscuridad; se utilizó como cama una viruta previamente desinfectada.

Se utilizaron dietas balanceadas a través del programa Wuffda (2002) para aves, se realizó un análisis químico a cada dieta en el CBA del SENA y se confrontaron muestras con el laboratorio de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

(Corpoica). Las dietas se suministraron teniendo un programa de alimentación controlada por días, establecido en la guía de consumo recomendada para clima frío por la empresa de concentrados Solla (2006) (Tabla 3). Para el balance de las raciones, se utilizaron los requerimientos nutricionales de la NRC (National Research Council, 1995) para aves, y se ajustaron los análisis de proteína, fibra cruda y

grasa para la torta de soya, harina de pescado y maíz, teniendo en cuenta el análisis proximal determinado en el laboratorio. Este mismo análisis se realizó para las dietas experimentales ya elaboradas. El prebiótico FOS comercial utilizado fue el Fortifeed®, y las concentraciones utilizadas en la dieta fueron las recomendadas por la industria productora (600 g/Ton de alimento).

Tabla 3. Tabla de consumo controlado de alimento (g/ave/día) en pollos de engorde

	Mart.	Miérc.	Juev.	Vier.	Sáb.	Dom.	Lun.		
Sem.	g/ave	g/ave	g/ave	g/ave	g/ave	g/ave	g/ave	Consumo semanal	Consumo acumulado
1	10	12	14	18	22	25	26	127	127
2	28	32	37	43	45	47	50	282	409
3	53	56	60	62	66	70	76	443	852
4	80	85	90	95	100	105	110	665	1517
5	115	122	130	136	142	147	153	945	2462
6	155	160	165	170	185	195	198	1228	3690

Fuente: Solla (2006).

Los pollos fueron sacrificados al día 42, previo ayuno de 12 horas de alimento y con agua a voluntad. Se tomaron tres pollos por réplica para ser sacrificados en el CBA, y el sangrado se realizó en la yugular. Se calculó el peso vivo y el peso en canal utilizando una báscula digital.

Análisis alométrico y pH intestinal. Para la evaluación del crecimiento de órganos digestivos (proventrículo, molleja, duodeno, yeyuno, íleon, ciegos, páncreas e hígado), se tomaron dos pollos por repetición (ocho por tratamiento) durante los días 1, 8, 15 y 22 de edad. Los pollos fueron sacrificados por dislocación cervical. Para realizar la división de cada uno de los segmentos intestinales, se procedió a realizar los siguientes cortes: el duodeno, desde el final de la molleja, hasta el final del conducto pancreático y biliar; el yeyuno, desde el final del duodeno, hasta el divertículo de Meckel; y el íleon, desde el divertículo de Meckel, hasta el comienzo de la división de los ciegos (Palo *et al.*, 1995). Se extrajo el tejido interno de la molleja y, del hígado, la vesícula biliar, los cuales fueron pesados. A las diferentes partes del intestino se les extrajo el contenido alimenticio utilizando agua a presión, se secaron y pesaron en una balanza analítica con cuatro decimales de gramo de precisión.

Para determinar la ontogénesis del crecimiento de los diferentes órganos y su relación con el peso corporal, se utilizó la constante de CA, de acuerdo

con la metodología empleada por Fisher (1984), según la siguiente ecuación:

$$CA = (O_n/O_h) / (PC_n/PC_h),$$

donde: O = peso del órgano; n = días después del nacimiento; h = peso al nacimiento y PC = peso corporal.

El CA es de uno cuando el órgano crece en la misma proporción al peso corporal; si el crecimiento del órgano es menor del peso corporal, el CA es menor de uno y hay un crecimiento rápido en relación con la ganancia total de peso corporal cuando el CA es mayor de uno (Romero *et al.*, 2002).

Para la determinación del pH intestinal, se tomaron 0,2 g de muestra de contenido de duodeno, yeyuno, íleon y ciegos, que se suspendieron en 2,5 mL de agua destilada desionizada. Esta mezcla se agitó manualmente con agitador de vidrio lavándolo en cada registro con agua destilada, posteriormente se insertó en la mezcla un electrodo de pH y se realizaron las lecturas en un potenciómetro con precisión de tres decimales 2000 Selecta. El pH fue tomado dentro de los 45 min subsiguientes al sacrificio de las aves, siguiendo las recomendaciones de Hinton *et al.* (1990).

Se calcularon los costos de cada dieta/kg y se contabilizó de acuerdo con el consumo total por

tratamiento. No se tuvo en cuenta la mortalidad. El peso final al sacrificio se utilizó para determinar los ingresos por pollo, con un precio de \$2.500/kg en pie. Con estos valores y la conversión, se determinaron los márgenes de ingreso por kilogramo por pollo y se cuantificó el porcentaje del margen de ingreso por tratamiento.

Resultados

Consumo de alimento y peso vivo. En la tabla 4, se muestran los promedios de los consumos de alimento durante los 42 días experimentales. No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. Los pesos finales obtenidos por tratamiento fueron inferiores en el control (1820,17 g/ave), con diferencias estadísticas ($p < 0,05$) con respecto a los tratamientos con aditivos. El antibiótico y la mezcla de aditivos obtuvieron los mayores pesos (1955,10 g y 1946,41 g), respectivamente, con diferencias estadísticas ($p < 0,05$) con respecto al ácido orgánico y prebiótico. Las diferencias de peso vivo de las aves que recibieron el antibiótico, con las que recibieron el ácido orgánico y el prebiótico, fueron del 2,40 y 1,89%, respectivamente.

La curva de crecimiento (Figura 1) mostró diferencias ($p < 0,01$), desde la primera semana de vida del pollo, hasta el día 42. Las diferencias estadísticas de peso vivo, durante la primera y segunda semana, se debieron, principalmente, al menor valor del grupo control con respecto a los demás tratamientos; las variaciones de peso de las aves en los diferentes tratamientos no fueron estadísticamente significativas. En la semana tres, las diferencias en porcentaje del peso corporal de las aves del tratamiento control, respecto del antibiótico, ácido orgánico, prebiótico y

la mezcla, fueron del 7,40%, 4,87%, 4,15% y 5,73%, respectivamente. En la semana cinco y seis, estas variaciones siguieron las mismas tendencias, que fueron del 5,64%, 4,54%, 4,03% y 5,40%.

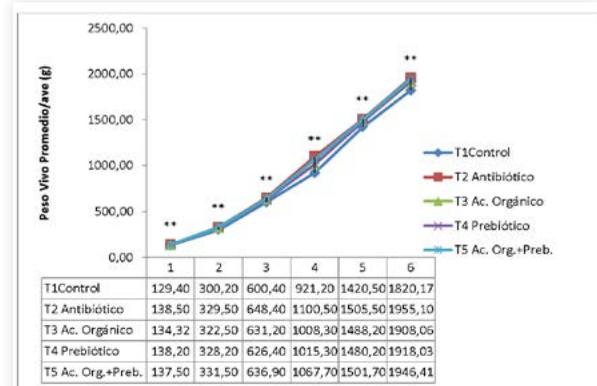


Figura 1. Efecto de la inclusión de un ácido orgánico y un prebiótico sobre la curva de crecimiento por tratamiento durante las seis semanas de vida de los pollos de engorde. * Diferencias significativas. ** Diferencias altamente significativas

La variable conversión alimenticia obtuvo diferencias significativas ($p < 0,05$), las cuales correspondieron a los pesos vivos obtenidos dados los consumos de alimento similares. La mejor conversión alimenticia fue para el antibiótico, con 1,88 (Tabla 4), que mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) comparadas al control 2,02; estas diferencias en porcentaje corresponden al 6,58%. No se encontraron diferencias significativas entre el antibiótico y la mezcla de los dos aditivos (ácido orgánico y prebiótico). Se hallaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la conversión alimenticia para el antibiótico, comparado con el ácido orgánico, prebiótico y control. La mortalidad y rendimiento en canal no mostraron diferencias estadísticas.

Tabla 4. Efecto de la inclusión de un ácido orgánico y un prebiótico sobre parámetros productivos acumulados/tratamiento/42 días en pollos de engorde

Variables	Control	Antibiótico	Ác. orgánico	Prebiótico	Ác. orgánico + prebiótico	DS	P
Consumo (g/ave)	3679,72	3692,74	3689,49	3679,72	3683,82	12,83	NS
Peso final (g)	1820,17a	1955,10c	1908,06b	1918,03b	1946,41c	50,11	< 0,0001
C. A. (kg/kg)	2,021d	1,888a	1,931c	1,918bc	1,897ab	0,049	< 0,0001
Mortalidad (%)	4,66	4,99	4,99	3,33	3,33	3,87	NS
Rend. canal (%)	77,32	78,77	77,4	77,45	79	1,32	NS

NS = no significativo, DS = desviación estandar. Las letras diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

Costos. Los márgenes de ingreso fueron superiores en el tratamiento con antibiótico, seguido del prebiótico y la mezcla de aditivos; los menores márgenes fueron para el tratamiento control, debido a las bajas ganancias de peso obtenidas durante el periodo experimental en comparación

con los otros tratamientos. Las diferencias del margen de ingreso, en porcentaje del control con los tratamientos (antibiótico, ácido orgánico, prebiótico y la mezcla), fueron del 5,81%, 1,28%, 4,13 y 2,76%, respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto de la inclusión de un ácido orgánico y un prebiótico sobre los costos y márgenes de ingreso por tratamiento

Trat.	Peso al sacrificio/ pollo (g)	Consumo alimento/ pollo (kg)	Alimento \$/kg	Valor alimento/\$	Venta pollo/\$	Margen ingreso/ pollo/\$	Margen ingreso/ kg/ pollo/\$	Margen ingreso/ pollo(%)
Control	1,820	3,67	1134,00	4171,99	4550,00	378,01	207,70	8,31
Antib.	1,955	3,69	1136,93	4197,55	4887,50	689,95	352,92	14,12
Á. org.	1,908	3,68	1169,09	4312,77	4770,00	457,23	239,64	9,59
Preb.	1,918	3,67	1141,17	4198,36	4795,00	596,64	311,07	12,44
Á. org. + preb.	1,946	3,68	1174,76	4326,64	4865,00	538,36	276,65	11,07

Antibiótico promotor de crecimiento bacitracina de Zn = \$11.000/kg, ácido fumárico = \$6.500/kg y prebiótico \$13.000/kg. Precio de venta kg en pie \$2.500 (precios 2010).

En la tabla 6, se calcularon los parámetros productivos durante los 42 días y se determinó el factor de eficiencia europeo donde se tuvo en cuenta la supervivencia. El valor más alto encontrado para este parámetro fue para la mezcla de aditivos con 236,11, comparada con el antibiótico, con 234,25, dado a la menor mortalidad en el tratamiento con la mezcla de aditivos. La conversión y eficiencia alimenticia fue superior en el tratamiento con antibiótico.

Dinámica de crecimiento de órganos digestivos

Hígado. Las constantes de crecimiento alométrico del hígado presentaron diferencias significativas al

día 8 ($p < 0,05$) con respecto del peso vivo al día 1 (Tabla 6), siendo menor en el control frente a los otros tratamientos, sin presentar diferencias estadísticas al día 15 y 22. Este órgano tuvo un aumento mayor de uno, lo que indica un crecimiento más rápido con respecto al peso vivo para la primera semana de vida. Las variaciones en el crecimiento alométrico, medidas en porcentaje del tratamiento testigo con los tratamientos antibiótico, ácido orgánico, prebiótico y la mezcla, fueron del 10,95%, 10,34%, 7,80% y 11,56%, que correspondieron a crecimientos alométricos de 1,46, 1,45, 1,41 y 1,47, respectivamente, comparado con el control, que fue de 1,30. A partir de la segunda semana, el crecimiento alométrico fue menor de uno, lo que indica un crecimiento menor de este órgano con respecto al peso vivo.

Tabla 6. Efecto de la inclusión de un ácido orgánico y un prebiótico sobre el resumen de los parámetros productivos en pollos de engorde

Tratamientos	Peso al sacrificio Kg	Conversión alimenticia	Supervivencia %	FEE	Eficiencia alimenticia %
Control	1820,17	2,021	95,34	204,51	49,46
Antibiótico	1955,10	1,888	95,01	234,25	52,94
Ácido orgánico	1908,06	1,931	96,01	225,86	51,71
Prebiótico	1918,03	1,918	96,67	230,18	52,12
Ác. org. + preb.	1946,41	1,897	96,67	236,11	52,83

FEE = factor de eficiencia europeo (peso sacrificio × supervivencia/C. A. × edad al sacrificio).

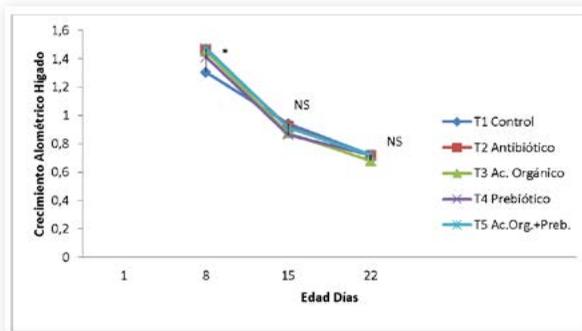


Figura 2. Efecto de la inclusión de un ácido orgánico y un prebiótico sobre el crecimiento alométrico del hígado en pollos de engorde. NS = no significativo. * Diferencias significativas ($p < 0,05$). ** Diferencias altamente significativas.

Páncreas. Las constantes de crecimiento alométrico presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) al día 8, pero no se encontraron diferencias al día 14 y 22. El crecimiento alométrico del páncreas al día 8 fue de 2,54, 2,37, 2,49, 2,27 y 2,37 para los tratamientos control, antibiótico, ácido orgánico, prebiótico y la mezcla, respectivamente (Tabla 7). Estos valores indicaron un crecimiento alométrico superior al control con respecto a los tratamientos con aditivos. El páncreas obtuvo un crecimiento alométrico superior al tratamiento control frente al prebiótico, con diferencias significativas ($p < 0,05$), que correspondieron al 10,56%. En el antibiótico, ácido orgánico y mezcla, no se encontraron diferencias estadísticas. En la figura 3, se observa la dinámica del crecimiento alométrico del páncreas con una pendiente negativa: en la semana uno (ocho días), se presentó un mayor crecimiento alométrico del tratamiento control con respecto a los otros tratamientos, pero disminuyó a la segunda semana (15 días), y fue más marcado a la tercera (22 días), siendo superior el crecimiento alométrico del tratamiento de la mezcla de aditivos frente al resto sin tener diferencias estadísticas.

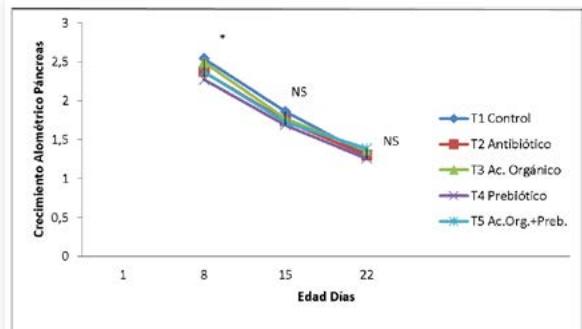


Figura 3. Efecto de la inclusión de un ácido orgánico y un prebiótico sobre el crecimiento alométrico del páncreas en pollos de engorde. N. S. = no significativo. * Diferencias significativas ($p < 0,05$). ** Diferencias altamente significativas.

Yeyuno. Las constantes de crecimiento alométrico de este órgano presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) al día 8, que mostraron un menor crecimiento de este órgano con respecto al peso vivo en el tratamiento control comparado con los otros

tratamientos, con 1,52 (Tabla 7). Los tratamientos con aditivos no manifestaron diferencias estadísticas. El crecimiento alométrico del control fue menor frente al antibiótico, ácido orgánico, prebiótico y la mezcla, con un porcentaje del 12%, 12,81%, 13,12% y 10,37%, respectivamente. En la figura 4, la dinámica de crecimiento alométrico del órgano tiene una pendiente negativa, que indica un mayor crecimiento de este órgano con respecto al peso vivo, con valores mayores de uno hasta el día 22 de edad de los pollos. El crecimiento alométrico del tratamiento control aumenta a partir del día 15 y finalizando es semejante al resto de tratamientos.

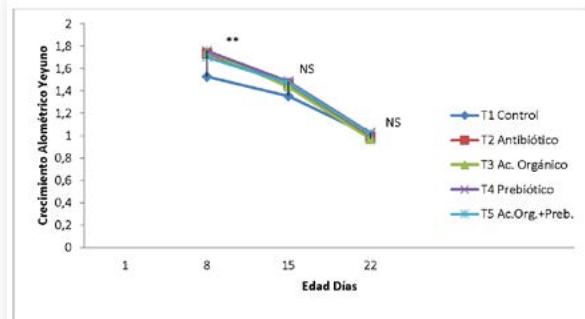


Figura 4. Efecto de la inclusión de un ácido orgánico y un prebiótico sobre el crecimiento alométrico del yeyuno en pollos de engorde. N. S. = no significativo. * Diferencias significativas ($p < 0,05$). ** Diferencias altamente significativas.

Ciegos. Las constantes de crecimiento alométrico mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) al día 15 de edad, sin presentarse al día 8 y 22. Al día 15, el mayor crecimiento alométrico fue para el tratamiento control con 1,42 ($p < 0,05$), comparado con el prebiótico y la mezcla que obtuvieron 1,271 y 1,244, y que correspondieron a diferencias en porcentaje, del 10,50 y 12,35% (Tabla 7). Del día 8 al 15 no se observó una pendiente negativa en el control y el antibiótico, como se había presentado con los otros órganos, lo que indica que, en la segunda semana, el crecimiento de este órgano, con respecto al peso vivo, fue similar a la primera semana, mientras que, en la última semana, el crecimiento alométrico presentó una pendiente negativa menos marcada que en los anteriores órganos (Figura 5).

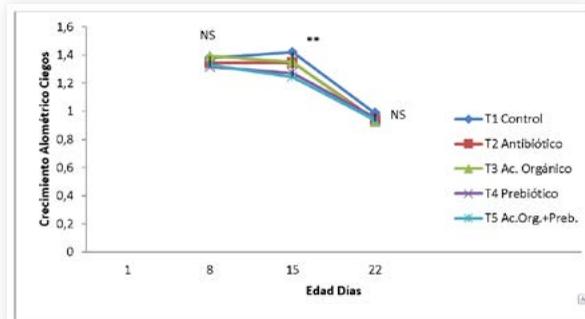


Figura 5. Efecto de la inclusión de un ácido orgánico y un prebiótico sobre el crecimiento alométrico de los ciegos en pollos de engorde. NS = no significativo. * Diferencias significativas ($p < 0,05$). ** Diferencias altamente significativas.

Tabla 7. Efecto de la inclusión de un ácido orgánico y un prebiótico sobre el crecimiento alométrico de los órganos digestivos en pollos de engorde

	Control	Antibiótico	Ácido orgánico	Prebiótico	Ác. org. + preb.	DS	P
Día 1 a 8							
Hígado	1,302 ^a	1,460 ^b	1,450 ^b	1,413 ^b	1,474 ^b	0,075	0,0005
Páncreas	2,540 ^b	2,371 ^{ab}	2,492 ^{ab}	2,272 ^a	2,370 ^{ab}	0,144	0,042
Molleja	1,079	1,032	0,983	0,979	0,950	0,0844	ns
Proventric.	1,306	1,256 ⁸	1,262	1,237	1,285	0,043	ns
Duodeno	1,830	1,870	1,897	1,861	1,846	0,061	ns
Yeyuno	1,526 ^a	1,735 ^b	1,751 ^{2b}	1,757 ^b	1,703 ^b	0,098	<0,001
Íleon	1,457	1,485	1,489	1,487	1,457	0,051	ns
Ciegos	1,379	1,343	1,392	1,315	1,331	0,051	ns
Día 1 a 15							
Hígado	0,914	0,921	0,875	0,865	0,912	0,041	ns
Páncreas	1,861	1,741	1,77	1,687	1,722	0,111	ns
Molleja	0,605	0,622	0,562	0,56	0,523	0,0587	ns
Proventric.	0,829	0,801	0,787	0,775	0,797	0,0305	ns
Duodeno	1,337	1,464	1,437	1,486	1,473	0,073	ns
Yeyuno	1,354	1,464	1,437	1,486	1,473	0,073	ns
Íleon	1,426	1,406 ⁵	1,445	1,462	1,448	0,051	ns
Ciegos	1,420 ^c	1,346 ^{abc}	1,352 ^{bc}	1,271 ^{ab}	1,244 ^a	0,0767	0,0007
Día 1 a 22							
Hígado	0,720	0,715	0,680	0,726	0,719	0,0299	ns
Páncreas	1,308	1,297	1,36	1,259	1,386	0,075	ns
Molleja	0,516	0,477 ²	0,464	0,501	0,466	0,048	ns
Proventric.	0,637	0,607	0,582	0,592	0,625	0,032	ns
Duodeno	0,913	0,913	0,924 ³	0,902	0,992	0,076	ns
Yeyuno	1,002	0,988	0,972	1,025	1,016	0,032	ns
Íleon	1,070	1,061	1,054	1,078	1,081	0,022	ns
Ciegos	0,987	0,940 ³	0,926	0,954	0,937	0,0351	ns

DS = desviación estándar, P = probabilidad. Las letras diferentes dentro de la misma fila son estadísticamente distintas ($p < 0,05$). ns = no significativo.

pH intestinal

En el duodeno y yeyuno no se encontró diferencias estadísticas en la variación del pH en los diferentes tratamientos, mientras que, en el íleon y ciego, se

encontraron diferencias ($p < 0,05$) inferiores en el tratamiento con ácido orgánico con 7,10 y la mezcla de aditivos con 7,16, con respecto al control (7,40), antibiótico (7,36) y prebiótico (7,34) (Tabla 8).

Tabla 8. Efecto de la inclusión de un ácido orgánico y un prebiótico sobre pH intestinal a los 15 días de edad

Órgano	Control	Antibiótico	Ácido orgánico	Prebiótico	Ác. org. + preb.	DS	P
Duodeno	6,97	6,91	6,73	6,91	6,80	0,16	NS
Yeyuno	6,38	6,24	6,11	6,25	6,25	0,145	NS
Íleon	7,40b	7,36b	7,10 ^a	7,34b	7,16 ^a	0,139	0,0002
Ciegos	7,49 ^a	7,29 ^a	7,29 ^a	7,81b	7,45a	0,225	0,0002

DS = desviación estándar, P = probabilidad. Las letras diferentes dentro de la misma fila son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$). NS = ($p > 0,05$).

Discusión

Los consumos de alimento promedio, en cada tratamiento, no tuvieron diferencias estadísticas, ya que se utilizó una tabla de consumo controlada. Las variaciones, en el consumo de alimento, fueron bajas durante la primera y parte de la segunda semana. (Figura 1). De la tercera semana en adelante, las aves consumieron todo el alimento y mostraron bastante movilidad y estrés por la falta de alimento. Esta falta de alimento pudo ocasionar consumos de cama y excretas, los cuales pudieron afectar la carga patógena intestinal de las aves, que no se valoró en este experimento. También la mayor movilidad de estas pudo generar gastos energéticos extras que pudieron afectar las ganancias promedio de todas las aves.

Los consumos de alimento fueron controlados durante toda la fase experimental que pudieron afectar las ganancias de peso finales, ya que trabajos de investigación realizados por Nogueira y Penz (2011), con alimentación restringida, recomiendan disminuir alimento durante la segunda y tercera semana. No restringir en la primera semana ni en las dos últimas semanas de vida del pollo, con el fin de obtener un crecimiento compensatorio. De esta manera, se reduce la incidencia de problemas metabólicos y, por lo tanto, se aminora la mortalidad y se mejora la conversión alimenticia. Se recomienda realizar la restricción alimenticia en la semana dos y tres de edad de los pollos, ya que, en la primera semana, los pollitos son muy frágiles y tienen más dificultad para manejar el estrés del ayuno. Después de 21 días, dependiendo de la edad del sacrificio, no habrá tiempo suficiente para recuperar el peso perdido durante la restricción (Nogueira y Penz, 2011).

Se han encontrado consumos de hasta del 27% superiores con dietas a voluntad en pollos machos a los 42 días comparados con dietas restringidas y del 26% superiores en el peso final con alimentación

a voluntad. Sin embargo, las conversiones alimenticias finales han sido numéricamente mejores con las dietas restringidas que las utilizadas a voluntad en los mismos periodos (2,12 frente a 2,21), respectivamente (Nogueira y Penz, 2011). Los consumos promedio fueron de aproximadamente 127 g/ave a la primera semana en todos los tratamientos, los cuales son bajos comparados con los de la estirpe (158 g/ave) (Manual Cobb 500, 2006), lo que pudo incidir en un peso promedio final también bajo, de aproximadamente 136 g/ave, lo cual afectó el crecimiento final del pollo a los 42 días. De acuerdo con Noy (1995), 10 g menos de peso obtenido por pollo a los siete días puede tener una incidencia en la disminución de 50 a 70 g/pollo a los 42 días de edad. Para el caso de esta investigación, los pesos promedios a los siete días fueron de aproximadamente 25 g menos que los de la estirpe a los siete días, lo cual tendría un detrimento en el peso final de aproximadamente 170 g/pollo.

Los consumos de alimento fueron estadísticamente inferiores en dietas a los que se suministraba un prebiótico (FOS), comparado con un tratamiento con antibiótico (avilamicina) y un control (Williams *et al.*, 2008) con alimentación *ad libitum*. Sin embargo, en un trabajo de investigación donde se comparó el efecto de un prebiótico con un probiótico, un ácido orgánico y la mezcla de estos, no se encontró diferencias en el consumo de alimento en los diferentes tratamientos utilizando consumos a voluntad (Bozkurt *et al.*, 2009).

Las ganancias de peso obtenidas fueron superiores en el tratamiento con antibiótico, comparado con la mezcla, sin ser significativas, lo que concuerda con Williams *et al.* (2008), donde obtuvieron un mayor crecimiento en pollos de engorde durante 42 días con la utilización de avilamicina (0,01 g/kg), comparado con un tratamiento control y otro al que se adicionaba un fructooligosacárido (0,6 g/kg).

Las conversiones alimenticias del tratamiento control sin aditivos fueron significativamente superiores en

comparación con los tratamientos que recibieron los aditivos, lo cual demuestra el beneficio que tiene la adición de los ácidos orgánicos, antibiótico y prebiótico en el alimento de las aves. Estos aditivos mejoran la eficiencia de la utilización del alimento, ya que no hubo variación en el consumo de este en los diferentes tratamientos. De esta manera, se puede determinar más fácilmente el efecto de la dieta comparado cuando se utiliza alimentación a voluntad. Leeson (2004) no encontró diferencias estadísticas en pollos de engorde a los 42 días en la conversión alimenticia cuando se restringió el 5, 10 y 15% del alimento en comparación a voluntad, sin embargo, se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) en la ganancia de peso. Sugeta *et al.* (2002) encontró una mejor conversión alimenticia en pollos de engorde con alimentación restringida de los días 8 al 14 de edad de los pollos comparado con aves a voluntad de 1,69 y 1,64, respectivamente, a los 21 días de edad.

Las mortalidades no tuvieron diferencias estadísticas en el tratamiento control con respecto a los que se utilizaron aditivos. Diferentes trabajos de investigación han encontrado disminuciones en la mortalidad de pollos por problemas metabólicos, como la ascitis, con la aplicación de dietas suministradas con tablas de consumo o planes de restricción de alimento.

Los rendimientos en canal no tuvieron diferencias significativas. Las variaciones obtenidas en las ganancias de peso y conversiones alimenticias en los diferentes tratamientos no se reflejaron en variaciones en el rendimiento en canal; resultados semejantes a los obtenidos por Bozkurt *et al.* (2009), donde compararon el efecto de diferentes aditivos, como probióticos, ácidos orgánicos, prebióticos y la combinación de estos en dietas de pollos de engorde. En cuanto al uso de alimentación restringida, los trabajos de investigación, realizados por Nogueira y Penz (2011), encontraron mayores rendimientos en pechuga y grasa abdominal en pollos alimentados con dietas a voluntad en comparación a las restringidas.

El crecimiento del intestino delgado, en sus diferentes partes, puede estar asociado a un mayor crecimiento de las vellosidades intestinales durante las primeras semanas de vida de los pollos, lo cual aumenta la superficie de absorción y, por consiguiente, una mejora en las ganancias de peso. Estas mayores ganancias de peso también están asociadas a un peso absoluto más alto del hígado y páncreas, debido a una mayor tasa metabólica. El intestino llega a su máximo desarrollo entre los tres a siete días de edad, para posteriormente declinar rápidamente (Berti, 2003). Los aumentos de peso relativos del intestino de las aves se relacionan con el incremento

en la viscosidad de la digesta, movilidad intestinal reducida y aumento de la actividad microbiana que estimula el crecimiento del tejido intestinal (Brenes *et al.*, 2002).

El crecimiento en peso de los diferentes órganos digestivos fue superior para el páncreas, duodeno y yeyuno, seguido del hígado e íleon, resultados que concuerdan con la literatura (Nitsan, 1991, Noy *et al.*, 2001). El crecimiento más alto del páncreas puede ser responsable de una mayor actividad de la amilasa en el contenido del yeyuno, el cual incrementa la digestibilidad del almidón (Engberg *et al.*, 2004; Wu *et al.*, 2004). Svihus y Hetland (2006) y Zubair y Leeson (1994) no obtuvieron diferencias en el peso relativo del páncreas al finalizar la restricción de alimento, pero sí un mayor peso una semana después y aun al final del ciclo productivo; este incremento responde a la mayor necesidad de enzimas para la digestión, debido al mayor consumo de alimento, así como al porcentaje del peso corporal, que tienen las aves una vez se les permite y estimula el acceso permanente al alimento. Dichos autores también observaron alguna compensación en cuanto al peso, pero con un comportamiento diferente: el páncreas de pollos de engorde restringidos fue menor al finalizar la disminución alimenticia, pero hacia el día 41 de edad no detectaron diferencias significativas. Igualmente, observaron una mayor actividad de las enzimas amilasa, tripsina y lipasa, así como una adaptación del páncreas ante este nuevo estrés.

Romero (2002) encontró un crecimiento alométrico superior en el páncreas, comparado con el hígado, a los ocho días de edad en pollos en los que evaluó un suplemento nutricional hidratado. También encontró diferencias estadísticas en el crecimiento alométrico del intestino delgado a los 14 y 21 días de edad de los pollos entre el control con el menor crecimiento comparado, con diferentes tratamientos, a los que se suministraba el suplemento nutricional hidratado.

El incremento en peso del intestino delgado para la primera y tercera semana en relación al peso vivo, se encuentra dentro de los valores obtenidos por Miles *et al.* (2006), donde comparó dos tipos de antibióticos (bacitracina frente a virginiamicina en pollos de engorde). Los pesos absolutos obtenidos de los diferentes órganos mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para el páncreas, hígado, duodeno, yeyuno, íleon y ciego, siendo menores para el tratamiento control comparado con los tratamientos que recibieron los aditivos durante los días 8, 14 y 22. Estos resultados contradicen a los encontrados por Bozkurt *et al.* (2009), donde halló diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor del tratamiento control y ácido orgánico en el peso del hígado e intestino delgado; en esta misma investigación, no se localizaron diferencias para

el peso del hígado en la mezcla del prebiótico + ácido orgánico y prebiótico + probiótico, pero sí se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el peso del intestino delgado a favor de la mezcla del prebiótico + probiótico.

El crecimiento alométrico disminuyó en todos los tratamientos durante el tiempo analizado, teniendo en cuenta que existe un mayor aumento de los órganos intestinales, principalmente del páncreas y del intestino delgado en relación con el crecimiento del ave. El tratamiento control obtuvo un crecimiento alométrico superior en el páncreas y ciego comparado con los tratamientos con aditivos, pero inferior en el hígado y yeyuno. Un mayor crecimiento de estos dos órganos a la primera semana pudo estar relacionado con el aumento en las ganancias de peso de los tratamientos con aditivos. Estos resultados se encuentran dentro de los promedios obtenidos por Romero *et al.* (2002). Los crecimientos de estos órganos disminuyen a partir de la primera semana en relación con el peso vivo de los pollos. Lilja (1983) explica que el intestino delgado es un órgano de oferta, y que, durante el periodo de crecimiento, disminuye su peso para dar prioridad a órganos de demanda, como los músculos.

La relación de los crecimientos absolutos de los diferentes órganos digestivos, especialmente del páncreas, hígado, intestino delgado y ciego, durante las diferentes semanas evaluadas, concuerdan con los distintos estudios alométricos realizados por otros investigadores, teniendo en cuenta el crecimiento mayor del páncreas durante la primera semana, en comparación con las diferentes partes de intestino delgado (Lilja, 1983).

Un mayor crecimiento de las diferentes partes del intestino puede estar relacionado con la acción de los distintos aditivos sobre la morfología intestinal, sobre todo, en el crecimiento de las vellosidades intestinales. En pollos, la suplementación de la ración con prebiótico (inulina) da lugar a un incremento en las concentraciones de lactato en el yeyuno y butirato en los ciegos (Rehman *et al.*, 2006). Al butirato se le atribuye una mayor importancia en relación con la estructura intestinal, ya que se ha demostrado que es un potente estimulador de la división celular. Además, se le considera la principal fuente de energía para los colonocitos, que inducen a una mayor proliferación celular en las criptas de Lieberkühn de la mucosa colorrectal e ileal (Topping y Clifton, 2001). Yusrizal y Chen (2003) comentaron que la densidad de las vellosidades es mayor en los pollos alimentados con FOS o inulina (10 g/kg) que en los del grupo control, hecho atribuido al posible efecto trófico de los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y especialmente al ácido butírico. Se ha observado un incremento de la longitud de

las vellosidades en pollos alimentados con pienso suplementado con FOS (1-4 g/kg) (Sonmez y Eren, 1999; Xu *et al.*, 2003) y MOS (1 g/kg) (Sonmez y Eren, 1999; Iji, 2001; Baurhoo *et al.*, 2007).

Los resultados obtenidos del pH intestinal mostraron que la inclusión del ácido orgánico afectó significativamente ($p < 0,05$) el pH del íleon a los 15 días de edad, ya que fueron mayores en los tratamientos en los que no se incluyó, dada la potencia ácida del ácido fumárico en comparación con otros ácidos orgánicos, como el cítrico. Muzaffer *et al.* (2003) encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el pH más ácido del íleon cuando se adicionó una mezcla de ácidos orgánicos y bacitracina de Zn en la dieta de pollos, en comparación con un control negativo y la mezcla de estos dos aditivos. El pH del ciego también fue estadísticamente afectado, teniendo en cuenta que para este órgano los pH fueron menores en el tratamiento con ácido orgánico y el antibiótico.

Diversas investigaciones sustentan la idea de que el uso de prebióticos puede producir un incremento de la altura de las vellosidades intestinales, así como de la propia longitud del intestino (Parker, 1974; Fuller, 1989; Goldin, 1998; Sanders, 1999). En el caso concreto de los fructanos, Yusrizal y Chen (2003) evaluaron los efectos de la inclusión de FOS e inulina en el pienso (1 g/kg) sobre las características intestinales de los pollos (42 días de edad), y evidenciaron que la oligofructosa aumenta la longitud tanto del intestino delgado como del grueso y que ambos prebióticos incrementan la densidad de las vellosidades en el yeyuno. Sin embargo, la inulina (1 g/kg) no afecta a la longitud relativa ni al peso relativo de los diferentes segmentos intestinales (duodeno, yeyuno, íleon y ciego), hecho que también fue observado posteriormente por Ortiz *et al.* (2009) al estudiar la inclusión de inulina en el pienso en concentraciones de 5 a 20 g/kg.

Las variaciones de pH encontradas en el ciego pueden estar relacionadas con el tipo de ácidos grasos volátiles (AGV) producidos y con el efecto que pudieron causar los diferentes aditivos utilizados. Los ácidos grasos de cadena corta o AGV, de dos a cinco carbonos, como acético, propiónico y n-butírico, son absorbidos y utilizados por el huésped, y la oxidación de estos ácidos supele el 60-70% de las necesidades energéticas de los enterocitos y desempeñan un importante papel en la homeostasis del lumen intestinal (Roediger, 1980). Los promedios de pH obtenidos en los ciegos son superiores a los obtenidos por López *et al.* (2008), quien evaluó diferentes tipos de levaduras nativas en la alimentación de pollos de engorde. Los resultados de pH obtenidos en el intestino de pollos, en esta investigación, se encuentran dentro

de los parámetros normales citados por Van der Klis y Jansman (2002), pero más altos que los reportados por Ewing y Cole (1994).

La disminución del pH intestinal favorece el crecimiento de bacterias benéficas, como los lactobacillus, bifidobacterias, y reduce el crecimiento de bacterias patógenas, como el *E. coli*, la cual incide en un deterioro de los enterocitos. Rahmani y Speer (2005) encontraron pH más bajos y disminución en las poblaciones de *E. coli* en el íleon de pollos de engorde, en el tratamiento que se adicionó antibiótico promotor de crecimiento comparado con otro al que se agregó ácido cítrico y un control. Apajalahti *et al.* (2002) reportaron una disminución en la población de enterobacterias en íleon de pollos al adicionar antibiótico y ácidos orgánicos y la mezcla de estos comparada con un control.

Conclusiones

De acuerdo con los parámetros productivos obtenidos, como la ganancia de peso y conversión, se concluye que hubo un efecto sinérgico entre los dos aditivos (ácido orgánico y prebiótico), comparado cuando se utilizan solos, y similares al antibiótico promotor de crecimiento. El crecimiento alométrico del hígado y yeyuno fue menor en el tratamiento control con respecto a los que se utilizó aditivos, los cuales pudieron estar relacionados con los mejores índices productivos.

La alimentación controlada, especialmente durante la primera semana de vida de los pollos, pudo influir en una disminución en el crecimiento del intestino, que ocasionó menores pesos al final del periodo de engorde, por lo que se recomienda realizar restricción en la segunda y tercera semana con el fin de obtener un crecimiento compensatorio.

La acidez del ácido orgánico utilizado (fumárico) parece que afectó el pH del íleon y ciegos de las aves, por tal motivo se recomienda evaluar los diferentes AGV, con el fin de determinar el efecto de los ácidos orgánicos en los ciegos, ya que estos son absorbidos y utilizados por el huésped sufriendo gran parte de las necesidades energéticas de los enterocitos. Se necesita realizar más trabajos de investigación que analicen los crecimientos alométricos del sistema digestivo con estos tipos de aditivos y con alimentación a voluntad y restringida, ya que se encuentran resultados contradictorios en la literatura.

Referencias

- Apajalahti, J., Kettunen, A., Bedford, M., Holben, W., Nurminen, P., Rautonen, N., Mutanen, M., 2002. Efecto de la dieta sobre la flora microbiana en el tracto gastrointestinal de aves. Curso de especialización. Applied and Environmental Microbiology 68, 4986-4995.
- Baurhoo, B., Phillip, L., Ruiz-Feria, C.A., 2007. Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. Poultry Science 86, 1070-1078.
- Berti, J.O., 2003. Efeito de diferentes carboidratos na ração preinicial de frangos de corte o desempenho e a alometria dos órgãos. Tesis de MSc. Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Sao Paulo (Brasil).
- Brenes, A., Marquardt, R.R., Guenter, W., Viveros, A., 2002. Effect of enzyme addition on the performance and gastrintestinal tract size of chicks fed lupin seed and their fractions. Poultry Science 81, 670-678.
- Burfau, J., 2003. La prohibición de la Comunidad Económica Europea del uso de antibióticos como promotores de crecimiento y sus consecuencias: alternativas potenciales, <http://www.SafAgri-Productinformation.htm>.
- Bozkurt, M., Küçükyılmaz, K., Çath, U., Çinar, M., 2009. Proceedings 15th European Symposium on Poultry Nutrition. Balatonfüred, Hungría, 25-29 de septiembre de 2005. pp. 288-290.
- Corrier D.E., Hinton A, Jr., Ziprin, R.L., Beiber, R.C., DeLoach, J.R., 1990. Effect of dietary lactose on cecal pH, bacteriostatic volatile fatty acids, and *Salmonella typhimurium* colonization of broiler chicks. Avian Diseases 34, 617-25.
- Cobb-Vantres, 2008. Guía de manejo pollos de engorde Cobb 500. Arkansas. Brasil.
- Engberg, R.M.M.S., Hedemann, T.D., 2004. Effect of zinc bacitracin and salinomycin on intestinal microflora and performance of broilers. Poultry Science 79, 1311-1319.
- Ewing and Cole. The Gastro-intestinal Tract. In: The Living Gut. Context: Trowhridge Wildshire UK: 1994. pp. 9-28.
- Fisher C. Fat deposition in broilers. In: Wiseman, J., editor. Fats in animal nutrition. 1994. pp. 437-470.
- Fuller, R., 1989. Probiotics in man and animals. Journal of Applied Bacteriology 66, 365-378.
- Gauthier, R., 2003. Nuevas alternativas terapéuticas en aves. XVIII Congreso Latinoamericano de Avicultura.
- Gibson, G.R., Roberfroid, M.B., 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. Journal Nutrition 125, 1401-1412.
- Goldin, B.R., 1998. Health benefits of probiotics. British Journal Nutrition 80, 203-207.
- Gunal, M.G., Yayli, O., 2006. The effects of antibiotic growth promoter probiotic or organic acid supplementation on performance, intestinal microflora and tissue of broilers. Poultry Science 5, 149-155.
- Hinton, A, Jr., Corrier, D.E., Spates, G.E., Norman, J.O., Ziprin, R.L., Beier, R.C., DeLoach, J.R., 1990. Biological control of *Salmonella typhimurium* in young chickens. Avian Diseases 34, 626-33.
- Jji, P.A, Saki, A.A., Tivey, D.R., 2001. Intestinal structure and function of broiler chickens on diets supplemented with a mannanoligosaccharide. Journal Food Science Agriculture 81, 1186-1192.
- Leeson, S., 2004. Future challenger for poultrymeat producers. Poultry International 43, 26.

- Lilja, C., 1983. A comparative study of postnatal growth and organ development in some species of birds. *Growth* 47, 317-339.
- López Coello, C., 2010. Efecto del uso de los ácidos orgánicos en la nutrición de aves. México. II Congreso Nacional de Nutrición Animal.
- López Coello, C., 1991. Investigaciones sobre el síndrome Ascítico en pollos. *Ciencia Veterinaria* 5.
- López, N., Afanador, G., Ariza, C., 2008. Evaluación del efecto de la suplementación de levaduras sobre la morfometría de vellosidades intestinales y productos de la microflora en pollos. *Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia* 55, 63-76.
- Nitsan, Z., Ben-Avraham, G., Zoref, Z., Nir, I., 1991. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. *British Poultry Science* 32, 515-523.
- Nogueira, F., Penz, 2011. Restricción alimenticia en pollos de engorde. Seminario Internacional de Avicultura, AMEVEA, Bogotá. 2011.
- Noy, Y., Geyra, A., Sklan, D., 2001. The effect of early feeding on growth and small intestinal development in the posthatch poul. *Poultry Science* 80, 912-919.
- NRC, 1995. Tablas de requerimientos nutricionales en aves.
- Müjdat, A.L.P., Kocabagli, N., Kahraman, R., 1999. Effects of dietary supplementation with organic acids and Zinc bacitracin on ileal microflora, pH and performance in broilers. *Veterinary and Animal Sciences* 23, 451-455.
- Miles, R.D., Butcher, G.D., Henry, P.R., Littell, R.C., 2006. Effect of antibiotic growth promoters on broiler performance, intestinal growth parameters, and quantitative morphology. *Poultry Science* 85, 476-485.
- Muzaffer, D., Ferda, O., Kemal, Ç., 2003. Effect of dietary probiotic, organic acid and antibiotic supplementation to diets on broiler performance and carcass yield. *Pakistan Journal of Nutrition* 2, 89-91.
- Noy, Y., Sklan, D., 1995. Digestion and absorption in the young chick. *Poultry Science* 74, 366-373.
- Ortiz, L.T., Rodríguez, M.L., Alzueta, C., Rebolé, A., Treviño, J., 2009. Effect of inulin growth performance, intestinal tract sizes, mineral retention and tibial bone mineralisation in broiler chickens. *British Poultry Science* 50, 325-332.
- Parker, R.B., 1974. Probiotics, the other half of antibiotic story. *Animal Nutrition Health* 29, 4-8.
- Palo, P.E., Sell, J.L., Piquer, F.J., Soto-Salanova, M.F., Vilaseca, L., 1995. Effect of early nutrient restriction on broiler chickens. I. Performance and development of the gastrointestinal tract. *Poultry Science* 74, 88-101.
- Rahmani, H.R. and Speer, W., 2005. Natural additives influence the performance and humoral immunity of broilers. *Journal Poultry Science* 4, 713-717.
- Ravindran, V.E., Kornegay, T., Webb, Jr., K.E., 1984. Effects of fiber and virginiamycin on nutrient absorption, nutrient retention and rate of passage in growing swine. *Journal Animal Science* 59, 400-408.
- Rehman, H., Böhm, J., Zentek, J., 2006. Effects of diets with sucrose and inulin on the microbial fermentation in the gastrointestinal tract of broilers. Page 155 in *Proceeding of Society Nutrition and Physiology*, Göttingen, Germany. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt, Germany.
- Roediger, W., 1980. The place of short-chain fatty acids in colonocyte metabolism in health and ulcerative colitis: The impaired colonocyte barrier. In: Cummings, J. H., Rombeau, J.L., Sakata, T., editors. *Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; año. S.F. pp. 337-51.
- Romero, H., 1998. Efecto de dos sistemas de restricción alimenticia sobre el crecimiento alométrico, balance energético y proteico y síndrome ascítico en pollos de engorde. Tesis M.Sc. Universidad Nacional de Colombia.
- Romero, H., Gómez, C., Cuervo M., 2002. Efecto de la utilización de un suplemento nutricional hidratado en pollos de engorde recién nacidos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15, 319-329.
- Sanders, M., 1999. Probiotics. *Food Technology* 53, 67-77.
- Solla, 2006. Tablas de alimentación controlada y restringida para pollos de engorde en diferentes climas. Medellín. Colombia.
- Sonmez, N.W., Eren, M., 1999. Effects of supplementation of zinc bacitracin, mannanoligosaccharides and probiotic into the broiler feeds on morphology of the small intestine. *Vet Fak Dergisi Uludag University* 18, 125-138.
- Svihus, B., Hetland, H., 2006. Efectos de la fibra dietaria en pollos. Seminario Internacional FEDNA, España.
- Sugeta, 2002. Restricción alimenticia en pollos. Citado por Nogueira, 2010. En: *Restricción alimenticia en pollos de engorde*. Seminario Internacional de Avicultura, AMEVEA, Bogotá. 2011.
- Topping, D.L., Clifton, M.P., 2001. Short chain fatty acids and human colonic functions: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiology Review* 81; 1031-1064.
- Van der Kils y Jansman, 2002. Salud intestinal en aves. Ajuste de dietas. Wageningen Academic Publishers. pp. 15-36.
- Vale, M.M., Menten, J.M.F., Morais, S.C.D., Brainer, M.M.A., 2004. Mixture of formic and propionic acid as additives in broilers feeds. *Scientia Agricola Piracicaba* 61, 371-375.
- Waldroup, P.W., 1990. Effects of different antibiotics on performance, processing characteristics, and parts yield of broiler chickens. *Poultry Science* 69, 1787-1791.
- Williams, J., Mallet, S., Leconte, M., Lessire, M., Gabriel, I., 2008. The effects of fructooligosaccharides or whole wheat on the performance and digestive tract of broiler chickens. *British Poultry Science* 49, 329-339.
- Wu, Y.B., Ravindran, V., Thomas, D.G., Birtles, M.J., Hendriks, W.H., 2004. Influence of method of whole wheat inclusion and xylanase supplementation on the performance, apparent metabolisable energy, digestive tract measurements and gut morphology of broilers. *British Poultry Science* 45, 385-94.
- Xu, Z.R., Hu, C.H., Xia, M.S., Zhan, X.A. y Wang, M.Q., 2003. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poultry Science* 82, 1030-1036.
- Yusrizal, Y., Chen, T.C., 2003. Effect of adding chicory fructans in feed on broiler growth performance, serum cholesterol and intestinal length. *International Journal Poultry Science* 2, 214-219.
- Zubair, A., Leeson, S., 1994. Effect of early feed restriction and realimentation on heat production and changes in sizes of digestive organs of male broilers. *Poultry Science* 73, 529-538.