

Morfología intestinal en pollos de engorde con o sin suministro de biomasa de levaduras de la producción de etanol combustible

Intestinal morphology in broilers with or without supply of yeast biomass from fuel ethanol production

Natalia M. Medina Ramírez^{1*}, Carlos A. González Sepúlveda¹, Gustavo Matute Turizo² y Rolando Barahona Rosales¹

¹Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Producción Animal. Medellín, Colombia. *Correo electrónico: nmmedina@unal.edu.co

²Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Medicina y Laboratorio LAPACI. Medellín, Colombia.

RESUMEN

El suministro de probióticos puede permitir la sustitución de antibióticos promotores del crecimiento en monogástricos. Se evaluaron los cambios morfométricos, alométricos e inmunológicos en pollos de engorde consumiendo una dieta con biomasa de levaduras producida al fermentar hidrolizados de residuos de banano. Se utilizaron 210 pollos machos Ross 308, alojados en baterías verticales dotadas de calefacción eléctrica, distribuidos al azar en cinco tratamientos, con seis réplicas por tratamiento y siete pollos por réplica. El alimento y el agua se suministraron a libre voluntad durante 42 días. Los tratamientos fueron: (a) Dieta sin levadura, (b) Dieta con levadura comercial al 1,5% de la dieta, (c) Levadura a 0,5% de la dieta, (d) Levadura a 1,0% de la dieta y (e) Levadura a 1,5% de la dieta. En el día 21 y 42, de un ave por cada repetición (seis por cada tratamiento), se tomaron muestras intestinales de 1 cm a la altura de la porción terminal del páncreas. En cada muestra, se determinó la integridad de la mucosa, la altura de vellosidades y la profundidad de las criptas. No hubo diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$) en variables alométricas. Hubo diferencias ($P<0,05$) en el número de anticuerpos en Gumboro, alturas de las vellosidades y profundidades de criptas. Aunque la altura de las vellosidades y profundidades de criptas cambiaron, solo en algunos casos se le pudo atribuir efectos benéficos a la presencia de levaduras. Se requiere más experimentación para dilucidar el impacto sobre estas variables de agregar levaduras a las dietas de aves.

Palabras clave: altura de vellosidades, desempeño animal, probiótico, residuo agroindustrial, *Saccharomyces cerevisiae*.

ABSTRACT

The supply of probiotics may allow replacement of antibiotic growth promoters in monogastric animals. In the present study, the morphometric, allometric and immunological changes occurring in broilers consuming a diet with yeast biomass produced by fermenting waste banana hydrolytes were evaluated. A total of 210 Ross 308 male broilers housed in vertical batteries equipped with electric heating were randomly distributed into five treatments, using six replications per treatment and seven chicks per replicate. Feed and water were offered free-choice for 42 days. The treatments were: (a) diet without yeast, (b) diet with commercial yeast at 1.5% of the diet, (c) diet with 0.5% experimental yeast, (d) diet with 1.0% experimental yeast and (e) diet with 1.5% experimental yeast. On days 21 and 42, from a bird for each repetition (six birds per treatment), intestinal samples of 1 cm to the height of the terminal portion of the pancreas were taken. In each sample, the integrity of the mucosa, the villi height and crypt depth were determined. There were no statistically significant differences ($P>0.05$) in the allometric variables. There were differences ($P<0.05$) in the number of antibodies for IBD, villous heights and crypt depths. Although villi height and crypt depths changed, only in some cases could beneficial effects be attributed to the presence of yeast. Further experimentation is required to elucidate the impact on these variables when adding yeast to the diets of poultry.

Key words: agro-industrial residues, animal performance, probiotic, *Saccharomyces cerevisiae*, villi height.

Recibido: 18/10/14 Aprobado: 01/10/15

INTRODUCCIÓN

En la industria avícola, como en el resto de las producciones pecuarias, es necesario mejorar la eficiencia productiva mediante la aplicación de estrategias para regular la disponibilidad y utilización de nutrientes en el tracto gastrointestinal (López *et al.*, 2008). Una de estas estrategias es la inclusión de aditivos en los alimentos balanceados, siendo uno de ellos la utilización de antibióticos como promotores de crecimiento. El uso de antibióticos permite estabilizar la flora microbiana, previniendo algunas patologías intestinales y mejorando los índices productivos, con lo que los productores se vuelven más competitivos (Cancho *et al.*, 2000).

Sin embargo, el uso de estos antibióticos como promotores de crecimiento ha sido relacionado con la generación de resistencia de los microorganismos afectando la salud humana, con lo que esta práctica ha sido prohibida en muchos países (Ratcliff, 2000). Esto ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas, que brinden los mismos beneficios de los antibióticos promotores de crecimiento, pero cuyo uso no acarree riesgos para la salud humana y animal, siendo una de estas el uso de probióticos (Pelicano *et al.*, 2004).

Los probióticos son aditivos naturales, basados en microorganismos viables que ayudan en el establecimiento de una población intestinal benéfica para el animal y antagónica a los microorganismos perjudiciales (Green y Sainsbury, 2001). Entre los probióticos están las levaduras, consideradas como una de las alternativas más promisorias para reemplazar los antibióticos promotores de crecimiento, pues mejoran la relación simbiótica entre el huésped y su microflora. Los beneficios de las levaduras para la salud y la productividad han sido documentados en diferentes estudios, mostrando modificación de la digestibilidad de nutrientes, el desarrollo de la mucosa digestiva y la reducción de la colonización por bacterias patógenas (Spring *et al.*, 2000), mejorando la eficiencia energética del intestino y los rendimientos animales (Bradley *et al.*, 1994; Hofacre *et al.*, 2003; Pelicano *et al.*, 2004).

En la práctica, las levaduras usadas como probióticos son producidas en fermentaciones al estado líquido que tienen como propósito producir precisamente dicha biomasa. Sin embargo, existen otras fuentes de biomasa de levadura, particularmente los procesos asociados con la producción de etanol combustible, donde se genera una cantidad importante de levaduras. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de biomasa de levaduras producidas al fermentar hidrolizados de residuos de la industria bananera sobre la alometría del sistema digestivo, respuesta inmunológica y morfometría de las vellosidades del tracto gastrointestinal en pollos de engorde machos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo fue realizado en la unidad experimental de avicultura de la Universidad Nacional de Colombia, Centro Agropecuario San Pablo, Rionegro, Antioquia a 2100 m.s.n.m., con una temperatura entre 12 y 18°C y una humedad relativa de 75,5% y cuya zona de vida corresponde al Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB), según la clasificación de Holdridge (Espinal, 1992). La evaluación de la morfometría de la mucosa intestinal fue realizada en un laboratorio de patología ubicado en la ciudad de Medellín, Antioquia.

Población de estudio

En la evaluación se emplearon 210 pollos de la línea ROSS 308 machos de un día de edad, alojados en un sistema de baterías verticales con calefacción eléctrica. El periodo experimental comprendió un total de 42 días, el cual fue dividido en dos fases de alimentación: Fase de inicio de uno a 21 días de vida y fase de engorde de 22 a 41 días de vida. Tanto el alimento como el agua fueron suministrados a voluntad. En ambas fases, las aves recibieron alimentos en forma de harina, formulados para aportar los nutrientes necesarios en cada una de las etapas fisiológicas y productivas de los animales, para lo que se emplearon como guías, las recomendaciones de la línea genética (Aviagen Group, 2012) y del NRC (1994).

Tratamientos utilizados

Las dietas experimentales usadas fueron los siguientes:

Tratamiento uno (T1, control negativo): alimentos a base de maíz-soya, formulados para aportar los nutrientes necesarios según la etapa productiva y sin la inclusión de levaduras.

Tratamiento dos (T2, control positivo): los mismos alimentos del tratamiento 1 más la adición de levadura comercial a razón de 1,5 kg ton⁻¹ de alimento.

Tratamiento tres (T3): los mismos alimentos del tratamiento 1 más la inclusión de 0,5 kg ton⁻¹ de alimento de biomasa de levadura obtenida durante la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol.

Tratamiento cuatro (T4): los mismos alimentos del tratamiento 1 más la inclusión de 1,0 kg ton⁻¹ de alimento de biomasa de levadura obtenida durante la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol.

Tratamiento cinco (T5): los mismos alimentos del tratamiento 1 más la inclusión de 1,5 kg ton⁻¹ de alimento de biomasa de levadura obtenida durante la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol. La composición centesimal y nutricional de la dietas fue reportada por Medina *et al.*, 2014.

VARIABLES MEDIDAS

Mediciones alométricas de sistema digestivo

Estas se realizaron en los días 14, 21 y 42 de vida mediante el sacrificio de dos aves por cada repetición, a las cuales se les tomaron muestras del estómago muscular (molleja) e intestino delgado. Las aves se encontraban en ayuno. En cada muestra se realizaron las siguientes mediciones: (a) Peso de la molleja; (b) Peso total del intestino; (c) Peso del intestino delgado y (d) Longitud del intestino delgado.

Con estas mediciones se determinaron las siguientes relaciones alométricas: (a) Relación Peso de molleja/ Peso Vivo; (b) Relación Peso de intestino total/ Peso Vivo; (c) Relación Peso intestino delgado/ Peso Vivo y (d) Relación Longitud del intestino delgado/ Peso Vivo.

Determinaciones inmunológicas -Serologías

Se realizaron serologías el día 14, 21 y 42 a un animal por cada repetición en muestras de sangre para evidenciar el comportamiento inmunológico a través del conteo de anticuerpos para las enfermedades de Gumboro y Newcastle. Las aves fueron vacunadas contra Gumboro al día 6 de edad y contra Bronquitis y Newcastle el día 11 de edad.

Análisis de muestras de intestino

En los animales sacrificados para las anteriores mediciones, de un animal por cada repetición se tomaron muestras intestinales de 1 cm en la porción terminal del páncreas (duodeno) y de la porción inmediatamente anterior al vestigio del saco vitelino (yeyuno), una tubular (A) y una abierta (B) al día 21 y 42. Estas muestras se almacenaron en una solución formol neutro al 10% en agua en recipientes debidamente identificados para evaluación posterior de vellosidades y profundidades de criptas.

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Patología y Citología Humana (LAPACI Ltda), ubicada en la ciudad de Medellín, Colombia. Para esto se seleccionaron fragmentos de intestino de las aves con una longitud de un cm, que se introdujeron en formol neutro al 10%, para su fijación y preservación hasta concluir la investigación. De cada muestra, se separaron dos fragmentos de 1x0,5 cm, cortados perpendicularmente desde la mucosa hasta la serosa, fueron depositados en un casete y conservados nuevamente en formol al 10%. Esta muestra fue procesada en un histotecnión (instrumento automático que se programa para procesar el tejido) durante 14 horas, deshidratando con alcohol. Luego, las muestras se aclararon con xilol y finalmente el tejido fue parafinado, utilizando parafina líquida a 60°C, la que luego a temperatura ambiente se solidifica con el tejido incorporado.

A continuación, se procedió a cortar el tejido a cuatro micras en un micrótomo, colocando los cortes de tejido en una lámina de vidrio. Se quitó el exceso de parafina mediante aplicación de calor en un horno a 60 grados centígrados. Luego, el tejido fue coloreado utilizando hematoxilina y eosina. Este tejido fue cubierto con un cubre-objeto para su preservación y para

ser observado al microscopio. Cada muestra se examinó al microscopio, interpretando los hallazgos en el tejido al medir la altura de las vellosidades intestinales y profundidades de las criptas. Se elaboró un registro de los datos los cuales fueron entonces tabulados y se realizaron los respectivos análisis.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados usando el procedimiento GLM (General Linear Model) en el software SAS/STAT® (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), versión 8,2 de 2001. Cuando se presentaron diferencias significativas, se utilizó la prueba de Duncan para separar las medias de los tratamientos ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Utilizando los mismos tratamientos y diseño experimental que se usó en el presente estudio, Medina *et al.* (2014) no encontraron respuesta a la inclusión de la levadura *S. cerevisiae* en la dieta, y solamente reportaron diferencias significativas en el consumo de alimento acumulado en el tratamiento 4 (1kg/ ton de levadura) con respecto

a los demás tratamientos. Similares respuestas fueron encontradas por Fatufe y Matanmi (2011) al agregar probiótico (*Lactobacillus ácido philus*, *Saccharomyces cerevisiae* y *S. boulardii*) a la dieta de pollitos consumiendo una dieta basal de maíz, harina de soja, torta de cacahuete y salvado de trigo.

Medina *et al.* (2014) observaron, no obstante, un beneficio económico de incluir el tratamiento 4, con el cual se obtuvieron mayores retornos (precio de venta del pollo–costo de la alimentación) que en los demás tratamientos. Al considerar estos resultados es importante recordar que existe gran variabilidad en potencial probiótico entre diferentes cepas de levaduras (Manovacía *et al.*, 2008), pudiendo esto explicar la variabilidad en respuestas animales reportadas en la literatura.

Mediciones alométricas del sistema digestivo

En el Cuadro 1 se muestra el efecto de la adición de levaduras en la dieta sobre las relaciones alométricas de los diferentes órganos del sistema digestivo de pollos de engorde machos. No hubo diferencias entre tratamientos ($P > 0,05$)

Cuadro 1. Efecto de la inclusión de levaduras sobre las relaciones alométricas del sistema digestivo de pollos de engorde machos.

TTOS	Semana 2 (14 d)				Semana 3 (14 d)				Semana 42 (14 d)			
	PM: PV (%)	PIC: PV (%)	PID: PV (%)	LID: PV (%)	PM: PV (%)	PIC: PV (%)	PID: PV (%)	LID: PV (%)	PM: PV (%)	PIC: PV (%)	PID: PV (%)	LID: PV (%)
T1	3,879	6,157	5,326	0,297	2,951	4,578	3,787	0,179	2,438	3,424	2,712	0,082
T2	3,843	5,941	5,109	0,292	3,047	4,821	3,953	0,191	2,355	3,707	2,944	0,080
T3	3,790	6,197	5,262	0,291	3,204	4,281	3,508	0,190	2,376	3,694	2,994	0,080
T4	3,665	6,017	5,176	0,298	3,192	4,699	3,829	0,184	2,314	3,744	2,974	0,081
T5	3,813	6,043	5,180	0,295	2,992	4,449	3,530	0,182	2,641	3,669	2,899	0,088
EEM	0,005	0,005	0,004	0,0002	0,006	0,006	0,005	0,0002	0,008	0,007	0,006	0,0002

Abreviaturas: Ttos: Tratamientos, PM: peso de la molleja; PV: peso vivo; PIC: peso intestino completo; PID: peso intestino delgado; LID: longitud del intestino delgado. EEM: Error estándar de la media *($P < 0,1$), **($P < 0,05$), ***($P < 0,01$), ns= no significativo.

para estas variables. Las relaciones alométricas disminuyeron en todos los tratamientos a medida que la edad de los animales aumentó. Esto obedece a que la tasa de crecimiento de los órganos intestinales es menor a la tasa de crecimiento corporal de las aves (Jaramillo, 2011).

Determinaciones Inmunológicas- Serologías

En los Cuadros 2 y 3 se muestra el efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollo de engorde macho sobre los títulos de anticuerpos medidos mediante dos técnicas independientes: la prueba de inhibición de la hemaglutinación (HI) para *Newcastle* y *ELISA* para *Gumboro*. En la semana 21 y 42 se observaron diferencias significativas ($P<0,05$) frente al número de anticuerpos para la vacuna de *Gumboro*. En el día 21, hubo diferencias ($P<0,05$) entre el tratamiento T4 cuyo título de anticuerpos para *Gumboro* fue menor al observado en el tratamiento T3. Sin embargo, en el día 42, los animales en los tratamientos T1 y T4 mostraron mayores títulos de anticuerpos que aquellos en los tratamientos T2 y T5 ($P<0,05$). Para la vacuna de *Newcastle* no hubo diferencias ($P>0,05$).

Hubo altos coeficientes de variación y desviaciones estándar de todos los títulos de

anticuerpos tanto entre tratamientos como entre días de medición. Esto sugiere la existencia de problemas en el método de vacunación de las aves (Mollinedo *et al.*, 2005). Los indicadores de una vacunación exitosa son generalmente títulos altos, uniformes y duraderos que están dentro del rango esperado para el tipo de vacuna. El organismo animal genera sus propias defensas, traduciéndose en una respuesta activa frente a un antígeno, pudiendo ser este antígeno vacunal o de campo, resultando en un ascenso gradual de los títulos de anticuerpos como respuesta al antígeno (Mollinedo *et al.*, 2005).

La titulación de anticuerpos de *Newcastle* mostró alta variabilidad (Cuadro 3), lo cual es denotado por altas desviaciones estándar y altos coeficientes de variación y lo que dificultó además el encontrar diferencias significativas. Vineza (2005) afirmó cuando se observan altos niveles de coeficientes de variación en los títulos de anticuerpos, esto indica aves con poca o disminuida respuesta a la vacunación.

Mediciones morfométricas

El intestino delgado es el sitio principal para la asimilación de nutrientes y su maduración, diferenciación y función continua, sucede en respuesta a la dieta empleada (Pacha, 2000). La acción de las levaduras como prebiótico

Cuadro 2. Títulos de anticuerpos para *Gumboro* medidos en pollos de engorde machos sometidos a diferentes tratamientos en tres edades.

TTOS	Día 14		Día 21		Día 42	
		CV, %		CV, %		CV, %
T1	1.499 ± 927	61,9	726 ± 672ab	92,5	1.023 ± 621a	60,7
T2	1.163 ± 1.032	88,7	704 ± 536ab	76,1	369 ± 231b	62,7
T3	2.096 ± 896	42,7	1.373 ± 769a	56,0	757 ± 732ab	96,7
T4	1.828 ± 643	35,1	506 ± 658b	130,1	1.125 ± 648ab	57,6
T5	1.242 ± 1.273	102,6	874 ± 849ab	97,2	323 ± 209b	64,8
Significancia	ns		**		**	
EEM	975,9		704,8		536,3	

^{a, b}Promedios en una misma columna, con distinta letras son diferentes estadísticamente ($P<0,05$), * ($P<0,1$), ** ($P<0,01$), *** ($P<0,01$), ns= no significativo.

Abreviaturas: Ttos: Tratamientos, CV: Coeficiente de Variación, EEM: error estándar de la media.

Cuadro 3. Títulos de anticuerpos por la prueba de inhibición de la hemaglutinación (HI) para Newcastle medida en pollos de engorde machos sometidos a diferentes tratamientos en tres edades.

TTOS	Día 14		Día 21			Día 42		
		CV, %		CV, %		CV, %		CV, %
T1	8,33 ± 6,83	81,9	53,3 ± 20,7	38,7	8,33 ± 16,0	192,2		
T2	5,83 ± 3,76	64,5	60,0 ± 21,9	36,5	50,0 ± 35,2	70,4		
T3	4,16 ± 2,04	48,9	56,7 ± 26,6	46,9	60,8 ± 88,8	145,9		
T4	4,16 ± 4,91	117,9	36,7 ± 8,16	22,3	18,3 ± 13,3	72,5		
T5	2,50 ± 2,73	109,5	60,0 ± 21,9	36,5	56,7 ± 55,7	98,4		
Significancia	ns		ns			ns		
EEM	4,39		20,78			50,32		

^{a, b} Promedios en una misma columna, con distinta letra son diferentes estadísticamente ($P < 0,05$)

*($P < 0,1$), **($P < 0,05$), ***($P < 0,01$), ns= no significativo

Abreviaturas: Ttos: Tratamientos, CV: Coeficiente de Variación, EEM: Error estándar de la media.

y probiótico puede deberse a la exclusión competitiva de los sitios de adherencia y del sustrato (Ortiz *et al.*, 2008; Adebisi *et al.*, 2012). Otro mecanismo de control es el aumento en la producción de sustancias antibacterianas, como los ácidos grasos volátiles (AGV), el ácido láctico y las bacteriocinas (López *et al.*, 2008).

La altura de las vellosidades a los 21 y 42 días en los diferentes segmentos del intestino delgado de pollos de engorde alimentados con y sin la inclusión de levaduras se muestran en el Cuadro 4. En ninguno de los casos se presentaron células inflamadas en la lámina propia ni ningún tipo de anomalía. En lo referente a las alturas de las vellosidades en el duodeno, solo hubo diferencias entre el tratamiento T2, el cual tuvo mayor altura de vellosidad en el día 42 que los demás tratamientos ($P < 0,05$). Estos resultados concuerdan con lo reportados por Macari y Maiorka (2000) y Loddi (2003), quienes observaron un aumento en la altura de las vellosidades en respuesta al uso de levaduras. Asimismo, Pelicano *et al.* (2005) y Zhang *et al.* (2005) observaron alturas de las vellosidades más altas en aves suplementadas con levaduras y con pared celular de levaduras.

En lo referente a la altura de las vellosidades del yeyuno, hubo ($P < 0,05$) en los dos días evaluados. En el día 21, esta variable fue menor en el

tratamiento T4 con respecto a los tratamientos T1, T3 y T5. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Pelicano *et al.* (2003) quienes encontraron un aumento en la altura de las vellosidades en el yeyuno cuando se utilizaron probióticos frente a la dieta sin la inclusión de ellos. Al día 42 la altura de las vellosidades de los animales recibiendo el tratamiento T5 fue menor a la observada en el resto de los animales ($P < 0,05$).

Los cambios en la morfología intestinal, como el aumento en la altura de las vellosidades indican epitelios maduros, lo que sugiere un mayor área de absorción de nutrientes y un posible aumento de la actividad enzimática secretada (Adebisi *et al.*, 2012). Por su parte, vellosidades más cortas y criptas más profundas han sido asociadas con la presencia de toxinas. Una vellosidad corta disminuye la superficie de absorción de nutrientes; un alargamiento de la vellosidad indica una rápida reconversión del tejido y una alta demanda por nuevos tejidos (Yason y Schat, 1987).

En el Cuadro 5 se muestran las profundidades de criptas (μm) a los 21 y 42 días en pollos de engorde alimentados con y sin la inclusión de levaduras. Al analizar las profundidades de criptas en el duodeno, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en

Cuadro 4. Promedio de altura de las vellosidades de pollos de engorde alimentados con y sin la inclusión de levaduras a los 21 y 42 días.

TTOS	Altura de vellosidades (μm)			
	DUODENO		YEYUNO	
	21 d	42 d	21 d	42 d
T1	1.882,6	1.823,6b	1.200,7a	1.566,0a
T2	1.743,1	1.948,6a	1.138,6 ab	1.491,7a
T3	1.738,9	1.854,2b	1.197,9a	1.542,4a
T4	1.772,2	1.828,5b	1.113,2b	1.486,1a
T5	1.853,5	1.824,3b	1.200,0a	1.391,0b
Significancia	Ns	**	**	**
EEM	262,32	148,82	130,7	177,21

^{a, b} Promedios en una misma columna, con distinta letra son diferentes estadísticamente ($P < 0,05$), * ($P < 0,1$), ** ($P < 0,05$), *** ($P < 0,01$), ns= no significativo TTOS: tratamientos.

Cuadro 5. Promedio de las profundidades de criptas de pollos de engorde alimentados con y sin la inclusión de levaduras a los 21 y 42 días.

TTOS	Profundidad de criptas (μm)			
	DUODENO		YEYUNO	
	21 d	42 d	21 d	42 d
1	175,0	221,5a	142,4bc	168,1b
2	192,4	208,3a	159,7a	147,2c
3	178,5	220,8a	154,9ab	156,3bc
4	179,2	215,3a	130,6c	196,5a
5	172,9	131,3b	145,1abc	131,9d
Significancia	Ns	**	**	**
EEM	39,8	27,16	31,6	27,58

^{a, b, c} Promedios en una misma columna, con distinta letra son diferentes estadísticamente * ($P < 0,1$), ** ($P < 0,05$), *** ($P < 0,01$), ns= no significativo Abreviaturas: Ttos: Tratamientos, EEM: Error estándar de la media.

los animales recibiendo el tratamiento T5, los cuales al día 42 tuvieron una menor profundidad de cripta que los de los demás tratamientos. Esto concuerda con lo reportado por Nicoletti *et al.* (2010), quienes encontraron que los animales del grupo control (sin probióticos) presentaron profundidades de criptas intestinales superiores respecto a animales suplementados con probióticos.

Por su parte, la profundidad de criptas en el yeyuno mostró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en los dos días evaluados. En el día 21, se obtuvo una mayor profundidad de cripta del tratamiento T2 respecto a T1 y T4, mientras que el T3 mostró mayores profundidades de cripta que el T4. En el día 42, el tratamiento T4 mostró mayor profundidad de cripta que los otros tratamientos. La cripta puede considerarse

como la fábrica de las vellosidades y una cripta grande indica un rápido cambio de tejido y una alta demanda por un nuevo tejido (Pacha, 2000). La proliferación continua, la diferenciación y la maduración de las células madre intestinales de las criptas está regulada por una variedad de factores, que incluyen nutrientes lumenales (Uni *et al.*, 2001). Varios autores consideran que ciertas variables histológicas del intestino de las aves se correlacionan con adecuados grados de función del órgano y por lo tanto, con un óptimo desempeño productivo del ave (Chumpawadee *et al.*, 2008; Nicoletti *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

No hubo efecto de la inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* sobre las variables alométricas del sistema digestivo de las aves. Tampoco fue evidente una respuesta positiva ni negativa asociada con los parámetros de respuesta inmunológica en respuesta a la presencia o ausencia de levaduras. Por su parte, aunque la altura de las vellosidades y profundidades de criptas se vieron afectadas por los diferentes tratamientos empleados, las respuestas no fueron uniformes y solo en algunos casos se le pueden atribuir efectos benéficos a la presencia de levaduras en lo que tiene que ver con altura de vellosidades y/o profundidad de criptas.

Resulta necesario continuar realizando este tipo de estudios, para identificar con precisión los efectos de la inclusión de levaduras en la dieta de pollos de engorde sobre las variables alométricas, morfométricas e inmunológicas de estos animales.

LITERATURA CITADA

- Adebiyi, O. A., B. A. Makanjuola, T. O. Bankoley and A. S. Adeyori. 2012. Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae*) Supplementation: Effect on the Performance and Gut Morphology of Broiler Birds. Global J. Sci. Frontier Res. Biol. Sci., 12(6):25-29.
- Aviagen Group. 2012. BROILER ROSS 308: Objetivos de rendimiento. 24 p. Disponible en línea: http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Ross-308-Broiler-Objetivos-de-Rendimiento-SP.pdf [Jul. 11, 2014].
- Bradley, G. L., T. F. Savage and K. I. Timm. 1994. The effects of supplementing diets with *Saccharomyces cerevisiae* var. *bouardii* on male poultry performance and ileal morphology. PoultrySci., 73:1766-1770.
- Cancho Grande, B., M. S. García Falcón y J. Simal Gándara. 2000. El uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual. Cienc.Tecnol.Aliment.,3(1):39-47.
- Chumpawadee, S., O. Chinrasri, T. Somchan, S. Ngamluany and S. Soychuta. 2008. Effect of dietary inclusion of cassava yeast as probiotic source on growth performance, small intestine (ileum) morphology and carcass characteristic in broilers. Int. J. PoultrySci., 7(3):246-250.
- Espinal, L. S. 1992. Geografía ecológica de Antioquia. Zonas de vida. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín, Colombia. 146 p.
- Fatufe, A., A and I. O. Matanmi. 2011. Effect of probiotics, organic acids or their mix on the growth performance of starting cockerels. Arch.Zoot., 60(229):149-152.
- Green, A. and D. Sainsbury. 2001. The role of probiotic in producing quality poultry products. XV European Symposium on the Quality of Poultry Meat. 9-12 September 2001. Kusadasi/Turkey, pp. 245-251.
- Hofacre, C. L., T. Beacorn, S. Colletty and G. Mathis. 2003. Using competitive exclusion, mannanoligo saccharide and other intestinal products to control necrotic enteritis. J. Appl. Poultry Res., 12:60-64.
- Jaramillo, A. H. 2011. Evaluación de la mezcla de un probiótico y un ácido orgánico en la salud intestinal y parámetros productivos de pollos de engorde. Tesis de M.Sc., Universidad del Tolima, Facultad de Medicina Veterinaria, Ibagué, Tolima, Colombia. 225 p.
- Loddi, M. M. 2003. Probióticos, prebióticos e acidificante orgánico em dietas para

- frangos de corte. Tesis, Universidade Estadual Paulista, FACV, Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil.
- López, N., G. Afanador y C. J. Ariza. 2008. Evaluación del efecto de la suplementación de levaduras sobre la morfometría de vellosidades intestinales y productos de la microflora en pollos. *Rev. Fac. Med. Vet. Zoot.*, 55:63-76.
- Macari, M. e A. Maiorka. 2000. Função gastrointestinal e seu impacto no rendimento avícola. In: Anais da Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola Campinas: FACTA 2, 161 p.
- Manovacia Moreno, N. P., A. M. Moreno Cárdenas, O. L. Mayorga Mogollón y R. Barahona Rosales. 2008. Evaluación del contenido de nutrientes y producción de biomasa en cepas de levadura colombianas y comerciales. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 61(2):4534–4547.
- Medina, N., C. González, S. Daza, O. Restrepo y R. Barahona Rosales. 2014. Respuesta productiva de pollos de engorde con *Saccharomyces cerevisiae* derivada de la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol. *Rev. Fac. Med. Vet. Zoot.*, 61(3):258-271. DOI:10.15446/rfmvz.v61n3.46873.
- Mollinedo, S. N. S., R. J. Ortiz y C. Ardaya. 2005. Comparación de títulos de anticuerpos de Newcastle en pollos parrilleros vacunados por vía agua vs. aspersión. Tesis de grado, Universidad Autónoma Gabriel René Romero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Bolivia.
- NRC. National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th Revised Edition. Washington: National Academy Press, 155 p.
- Nicoletti, D., C. Flores Quintana, J. Terraes, y J. Kuttel. 2010. Parámetros productivos y morfológicos en pollos parrilleros suplementados con ácidos orgánicos y levadura. *Rev.Vet.*,21(1):23–27.
- Ortiz, A., J. Reuto, E. Fajardo, S. Sarmiento, A. Aguirre, G. Arbeláez, D. Gómez, y B. Quevedo-Hidalgo. 2008. Evaluación de la capacidad probiótico *in vitro* de una cepa nativa de *Saccharomyces y cerevisiae*. *Universitas Scietiarum*, 13(2):138-148.
- Pacha, J. 2000. Development of intestinal transport function in mammals. *Physiol. Rev.*,80(4):1633-1677.
- Pelicano, E., P. A. Souza, H. B. A. Souza, D. F. Figueiredo, M. Boiago, S. R. Carvalho and V. F. Bordon. 2005. Intestinal Mucosa Development in Broiler Chickens Fed Natural Growth Promoters. *Rev. Bras. Cienc.Avic.*,7(4):221-229.
- Pelicano, E. R. L., P. A. Souza, H. B. A. Souza, A. Oba, E. A. Norkus, L. M. Kodawaray e T. M. A. Lima. 2003. Morfometria e ultra-estrutura da mucosa intestinal de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes probióticos. *Rev. Port. Cienc. Vet.*,98(547):124-134.
- Pelicano, E., P. Souza, H. Souza, A. Oba, R. Leonel, N. Zeola, e M. Boiago. 2004. Utilização de probióticos e/ou prebióticos como promotores de crescimento em rações iniciais de frangos de corte. *Rev. Bras. Cienc. Avic.*,(supl. 6):17.
- Ratcliff, J. 2000. Antibiotic bans- An European perspective. **En:** Proceedings of the 47th Maryland Nutrition Conference for Food Manufacturers, March 22-24. pp. 135-152.
- Spring, P., C. Wenk, K. A. Dawson and K. E. Newman. 2000. The effects of dietary mananoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks. *Poultry Sci.*, 79(2):205-211.
- SAS®. Statistical Analysis System. 2001. Version 8.2 para windows. Statistical Analysis System. Institute Inc. Cary. North Carolina.
- Uni, Z., G. Zaiger, O. Gal-Garber, M. Pines, I. Rozenboimy and R. Reifen. 2000. Vitamin A deficiency interferes with proliferation and maturation of cells in the chicken small intestine. *Br. Poultry Sci.*, 41:410–415.

- Vineza, C. 2005. Interpretación y uso de exámenes de ELISA en avicultura. *Rev. Electron. Vet.*, 6(7):7.
- Yason, C. V. and K. A. Schat. 1987. Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: Clinical signs and virology. *AmJ. Vet. Res.*, 48(6):977-983.
- Zhang, A. W, B. D. Lee, S. K. Lee, G. H. An, K. B. Song and C. H. Lee. 2005. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. *PoultrySci.*, 84:1015-1021.