

DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDE
SUPLEMENTADOS CON BIOMASA DE *Saccharomyces cerevisiae* DERIVADA
DE LA FERMENTACIÓN DE RESIDUOS DE BANANO
PRODUCTION PERFORMANCE OF BROILERS SUPPLEMENTED WITH
***Saccharomyces cerevisiae* DERIVED FROM THE FERMENTATION OF**
BANANA RESIDUES

N. M. Medina^{*1}, C. A. González¹, S. L. Daza², O. Restrepo¹, R. Barahona Rosales³

Artículo recibido: 17 de enero de 2014. Aprobado: 17 de septiembre de 2014

RESUMEN

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 los parámetros zootécnicos de pollos de engorde, evaluando además el impacto económico de su uso en las dietas. El estudio se realizó en el Centro Agrario San Pablo de la Universidad Nacional Sede Medellín. Se utilizaron 210 pollos de engorde de un día de edad, distribuidos completamente al azar en cinco tratamientos, en una relación de seis réplicas por tratamiento con siete pollos por réplica. El periodo experimental comprendió 42 días, el alimento y agua fue a voluntad. Las dietas experimentales fueron: T₁. Control negativo sin levadura, T₂. Control positivo con levadura comercial a razón de 1,5 kg ton⁻¹ de alimento, T₃. Levadura experimental a

¹ Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Calle 59A nro. 63 – 20, Medellín (Colombia). *Autor para correspondencia: nmmedina@unal.edu.co.

² Grupo Bioprocesos y Flujos Reactivos, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Carrera 80 nro. 65 – 223, Medellín (Colombia).

³ Grupo BIOGEM, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Calle 59A nro. 63 – 20, Medellín (Colombia).

Revista FMVZ-UN vol. 61 nro. 3 septiembre – diciembre 2014
MANUSCRITO ACEPTADO

razón de 0,5 kg ton⁻¹ de la dieta, T₄. Levadura experimental a razón de 1,0 kg ton⁻¹ de la dieta y T₅. Levadura experimental a razón de 1,5 kg ton⁻¹ de la dieta. Se observó mayor consumo de acumulado alimento en el tratamiento 4 (1kg ton⁻¹ de levadura) con respecto a los demás tratamientos evaluados. No hubo diferencias significativas (P>0,05) en las otras variables evaluadas en el estudio. Hubo 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 fueron mayores a los observados en los tratamientos 1, 2, 3 y 5 en 153, 82, 62 y 161 pesos ave⁻¹, respectivamente.

Palabras Claves: Ganancia de peso vivo, levadura, probiótico, retorno económico.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate both the effect of including different levels of yeast biomass produced during the fermentation of banana waste residues on broiler productivity and the economic return of the exercise. The study was conducted at the San Pablo Agricultural Center of the Universidad Nacional of Colombia, Medellín campus. We used 210 one day old broilers, which were distributed at random into five treatments, with six replicates per treatment, with seven chicks per replicate, housed in vertical batteries equipped with electric heating. Food and water were provided *ad libitum*. The experimental period lasted 42 days and the experimental diets were: T₁. Negative control without yeast, T₂. Positive control with commercial yeast at 1.5 kg ton⁻¹ of feed, T₃. experimental yeast at 0.5 kg ton⁻¹ of diet, T₄. experimental yeast at 1.0 kg ton⁻¹ of diet and T₅. experimental yeast at 1.5 kg ton⁻¹ of the diet. Both animal productivity and economical return were evaluated. Significant differences (P>0.05) were present in the cumulative food intake in treatment 4 (1kg ton⁻¹ yeast) with respect

to the other treatments. No significant differences were found in the other variables assessed in the study. There was an economic benefit to including treatment 4, in the form of higher returns (chicken sale price minus feed costs) of 153, 82, 62 and 161 Colombian pesos bird⁻¹, compared to those observed in treatments 1, 2, 3 and 5, respectively.

Keyword: Economic return, live weight gain, probiotic, yeast.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos en la industria avícola es lograr mayor rapidez en el crecimiento y la capacidad de engorde de los animales, para lo cual se han seguido varias estrategias. Una de ellas, el uso de antibióticos como promotores de crecimiento. Sin embargo, la utilización de estos ha sido objeto de duras críticas y presiones legales en los últimos años. Esto obedece a que el empleo indiscriminado de estos productos puede generar complicaciones tales como reacciones alérgicas, superinfecciones y retrasos en la identificación del germen causal de enfermedades en seres humanos. Quizás, una de las complicaciones más importantes es la aparición de gérmenes antibiótico-resistentes lo que a su vez, crea la necesidad de disponer de nuevas medicinas para el tratamiento de enfermedades tanto en la salud animal como en la humana (Cancho et ál. 2000; Ríos et ál. 2004; López et ál. 2009).

Como respuesta al manejo indiscriminado de antibióticos en la producción animal, se deben buscar nuevas alternativas que promuevan una producción más limpia sin el uso aditivos que pongan en riesgo la salud humana y animal (Castro y Rodríguez 2005). Esto incluye mejorar las normas de bioseguridad y manejo en las explotaciones avícolas, aplicando un programa de vacunación, haciendo selección genética y

realizando la búsqueda, desarrollo y utilización de nuevos aditivos nutricionales como los probióticos, prebióticos, oligosacáridos, ácidos orgánicos, entre otros (López et ál. 2009). Estos aditivos podrían permitir un control y establecimiento de una microbiota benéfica en los animales y una disminución paulatina de enteropatógenos, mejorando la producción animal sin ningún riesgo para la salud humana (Fooks y Gibson 2002; Calzadilla et ál. 2006).

Entre los probióticos disponibles para uso en alimentación animal, se encuentran las levaduras que inducen efectos positivos en términos del desempeño productivo de especies monogástricas, pero que no pueden colonizar el tracto digestivo. En monogástricos, los principales efectos de la suplementación con levaduras y sus derivados (mananos) son la estimulación de las disacaridasas de las microvellosidades, el efecto antiadhesivo frente a patógenos, la estimulación de la inmunidad no específica, la inhibición de la acción tóxica y el efecto antagonista frente a microorganismos patógenos (Castro y Rodríguez 2005).

Entre las levaduras, *Saccharomyces cerevisiae* ha sido muy utilizada en la panificación, en la industria de la fermentación alcohólica y otros procesos fermentativos (Yamada et ál. 2003). La levadura *S. cerevisiae* Sc7 es una de las especies que ha sido aprobada como un microorganismo seguro en alimentación animal por la Unión Europea y por otros países como Japón (Nitta y Kobayashi 1999) y Estados Unidos de América, donde la FDA (Food y Drug Administration) le ha otorgado el grado GRAS (Generally Recognised As Safe). Esta levadura ha sido ampliamente utilizada en la alimentación animal, como fuente de proteínas y otros nutrientes. Las levaduras proporcionan energía, contienen entre 30% a 70% de proteína, son ricas en vitaminas del grupo B (B₁,

B₂, B₆, ácido pantoténico, niacina, ácido fólico y biotina), minerales, especialmente selenio y fibra dietaria (Halasz y Lásztity 1991; Spring et ál. 2000).

Hoy en día, es posible obtener biomasa de levaduras de bajo costo para ser empleada en alimentación animal. Un ejemplo de esto son las levaduras resultantes de los procesos de producción de etanol, que podrían ser usadas como complemento alimenticio para animales, dada su alta disponibilidad y bajo costo. Para estos casos, es importante definir si dicha biomasa posee características que le permitan cumplir las funciones de prebióticos y probióticos, con lo que podrían usarse para sustituir total o parcialmente el uso de antibióticos, contribuyendo a mejorar la eficiencia de los sistemas productivos agropecuarios (Robinson y Garrett 1999). 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 los parámetros zootécnicos en pollos de engorde, además de realizar una evaluación económica de las dietas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del ensayo y población de estudio

El trabajo fue realizado en la unidad experimental de avicultura de la Estación Agraria San Pablo de la Universidad Nacional de Colombia, ubicada en Rionegro (Antioquia) a 2.100 m.s.n.m., con una temperatura entre 12 y 18°C y una humedad relativa de 75.5% en una zona de vida bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB), según la clasificación de Holdridge (Espinal 1992).

Para la evaluación, se emplearon 210 pollos machos de un día de edad de la línea ROSS 308, 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: la fase de inicio a partir del día 1 al 21 de vida y la fase de engorde de los 22 a los 42 días de vida. En dichos períodos, las aves recibieron el alimento en forma de harina, que fueron formulados para aportar los nutrientes necesarios en ambas etapas fisiológicas y productivas a lo largo del periodo experimental, en cuya formulación se siguieron las recomendaciones de la línea genética y el NRC (1994). Tanto el alimento como el agua fueron suministrados a voluntad. Las aves fueron vacunadas contra Gumboro al día 6 de edad y contra Bronquitis Infecciosa Aviar y Enfermedad de Newcastle el día 11 de edad.

Asignación de tratamientos

Las dietas experimentales usadas fueron las siguientes:

- T1 (control negativo): las aves recibieron alimentos a base de maíz-soya, formulados para aportar los nutrientes necesarios según la etapa productiva y sin la inclusión de levaduras como aditivos.
- T2 (control positivo): Las aves recibieron el mismo alimento a base de maíz-soya del tratamiento 1 más la adición de una levadura comercial a razón de 1,5 kg ton⁻¹ de alimento.
- T3: Las aves recibieron el mismo alimento a base de maíz-soya del tratamiento 1 más la inclusión de biomasa de levadura obtenida durante la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol a razón de 0,5 kg ton⁻¹ de alimento.
- T4: Las aves recibieron el mismo alimento a base de maíz-soya del tratamiento 1 más la inclusión de biomasa de levadura obtenida durante la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol a razón de 1,0 kg ton⁻¹ de alimento.

- T5: Las aves recibieron el mismo alimento a base de maíz-soya del tratamiento 1 más la inclusión de biomasa de levadura obtenida durante la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol a razón de $1,5 \text{ kg ton}^{-1}$ de alimento.

Variables determinadas

Durante el período de evaluación se efectuaron las siguientes mediciones con la frecuencia que se muestra a continuación:

- **Parámetros zootécnicos evaluados:**

Consumo de alimento (g/ave/día): Esta se determinó dividiendo el consumo total de alimento de la semana entre siete y por el número de pollos en cada repetición. El consumo fue expresado como promedio semanal y acumulado.

Peso corporal (g): Se determinó por pesaje individual y/o grupal de todos los pollos de cada repetición, con una periodicidad semanal. Esta variable fue expresada como promedio semanal.

Conversión alimenticia (g de alimento/g de peso ganado): Expresada tanto como un promedio semanal y acumulado, el cual fue calculado utilizando la información de los parámetros A y B.

Ganancia de peso (g): Se determinó como la diferencia entre el peso inicial y el final en cada periodo de evaluación, dividido por la duración del periodo de evaluación. Esta variable fue medida con una periodicidad semanal y expresada como promedio semanal y acumulado.

Eficiencia alimenticia: Se determinó al finalizar el periodo de evaluación dividiendo el peso corporal promedio entre la conversión alimenticia.

Índice de productividad: Se determinó al finalizar el periodo de evaluación dividiendo la eficiencia alimenticia entre la conversión alimenticia.

Obtención de la levadura

Las fermentaciones para la obtención de biomasa de levadura fueron realizadas por el grupo de investigación en Bioprocesos y Flujos Reactivos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

El sustrato utilizado fue un jarabe producido a partir de banano verde de rechazo. Con el fin de convertir el almidón en azúcares simples, se realizó hidrólisis ácida al banano molido agregando ácido sulfúrico de acuerdo con las condiciones estandarizadas para éste proceso en el grupo de Investigación. Luego de enfriar el jarabe se filtró para remover partículas no hidrolizadas. Las fermentaciones se realizaron con una cepa comercial de *Saccharomyces cerevisiae*. Esta elección se realizó de acuerdo con estudios realizados anteriormente en el grupo de investigación. En la Tabla 1 se muestra la caracterización de la biomasa y las técnicas utilizadas. Este análisis fue realizado en el laboratorio de bromatología de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

Composición de la dieta experimental

En la Tabla 2 se muestra la composición de la dieta utilizada en este estudio. Solamente se muestra la composición de la dieta control, puesto que dado el bajo nivel de inclusión de las levaduras (máximo 0,15% de la dieta) pocos cambios en composición se observaron entre las dietas evaluadas.

Evaluación Económica

Para cada dieta se calcularon los costos de alimentación teniendo en cuenta los precios de las materias primas utilizadas y el consumo observado de cada dieta. La rentabilidad de cada tratamiento se determinó evaluando los costos del alimento por ave y costo de producción de kilogramo de carne de pollo por alimento exclusivamente, para lo cual se emplearon las ecuaciones 2.1 y 2.2. Además se calculó el precio de venta de los pollos en cada tratamiento, llevando el peso vivo a peso en canal (FENAVI-FONAV 2013) y como precio del kilo de pollo en canal los suministrados por la Corporación Colombia Internacional (CCI 2011).

$$\text{Costo de Alimentación por ave} = \text{Consumo de alimento por ave (kg)} \times \text{costo de kg de alimento (\$)} \quad 2.1$$

$$\text{Costo de kg de carne de pollo} = \frac{\text{costo de alimentación por ave (\$)}}{\text{Peso Final (kg)}} \quad 2.2$$

Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados obtenidos en este experimento se utilizó un diseño completo al azar, el cual contó con 5 tratamientos con 6 repeticiones de 7 pollos cada. Los datos fueron analizados por ANOVA 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

Observando la composición bromatológica de biomasa de levadura utilizada en el estudio producto de la fermentación con levadura comercial de residuos de banano (Tabla 1), el contenido de proteína cruda (48,7%) es superior a los valores reportados por Blas et ál. (2010) (46%) y menor al valores reportados por Perdomo et ál. (2004) (52,3%). Según Yamada et ál. (2003) las levaduras tienen un alto contenido de proteína (30% a 70%) y esta composición dependerá de los procesos fermentativos. La levadura *Saccharomyces cerevisiae*, es rica en proteínas (40-45 %) de alto valor biológico y abundante en vitaminas del complejo B, como biotina, niacina, ácido pantoténico y tiamina (Aghdamshahriar et ál. 2006).

Desempeño productivo de pollo de engorde

Los rendimientos productivos de los pollos de engorde dependen de las condiciones ambientales y de manejo, y del suministro de los niveles nutricionales apropiados mediante una adecuada elección de materias primas (Aviagen Group 2012). Según Gao et ál. (2008), las diferencias en la respuesta productivas animal pueden estar relacionados según el tipo de levadura que se utilice, como levadura seca activa, levadura viva, o productos de fermentación. En el presente estudio, se utilizó levadura seca activa, obtenida de la liofilización de la biomasa de levadura al terminar la fermentación, lo que hizo con el propósito de facilitar el manejo de la levadura y evitar factores de confusión asociados con la presencia de compuestos adicionales a las levaduras, como sucede cuando se usan productos de fermentación.

Consumo de alimento promedio por semana y acumulado

En la Tabla 3 se muestra el efecto de la inclusión de levaduras en dietas de pollos de engorde sobre el consumo promedio por semana y acumulado durante las seis semanas de evaluación. Hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) en el consumo de alimento en la semana cuatro para los pollos que recibieron el tratamiento 4, los cuales consumieron entre un 4 a 7% más alimento que los pollos de los tratamientos uno, dos y cinco; y no se observó diferencia significativa ($P > 0,05$) con el tratamiento tres.

Al analizar el consumo acumulado de alimento, hasta la tercera semana no hubo diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre los tratamientos para las variables CPS y CA; tampoco hubo diferencias en la semana 5 y 6 para CPS. Se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en las semanas cuatro, cinco y seis para los pollos que recibieron el tratamiento 4 (2075, 3142, 4249g, respectivamente), los cuales tuvieron un mayor consumo acumulado comparado con los demás tratamientos, solo presentando en la cuarta semana un consumo acumulado igual al observado con el tratamiento 3. Al comparar los datos obtenidos se encontró que los valores de consumo acumulado (CA) observados en este estudio fueron inferiores a los valores establecidos por la línea genética ROSS 308 (Aviagen Group 2012). Esto pudo deberse al hecho que se emplearon condiciones de manejo similares a las de la avicultura comercial nacional, las cuales no son comparables a las normalmente empleadas en los ensayos de evaluación de líneas genéticas. El estudio de Paryad y Mahmoudi (2008) mostró que la inclusión de 1,5% de la levadura *S. cerevisiae* en pollos de engorde mejora el consumo de alimento. Los resultados no concuerdan con los reportados por Gheisarl y

Kholeghipour (2006) quienes encontraron que el uso de levaduras vivas de *S. cerevisiae* no tiene efecto significativo sobre el consumo de alimento.

En la Tabla 4 se muestra el efecto de la inclusión durante seis semanas de levaduras en la dieta sobre el peso corporal de pollos de engorde machos. No hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) en ninguna semana para esta variable. Estos resultados concuerdan con los reportados por Gheisarl y Kholeghipour (2006), quienes encontraron que el uso de levaduras vivas de *S. cerevisiae* no tuvo un efecto significativo sobre el peso corporal. En cambio Santin et ál. (2001), reportaron que los animales recibiendo levaduras aumentaron significativamente de peso. Fathi et ál. (2012) encontraron que el peso corporal de los pollos de engorde durante las edades tempranas no mejoró de manera significativa por la inclusión en la dieta la levadura, lo que sugiere que la levadura no jugó un papel activo en el peso corporal durante la etapa inicial del período de crecimiento. Es importante notar que la respuesta observada luego de la inclusión de levaduras depende de la carga microbiana a la que estén enfrentados los animales.

El peso promedio inicial de los pollos en esta investigación fue mayor (45 g) comparado con el peso esperado para la línea genética (42 g) ROSS 308 (Aviagen Group 2012), pero a partir de la semana uno, los pollos de todos los tratamientos siempre estuvieron por debajo de los pesos esperados para esta línea genética, lo cual se podría explicar debido a que su consumo fue menor al esperado (Ver Tabla 3).

Ganancia de peso corporal

En la Tabla 5 se muestra el efecto de la inclusión de levaduras en la dieta sobre la ganancia de peso corporal de pollos de engorde machos durante las seis semanas de experimentación. Solamente se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la

ganancia de peso corporal acumulada a la semana cinco. El valor más alto fue para el tratamiento cuatro (1902,89 g), el cual fue diferente al obtenido con los tratamientos uno, dos y tres pero igual al tratamiento cinco. Estos resultados concuerdan con el estudio de Zhang et ál. (2005) los cuales reportaron una ganancia significativamente mayor ($P \leq 0,05$) de peso entre la semana 4 a 5 de edad, del tratamiento donde se incluía levadura entera (5%) respecto al tratamiento control. El estudio de Paryad y Mahmoudi (2008) mostró que la inclusión de 1,5 % de la levadura *S. cerevisiae* en pollos de engorde aumenta la ganancia de peso. En cambio, Gheisarl y Kholeghipour (2006), Al-Mansour et ál. (2011) y Adebiyi et ál. (2012) encontraron que el uso de levaduras vivas de *S. cerevisiae* no tuvo un efecto significativo sobre la ganancia de peso.

Conversión alimenticia

En la Tabla 6 se muestra el efecto de la inclusión de levaduras en la dieta sobre la conversión alimenticia de pollos de engorde machos durante las seis semanas de evaluación. No hubo diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre animales recibiendo las diferentes dietas. Al comparar estas conversiones con las esperadas para la línea genética ROSS 308 (Aviagen Group 2012), solo en la semana 1 hubo mejores conversiones en todos los tratamientos. A diferencia del presente estudio, Santin et ál. (2001), Gao et ál. (2008) y Paryad y Mahmoudi (2008) encontraron que las conversiones alimenticias tendieron a mejorar a medida que aumentaron el nivel de inclusión de levadura en la dieta.

Eficiencia Alimenticia e Índice de productividad

En la Tabla 7 se muestra el efecto de la inclusión durante seis semanas de levaduras en la dieta sobre la eficiencia alimenticia e índice de productividad de pollos de engorde machos. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre

tratamientos. Al comparar los datos obtenidos se encontró que los valores de la eficiencia alimenticia e índices de conversión observados en este estudio fueron inferiores a los valores establecidos por la línea genética ROSS 308 (Aviagen Group 2012).

Evaluación Económica

En la Tabla 8 se aprecia la rentabilidad de cada tratamiento donde se evaluó los costos del alimento por ave. En esta evaluación debe aclararse que el costo de producción de la levadura fue bajo (\$250/kg), lo que obedece a las siguientes razones: (a) la biomasa de levadura es un sub-producto de una fermentación cuyo producto principal es el etanol, con lo que la mayor parte de los costos corresponden a la producción de etanol; y (b) se utilizaron residuos de la industria del banano como fuente de carbono, lo que redujo el costo del medio de cultivo. Es importante recordar que las características de crecimiento, producción de proteína y acumulación de carbohidratos, dependen tanto de la cepa de levadura utilizada (Manovacía et ál. 2008) como de las condiciones del medio de cultivo empleado, lo cual tiene influencia sobre el costo de producción de la levadura.

En la primera fase de alimentación (1-21d) las dietas de menor costo fueron las de los tratamientos 1 y 5. En la segunda fase de alimentación, la dieta de menor costo fue la del tratamiento 1, dando como resultado que la dieta 1 fue la de menor costo del alimento por ave. Sin embargo, el tratamiento con el menor costo de producción de un kg de carne de pollo por alimento fue el tratamiento T3, pero el tratamiento con el que se obtuvo el mayor precio de venta del pollo en canal fue en el tratamiento T4. De la misma manera, la diferencia entre el precio de venta y el costo de la alimentación fue mayor en el tratamiento 4, con el cual dicha diferencia fue 153, 82, 62 y 161 pesos/ave

más alta que los tratamientos 1, 2, 3 y 5, respectivamente. El beneficio neto de la producción de carne de pollo depende no solo de tener un bajo costo de alimentación sino además de alcanzar un buen rendimiento productivo del ave.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

No fue evidente una respuesta positiva ni negativa asociada con la inclusión de la levadura *S. cerevisiae* en la dieta, debido a que solo se observaron diferencias significativas en el consumo de alimento acumulado en el tratamiento 4 (1kg/ ton de levadura) con respecto a los demás tratamientos. En las demás variables evaluadas no se encontraron diferencias significativas.

Hubo 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 fueron mayores a los observados en los tratamientos 1, 2, 3 y 5 en 153, 82, 62 y 161 pesos/ave, respectivamente.

Es importante complementar los resultados acá reportados, mediante el estudio de los efectos a nivel de tejido intestinal de la inclusión de las levaduras en la dieta de aves en crecimiento, lo cual se puede hacer monitoreando cambios morfométricos en las vellosidades intestinales. Es también importante incrementar el número de estudios científicos en los que se incluyan materias primas no tradicionales en la alimentación animal.

Agradecimientos

Los autores agradecen a COLCIENCIAS por la financiación del proyecto “*Evaluación nutricional de levaduras producidas durante la fermentación de residuos de banano para la producción de etanol*” que permitió la realización de este estudio. Se agradece

también a CEAGRO y a los trabajadores de la Granja San Pablo, por su colaboración en la realización de las actividades acá reportadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Adebiyi OA, Makanjuola BA, Bankole TO, Adeyori AS. 2012. Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae*) Supplementation: Effect on the Performance and Gut Morphology of Broiler Birds. Global Journal of Science Frontier Research Biological Sciences, 12 (6). Online ISSN: 2249-4626 & Print ISSN: 0975-5896.
- Al-Mansour S, Al-Khalf A, Al-Homidan I, Fathi M. 2011. Feed efficiency and blood hematology of broiler chicks given a diet supplemented with yeast culture. Int. J. Poult.Sci., 10 (8): 603 - 607.
- Aviagen Group. 2012. Broiler Ross 308: Objetivos de rendimiento. 24 pp. [Internet]. [Citado 2013 Abril 11]. Disponible en:
http://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/Ross-308-Broiler-Objetivos-de-Rendimiento-SP.pdf
- Aghdamshahriar H, Nazer-adl A, Ahmadzadeh A. 2006. The effect of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in replacement fish meal and poultry by product protein in broiler diets [Internet]. XII European Poultry Conference, Verona, Italia. [Citado 2013 Mayo 23]. Disponible en:
<http://www.cabi.org/animalscience/Uploads/File/AnimalScience/additionalFiles/WPSAVerona/10390.pdf>
- AOAC Official Method 942.05. 2005. Determination of Ash in Animal Feed. In Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International, Gaithersburg, MD.

Revista FMVZ-UN vol. 61 nro. 3 septiembre – diciembre 2014
MANUSCRITO ACEPTADO

- Blas, Mateos GG, Rebollar PG. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de los alimentos para la fabricación de piensos compuestos. (3ra edición) [Internet]. [Citado 2013 Febrero 15]. Disponible en: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/levadura-de-cerveza-actualizado-nov-2011
- Calzadilla F, Pérez M, Piad R. 2006. Influencia de un prebiótico a base de hidrolizado de Levadura en la ecología microbiana de aves. *Revista Avanzada Científica* 9 (1): 1-7.
- Cancho B, García MS, Simal J. 2000. El uso de los antibióticos en la alimentación animal: perspectiva actual. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 3(1): 39-47.
- Castro M, Rodríguez F. 2005. Levaduras: Probiótico y prebiótico que mejoran la producción animal. *Rev. CORPOICA.* Ene-Jun. 6(9): 26-38.
- Corporación Colombiana Internacional CCI. 2011. Precios Insumos, Factores y costos de Producción: Boletín precios. [Internet]. [Citado 2013 Enero 23]. Disponible en: http://www.cci.org.co/cci/cci_x/datos/semanal/SCARPOLL.HTM
- Espinal LS. 1992. Geografía ecológica de Antioquia. Zonas de vida. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 146 pp.
- Fathi M, Al-Mansour A, Al-Khalaf A, Al-Damegh M. 2012. Effect of yeast culture supplementation on carcass yield and humoral immune response of broiler chicks. *Vet. World.* 5(11): 651-657.
- Fooks L, Gibson G. 2002. Probiotics as modulators of the gut flora. *British J. Nutr.* 88(1): S39-S49.

Revista FMVZ-UN vol. 61 nro. 3 septiembre – diciembre 2014
MANUSCRITO ACEPTADO

- Gao J, Zhang HJ, Yu SH, Wu SG, Yoon I, Quigley J, Gao YP, H Qi. 2008. Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poult Sci.* 87 (7): 1377-1384.
- Gheisari A, Kholehipour B. 2006. Effect of dietary inclusion of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth performance, immune responses and blood parameters of broiler chickens. XII European Poultry Conference, Verona, Italia, 6p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 1999. NTC 4657. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2001. NTC 4981. Alimentos para animales. Determinación del contenido de fosforo. Método espectrofotométrico. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2003. NTC 5151. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de Calcio, Cobre, Hierro, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio y Zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. Bogotá, Colombia.
- ISO. 1999. 6496: Animal feeding stuffs – Determination of moisture and other volatile matter content. The International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- López N, Afanador G, Ariza C. 2009. Evaluación de tres levaduras provenientes de ecosistemas colombianos en la alimentación de pollos de engorde. *Rev CORPOICA.* 10 (1): 102-114.

Revista FMVZ-UN vol. 61 nro. 3 septiembre – diciembre 2014
MANUSCRITO ACEPTADO

- Manovacía Moreno, NP, Moreno Cárdenas, AM, Mayorga Mogollón, OL, Barahona Rosales, R. 2008. Evaluación del contenido de nutrientes y producción de biomasa en cepas de levadura colombianas y comerciales. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín, 61(2): 4542-4553.
- National Research Council NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9.rev.ed. Washington: National Academy Press, 155p.
- Nitta K, Kobayashi F. 1999. Brewers yeast as health foodstuff. New Food Ind. (Japan). 41, 17-23.
- Perdomo MC, Vargas RE, Campos J. 2004. Valor nutritivo de la levadura de cerveza y sus derivados. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. Sept- dic. 12(3): 89-95.
- Ríos C, Bolis M, Salvatierra R. 2004. Legislación sobre antibióticos en América Latina. Organización Panamericana de la Salud. Washington, D.C., E.U.A 112 p.
- Santin E, Maiorka A, Macari M. 2001. Performance and intestinal mucosa development of broiler chickens fed diets containing *Saccharomyces cerevisiae* cel wall. J. Appl. Poult. Res. 10:236-244.
- Statistical Analysis System, SAS®. 2001. Version 8.2 Para windows Statistical Analysis System. Institute Inc. Cary. North Carolina.
- Spring P, Wenk C, Dawson KA, Newman KE. 2000. The effects of dietary mannaoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks. Poult Sci. 79 (2): 205-11.

Yamada E, Alvim I, Santicci M, Sgarbieri. 2003. Composição centesimal e valor protéico de levedura residual da fermentação etanólica e de seus derivados. Rev. Nutr. Campinas. 16 (4):423-432.

Zhang AW, Lee BD, Lee SK, Lee KW, An GH, Song KB, Lee CH. 2005. Effects of Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Cell Components on Growth Performance, Meat Quality, and Ileal Mucosa Development of Broiler Chicks. Poult. Sci. 84(7): 1015-1021.

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Composición bromatológica de biomasa de levadura utilizada en el estudio producto de la fermentación con levadura comercial de residuos de banano.

| Análisis | Resultado | Método |
|---------------------|------------------|--|
| Materia seca, % | 87,3 | ISO 6496 |
| Azúcares totales, % | 1.68 | Espectrofotometría U.V VIS |
| Calcio, % | 1.58 | Espectrofotometría A.A. (basado en NTC 5151) |
| Cenizas,% | 11.66 | Incineración directa (AOC 942.05 Cap 4, P.5) |
| Fósforo,% | 1.05 | Espectrofotometría A.A. (basado en NTC 4981) |
| Hierro, mg/Kg (ppm) | 281.02 | Espectrofotometría A.A. (basado en NTC 5151) |

Revista FMVZ-UN vol. 61 nro. 3 septiembre – diciembre 2014
MANUSCRITO ACEPTADO

| | | |
|-------------------|-------|--|
| Magnesio, % | 0.15 | Espectrofotometría A.A. (basado en NTC 5151) |
| Potasio, % | 1.21 | Espectrofotometría A.A. (basado en NTC 5151) |
| Proteína Cruda, % | 48.70 | Kjeldahl (basado en NTC 4657) |
| Zinc, mg/Kg (ppm) | 281 | Espectrofotometría A.A. (basado en NTC 5151) |

En prensa

Tabla 2: Composición centesimal y nutricional de la dieta control utilizada en el estudio.

| Materias Primas | Iniciación (1-21d) | Finalización(22-42d) |
|--|--------------------|----------------------|
| | Inclusión % | |
| Maiz Amarillo Americano 8-12 | 56,4 | 59,7 |
| Torta de Soya 46 | 18 | 13,6 |
| Soya Extruida | 14 | 15,1 |
| Harina de Carne | 4 | 4 |
| Aceite de Palma | 2,4 | 2,9 |
| Harina de Pescado | 2 | 2 |
| Premezcla de vitaminas y minerales* | 1,1 | 1,1 |
| Carbonato de Calcio | 0,8 | 0,8 |
| Fosfato monocálcico Ca:18 P:21 | 0,4 | 0,3 |
| Sal Yodada | 0,3 | 0,3 |
| L lisina HCL | 0,3 | 0,3 |
| DL Metionina | 0,2 | 0,2 |
| L treonina | 0,03 | 0,1 |
| Contenido calculado de nutrientes | | |
| Proteína cruda % | 23,2 | 21,04 |
| Calcio % | 0,9 | 0,8 |
| Fósforo disponible % | 0,5 | 0,38 |
| Fibra Bruta % | 2,6 | 2,64 |
| Grasa % | 7,9 | 10,69 |
| EM Kcal/kg | 3120 | 3280 |
| Cloro % | 0,3 | 0,23 |
| Sodio % | 0,2 | 0,16 |
| Potasio % | 0,9 | 0,87 |
| Lisina Digestible % | 1,3 | 1,12 |
| Metionina Digestible % | 0,7 | 0,6 |
| Treonina Digestible % | 0,8 | 0,73 |
| Triptofano Digestible % | 0,2 | 0,2 |
| Arginina Digestible % | 1,3 | 1,24 |
| Isoleucina Digestible % | 0,8 | 0,75 |
| Leucina Digestible % | 1,9 | 1,55 |
| Valina Digestible % | 1,0 | 0,83 |
| Histidina Digestible % | 0,6 | 0,5 |
| fenilalanina digestible % | 1,0 | 0,89 |

Tabla 3: Efecto de la inclusión de levaduras sobre el Consumo promedio semanal (CPS) y Consumo acumulado (CA) de pollos de engorde machos.

| Consumo de alimento (g/ave) | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------|-------|----------|------|----------|-------|----------|---------|----------|--------|----------|--------|
| Tratamiento | Semana 1 | | Semana 2 | | Semana 3 | | Semana 4 | | Semana 5 | | Semana 6 | |
| | CPS | CA | CPS | CA | CPS | CA | CPS | CA | CPS | CA | CPS | CA |
| T1 | 123,8 | 123,8 | 370 | 494 | 654 | 1147 | 833 b | 1980 b | 955 | 2935 b | 953 | 3888 b |
| T2 | 118,8 | 118,8 | 365 | 484 | 666 | 1150 | 832 b | 1982 b | 956 | 2937 b | 985 | 3922 b |
| T3 | 117,1 | 117,1 | 369 | 487 | 662 | 1149 | 891 ab | 2040 ab | 990 | 3030 b | 989 | 3952 b |
| T4 | 119,3 | 119,3 | 374 | 494 | 686 | 1180 | 894 a | 2075 a | 1067,4 | 3142 a | 1107 | 4249 a |
| T5 | 119,5 | 119,5 | 371 | 491 | 656 | 1147 | 852 b | 1999 b | 996,8 | 2996 b | 910,9 | 3906 b |
| Significancia | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ** | ** | ns | ** | ns | ** |
| Probabilidad | 0,18 | 0,18 | 0,69 | 0,12 | 0,94 | 0,89 | 0,025 | 0,008 | 0,086 | 0,004 | 0,10 | 0,02 |
| EEM | 4,69 | 4,69 | 11,36 | 9,41 | 24,12 | 20,19 | 37,58 | 37,20 | 87,51 | 105,98 | 94,71 | 213,67 |
| ROSS 308~ | 162 | 162 | 380 | 542 | 661 | 1203 | 967 | 2170 | 1245 | 3415 | 1461 | 4876 |

a, b, c, d Promedios con distinta letra en una misma columna son diferentes estadísticamente.

** = $P < 0,05$; ns = no significativo; EEM = Error estándar de la media

~ Valores reportados para la línea Broiler Ross 308, Aviagen Group (2012).

Tabla 4: Efecto de la inclusión de levaduras sobre el peso corporal de pollos de engorde machos durante seis semanas

| Pesos (g) | | | | | | | |
|----------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Tratamientos | Peso inicial | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 |
| T1 | 45,5 | 165,7 | 420,8 | 773,3 | 1287,4 | 1812,2 | 2314,6 |
| T2 | 46,1 | 166,8 | 417,5 | 765,9 | 1289,7 | 1847,5 | 2355,0 |
| T3 | 45,7 | 166,2 | 419,6 | 749,6 | 1279,9 | 1835,0 | 2374,1 |
| T4 | 45,2 | 161,7 | 414,5 | 776,9 | 1344,1 | 1948,1 | 2509,2 |
| T5 | 45,6 | 165,6 | 427,0 | 790,3 | 1313,1 | 1866,8 | 2317,8 |
| Significancia | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| Probabilidad | 0,658 | 0,638 | 0,517 | 0,113 | 0,252 | 0,053 | 0,155 |
| EEM | 0,97 | 6,17 | 22,44 | 41,81 | 53,59 | 77,72 | 144,32 |
| ROSS 308~ | 42 | 184 | 471 | 920 | 1505 | 2173 | 2867 |

ns = no significativo; EEM = Error estándar de la media.

~ Valores reportados para la línea Broiler Ross 308, Aviagen Group (2012).

Revista FMVZ-UN vol. 61 nro. 3 septiembre – diciembre 2014
MANUSCRITO ACEPTADO

Tabla 5: Efecto de la inclusión de levaduras sobre la ganancia de peso corporal promedio y ganancia de peso corporal acumulada de pollos de engorde machos.

| Tratamientos | Ganancia de peso (g) | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|------------|------------------|-----------|
| | Semana 1 | | Semana 2 | | Semana 3 | | Semana 4 | | Semana 5 | | Semana 6 | |
| | Promedio semanal | Acumulada | Promedio semanal | Acumulada | Promedio semanal | Acumulada | Promedio semanal | Acumulada | Promedio semanal | Acumulada | Promedio semanal | Acumulada |
| 1 | 120,24 | 120,24 | 255,02 | 375,26 | 352,49 | 727,75 | 514,19 | 1241,94 | 524,72 | 1766,67 b | 502,39 | 2269,06 |
| 2 | 120,69 | 120,69 | 250,76 | 371,45 | 348,41 | 719,86 | 523,73 | 1243,60 | 557,81 | 1801,40 b | 507,53 | 2308,93 |
| 3 | 120,55 | 120,55 | 253,40 | 373,95 | 330,01 | 703,97 | 530,28 | 1234,25 | 555,06 | 1789,30 b | 539,11 | 2328,42 |
| 4 | 116,48 | 116,48 | 252,80 | 369,28 | 362,45 | 731,73 | 567,14 | 1298,87 | 604,03 | 1902,89 a | 561,06 | 2463,95 |
| 5 | 120,10 | 120,10 | 261,38 | 381,48 | 363,31 | 744,79 | 522,72 | 1267,51 | 553,75 | 1821,26 ab | 451,03 | 2272,29 |
| Significancia | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ** | ns | ns |
| Probabilidad | 0,46 | 0,46 | 0,49 | 0,31 | 0,18 | 0,12 | 0,14 | 0,21 | 0,27 | 0,04 | 0,28 | 0,16 |
| EEM | 14,61 | 14,61 | 21,90 | 24,08 | 43,01 | 47,80 | 47,96 | 53,76 | 59,54 | 77,18 | 88,17 | 144,06 |
| ROSS 308~ | 142 | 142 | 287 | 429 | 449 | 878 | 585 | 1463 | 668 | 2131 | 694 | 2825 |

a, b, c, d: en una misma columna, promedios con distinta letra son diferentes estadísticamente. ** = $P < 0,05$; ns = no significativo; EEM = Error estándar de la media
 ~ Valores reportados para la línea Broiler Ross 308, Aviagen Group (2012).

Tabla 6: Efecto de la inclusión de levaduras sobre la conversión alimenticia (CA) acumulada de pollos de engorde machos durante seis semanas.

| Conversión Acumulada | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Tratamientos | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 |
| T1 | 0,747 | 1,173 | 1,483 | 1,538 | 1,620 | 1,680 |
| T2 | 0,712 | 1,159 | 1,501 | 1,537 | 1,590 | 1,665 |
| T3 | 0,705 | 1,159 | 1,532 | 1,594 | 1,651 | 1,665 |
| T4 | 0,738 | 1,191 | 1,519 | 1,543 | 1,613 | 1,693 |
| T5 | 0,721 | 1,149 | 1,451 | 1,523 | 1,605 | 1,686 |
| Significancia | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| Probabilidad | 0,59 | 0,13 | 0,13 | 0,91 | 0,85 | 0,75 |
| EEM | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,04 | 0,07 | 0,06 |
| ROSS 308~ | 0,880 | 1,151 | 1,308 | 1,442 | 1,572 | 1,701 |

ns = no significativo; EEM = Error estándar de la media

~ Valores reportados para la línea Broiler Ross 308, Aviagen Group (2012).

Tabla 7. Efecto de la inclusión de levaduras sobre la eficiencia alimenticia e índice de productividad de pollos de engorde machos a la semana seis del experimento.

| Tratamientos | Eficiencia Alimenticia | Índice de productividad |
|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| T1 | 137,88 | 82,20 |
| T2 | 141,46 | 85,00 |
| T3 | 142,80 | 86,01 |
| T4 | 149,03 | 88,98 |
| T5 | 137,53 | 81,62 |
| Significancia | ns | ns |
| Probabilidad | 0,62 | 0,54 |
| EEM | 14,02 | 12,49 |
| ROSS 308~ | 168,55 | 99,00 |

EEM = Error estándar de la media

~ Valores reportados BROILER ROSS 308, Aviagen Group (2012).

Revista FMVZ-UN vol. 61 nro. 3 septiembre – diciembre 2014
MANUSCRITO ACEPTADO

Tabla 8: Evaluación económica del efecto de la inclusión de levaduras sobre el costo por alimento por ave y el costo de kg de carne producido en cada tratamiento.

| Tratamiento | Costo del alimento por ave, \$ | | | Costo de producción de un Kg de peso | Precio de venta* |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------|
| | Dieta iniciación (1-21d) | Dieta de finalización (22-42d) | Total dieta (1-42d) | | |
| T1 | 1089 | 2570 | 3659 | 1581 | 5,832 |
| T2 | 1091 | 2599 | 3690 | 1567 | 5,935 |
| T3 | 1090 | 2628 | 3719 | 1566 | 5,983 |
| T4 | 1120 | 2877 | 3997 | 1593 | 6,323 |
| T5 | 1089 | 2587 | 3676 | 1586 | 5,841 |

*Precio de venta de un kg de pollo entero: \$3600 (Tomado de CCI, 2011)

En prensa