

Adición de un complejo enzimático en mezcla de sorgo con diferentes granulometrías: su efecto en la digestibilidad del nitrógeno y energía metabolizable de aves

E.F. Lira, C.J. Farfán y H.E Araque

Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Producción Animal. Apartado Postal 4579. Maracay 2101, Estado Aragua. Venezuela
Correo electrónico: charly.farfán@gmail.com

Para evaluar el efecto de la adición de un complejo enzimático en una mezcla de sorgo en la digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN) y energía metabolizable (EMV) en gallos, se realizó un experimento con 56 gallos de la línea Bovans Brown. Se establecieron tres niveles de granulometría (G) para la mezcla de sorgo: 1, 3 y 5 mm. Se desarrollaron seis tratamientos: T1) mezcla de sorgo sin complejo enzimático, + G1 mm; T2) mezcla de sorgo con complejo enzimático + G1 mm; T3) mezcla de sorgo sin complejo enzimático + G3 mm; T4) mezcla de sorgo con complejo enzimático + G3 mm; T5) mezcla de sorgo sin complejo enzimático + G5 mm y T6) mezcla de sorgo con complejo enzimático + G5mm. Se aplicó diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial 3 x 2 y ocho gallos (repetición) por tratamiento. No se encontraron diferencias estadísticas para los factores granulometría y presencia o no del complejo enzimático en la EMV (16.04 MJ/kg MS). Para la DVN, hubo interacción en el complejo enzimático y la granulometría ($P < 0.001$). El T4 tuvo la mayor digestibilidad ($95.82 \pm 1.66\%$) y el T2 la menor ($83.43 \pm 2.71\%$). Se concluye que la adición del complejo enzimático no afecta las variables evaluadas. Sin embargo, se recomiendan usar la mezcla de sorgo con granulometría de 3 mm, ya que se mantiene la EMV y aumenta la DVN.

Palabras clave: *enzimas exógenas, dietas, gallos, tamaño de partículas, taninos*

La alimentación de las aves en algunos países de Latinoamérica, como Venezuela, se ha realizado con un patrón de consumo basado en cereales (maíz), con escasa y baja productividad. Esto ha traído como resultado una marcada dependencia externa. Es importante considerar que, en Venezuela, las dietas para la producción avícola se procesan sobre la base de importaciones de sus ingredientes básicos, entre estos, maíz y soya. Los altos precios de estas materias fundamentales para la elaboración de alimentos y las exigencias de la producción avícola actual, conllevan a buscar alternativas nutricionales que permitan aprovechar la producción de otros cereales disponibles. El sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench.) es un cultivo agrícola de amplios usos, perspectivas y alta adaptabilidad a diversas condiciones climáticas (Sandoval y Valencia 2005 y Chuck-Hernandez *et al.* 2011). Sin embargo, presenta entre de sus constituyentes químicos, taninos condensados (TC). A estos se les ha atribuido la responsabilidad de la reducción del valor nutritivo del grano, cuando se emplea en dietas para animales no rumiantes (Jaramillo 2008 y Farfán 2010).

Ante estas condicionantes, se hace necesario el estudio de compuestos que permitan, de alguna manera, contrarrestar o disminuir el efecto de los factores antinutricionales en las materias primas. Este es el caso de las enzimas exógenas, que ayudan a la digestibilidad de alimentos, como es el complejo enzimático, obtenido por medio de la técnica de fermentación en estado sólido (Selle y Ranvindrán 2008, Méndez *et al.* 2009 y Selle *et al.* 2010).

Otra alternativa para que el sorgo se utilice con eficiencia es la variación de la granulometría del

grano. Este procedimiento se basa en estudios que han constatado los beneficios de moler cereales en granos. Según Kilburn y Edwards (2004) y Mateos *et al.* (2005), el efecto beneficioso de la molienda es más importante con ingredientes como el sorgo, debido a que su protección externa fibrosa es difícil de degradar en la molleja, y de ser accionada por las enzimas endógenas del sistema gastrointestinal.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de un complejo enzimático en una mezcla de sorgo a tres niveles de granulometría en la DVN y EMV.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en las instalaciones del Instituto de Producción Animal, en el Laboratorio Sección de Aves, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Esta institución está ubicada en Maracay, estado Aragua, en los $10^{\circ} 17' 5''$ N y $64^{\circ} 13' 28''$ O, a 480 msnm, con temperatura media de 25° C y humedad relativa de 75 % (INIA 2012).

Se utilizaron 56 gallos, de la línea Bovans Brown, de 36 semanas de edad, según metodología descrita por Sibbald (1976). Los gallos se alojaron en jaulas metálicas individuales, con dimensiones de 43 x 47 x 26 cm de alto, profundidad y ancho, respectivamente. Estas jaulas estaban dotadas de un bebedero tipo copita y una bandeja recolectora de heces. Sus dimensiones eran de 35 x 55 cm, para asegurar una recolección efectiva de las heces. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial 3 x 2, correspondiente a los tratamientos aplicados (mezcla de sorgo con tres niveles de granulometría: 1, 3, 5 mm) y presencia o

no del complejo enzimático. Se establecieron siete grupos. Seis grupos correspondieron a los tratamientos aplicados y además, se conformó un grupo de gallos con la finalidad de recolectar las heces generadas, con el propósito de cuantificar la excreción metabólica fecal. Se utilizaron ocho gallos por tratamiento, cada gallo representó la unidad experimental.

Para la preparación de los tratamientos se dispuso de los granos de la mezcla de sorgo de las variedades Criollo I, Chaguarama III, Himeca 101, Himeca 400. Estas se guardan en silos de almacenamiento industrial de materias primas para uso pecuario. Se tomó una muestra de los granos de mezcla de sorgo para determinar su composición química (tabla 1), según AOAC (2000). Los granos se molieron en un molino Nogueira®, modelo DPM 4, con tres niveles de granulometría (1, 3 y 5 mm). El complejo adicionado se produjo mediante fermentación en estado sólido y se dirigió, principalmente, a la ruptura de las cadenas de polisacáridos no amiláceos, con composición informada por el fabricante: 300 unidades de fitasa/g, 100 unidades de xilanasas/g, 700 unidades de proteasa/g, mínimo 40 unidades de celulasa/g, 30 unidades de amilasa/g, 4,000 unidades pectinasa/g y mínimo 200 unidades de β -glucanasa/g. La adición recomendada del CE a las dietas fue de 0.02 % (Allzyme SSF®, Alltech Inc., Kentucky USA).

Tabla 1. Composición química de la mezcla de sorgo utilizada en los tratamientos aplicados a los gallos

Variabes	Mezcla de sorgo
Materia seca (%)	88.41
Proteína bruta (%)	10.96
Energía bruta (MJ/kg)	16.61
Grasa bruta (%)	3.20
Fibra bruta (%)	2.54
Ceniza (%)	1.23
Fósforo (%)	0.23
Taninos condensados (% EC)	0.74

Para el manejo de excretas y determinación de la digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN) y energía metabolizable verdadera (EMV), se consideró una dieta para el grupo de gallos, compuesta por almidón de maíz (48 %), azúcar (48 %) y pre mezcla de vitaminas y minerales (4 %) (Bourdillon *et al.* 1990). La recolección del total de las heces por unidad experimental se realizó en bandejas durante 48 h. Seguidamente se colocaron en bandejas de aluminio, donde se pesaron y se secaron en estufa con circulación de aire a 65 °C durante 48 h (Sibbald 1976). Las excretas se molieron en molino de laboratorio marca Thomas® y criba de 1 mm. Se determinó la energía bruta con una bomba calorimétrica

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 49, Número 1, 2015. adiabática, marca Parr®. El nitrógeno total se determinó según Kjeldahl (AOAC 2000), mientras que el úrico, según el método de espectrofotometría directa descrito por Marquardt (1983). Una vez determinada la EB y el nitrógeno excretado sin nitrógeno úrico (Nitrógeno total – Nitrógeno úrico) de las dietas utilizadas en el experimento, se calculó la DVN y la EMV de cada uno de los tratamientos mediante las siguientes fórmulas:

Determinación de DVN:

$$DVN (\%) = \frac{Nc (g) - [NESU (g) - NMF (g)]}{Nc (g)} \times 100$$

Donde:

Nc: nitrógeno consumido

NESU: nitrógeno excretado sin nitrógeno úrico

NMF: nitrógeno metabólico fecal cuantificado a través de los gallos establecidos para recolectar el endógeno.

Determinación EMV, descrita por Sibbald (1978):

$$EMV = \frac{(MSI \times EBa) - [(MSexc \times EBh) - (MSend \times EBendx)]}{MSI}$$

Donde:

MSI: Materia seca ingerida

MSexc: Materia seca excretada

MSend: Materia seca excretada del endógeno

EBa: Energía bruta de alimento

EBh: Energía bruta de las heces

EBendx: Energía bruta excretada cuantificada a través de los gallos establecidos para recolectar el endógeno.

Los datos de las variables evaluadas (DVN y EMV) se analizaron conforme diseño completamente al azar, con arreglo factorial 3 x 2, con ocho gallos (repeticiones) por tratamiento. Se utilizó el programa Statistic, versión 8.0. Los valores para cada variable se expresaron mediante las medias y sus respectivos errores estándar de la media. Se consideraron las diferencias estadísticas a nivel de probabilidad < 0.05. Se aplicó la prueba respectiva de medias según el procedimiento Tukey (Steel *et al.* 1997).

Resultados y Discusión

Al analizar la EMV de una mezcla de sorgo, con diferentes granulometrías y adición de un complejo enzimático (tabla 2), resultó que no hubo efecto de los factores y la interacción. Se obtuvieron valores máximos y mínimos de 16.07 y 15.51 MJ/kg MS, respectivamente. De acuerdo con estos resultados, no se logró variación alguna de la energía con la adición del CE. Este es un aditivo con capacidad de aumentar el aporte de energía en los cereales y, en especial, en materias primas que poseen metabolitos secundarios (Selle y Ranvindrán 2008 y Méndez *et al.* 2009). Mientras que con las granulometrías utilizadas no varió la EMV en los gallos, al considerar que con una muy fina (1 mm) no se obtiene mejor exposición de la superficie de la mezcla de sorgo para que actúen las enzimas endógenas y exógenas, con

la finalidad de mejorar el metabolismo energético de ave. Según estudios de Kilburn y Edwards (2004) y Mateos *et al.* (2005), en aves de producción una granulometría mayor a 5.61 mm es probablemente más conveniente que tamaños pequeños, ya que las partículas gruesas se pueden retener en la molleja durante más tiempo que las finas. Un tiempo superior de retención en la porción proximal del tracto digestivo favorece la solubilidad de las partículas y el acceso enzimático posterior (Mateos y Grobas 1993). De esta manera, una molienda excesivamente fina puede reducir la motilidad digestiva y el contacto entre nutrientes y enzimas (Mateos *et al.* 2005). Por ello, también pudiera existir reducción en la EMV en las dietas finamente molidas. Así lo demostró Capdevila (1993), quien obtuvo valores de EMV para dietas en harina y gránulo de 13.31 y 13.74 MJ/kg, respectivamente.

En estudios similares a este, Tavernari *et al.* (2008) no encontraron efectos significativos con la adición de complejo enzimático en harina de girasol. Lo mismo informaron Fuente *et al.* (1995), quienes evaluaron un complejo enzimático en dietas basadas en cebada. Estos autores refirieron que no hubo mejora significativa de la EMV. Esta respuesta podría estar regulada por un efecto del tiempo de contacto entre la dieta, la enzima exógena y el sustrato adecuado en la dieta para que actuara correctamente el complejo enzimático. En otros estudios, Wu *et al.* (2004) evaluaron una fitasa de fermentación en estado sólido en dietas para pollos de engorde e informaron que el efecto de la enzima no fue significativo en la energía metabolizable aparente. Adicionalmente, Fuente *et al.* (1995) valoraron un complejo enzimático en dietas basadas en cebada, y no obtuvieron mejora significativa de la energía metabolizable. Olukosi *et al.* (2007), en un estudio similar, al utilizar un complejo enzimático en dietas basadas en maíz y soya, obtuvieron que no hubo efecto en la EMV, por lo que concluyeron que podría existir una deficiencia en la acción del

complejo, ya que no hubo un efecto aditivo de las enzimas que lo formaban.

Los resultados expuestos evidencian que la energía presente en la mezcla de sorgo utilizada en este estudio no es totalmente disponible al adicionar el complejo enzimático, debido probablemente al contenido de taninos que forman complejos que tienen la capacidad de inhibir la actividad de la amilasa y comprometen la digestibilidad de los almidones (Taylor 2005 y Pérez-Maldonado y Rodríguez 2007). El presente estudio coincide con los resultados informados por Selle *et al.* (2010), quienes refirieron que existe correlación negativa entre la energía metabolizable y la concentración de taninos del grano de sorgo, pues las variedades de sorgo con 0.45 %, equivalentes de catequinas (EC), disminuyen en 3 % la EM del grano con respecto a dietas con granos de sorgo con 0.15 % EC. En este estudio se constató un comportamiento similar, al incluir dietas con mezcla de sorgo y contenido de taninos de 0.74 % de EC.

Con respecto a la DVN en los gallos, hubo diferencias estadísticas ($P < 0.01$) para las diferentes granulometrías y la interacción entre la granulometría y el complejo enzimático ($P < 0.001$). El T4 obtuvo la DVN mayor, correspondiente a la granulometría de 3 mm, y la menor DVN se presentó en el T2. Hubo una diferencia de 12.39 % de digestibilidad entre los tratamientos. Esto concuerda con el análisis del factor simple granulometría, donde se obtiene que la mayor DVN es para la MSO en 3 mm, con 93.31 %, siendo estadísticamente diferente a la MSO, con 1 mm (88.31 %). Pudo ocurrir que, a menor granulometría (1 mm) aumentara el tránsito de la dieta en el animal, y hay menos actividad de la molleja y proventrículo para comenzar a degradar los nutrientes de la materia prima, lo que afecta negativamente la digestibilidad. La presencia del complejo enzimático no representó diferencias estadísticas. A partir de estos resultados, se evidencia que la mezcla de sorgo con 3 mm de granulometría favorece la digestibilidad, y

Tabla 2. Energía metabolizable verdadera en los tratamientos suministrados a los gallos

	EMV (MJ/kg MS)
Factor granulometría (G)	
1 mm	15.79
3 mm	16.07
5 mm	15.74
EE±	0.22
Factor presencia del complejo enzimático	
Con complejo enzimático	15.68
Sin complejo enzimático	16.01
EE±	0.18
Probabilidad	
Granulometría	0.6780
Presencia del complejo enzimático	0.2047
Granulometría por presencia del complejo enzimático	0.7454

Tabla 3. Digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN) en los tratamientos suministrados a los gallos

Tratamientos	DVN (%)
T1 = mezcla de sorgo sin complejo enzimático + G 1 mm	93.19 ^a
T2 = mezcla de sorgo con complejo enzimático + G 1 mm	83.43 ^b
T3 = mezcla de sorgo sin complejo enzimático + G 3 mm	90.81 ^{ab}
T4 = mezcla de sorgo con complejo enzimático + G 3 mm	95.82 ^a
T5 = mezcla de sorgo sin complejo enzimático + G 5 mm	91.99 ^{ab}
T6 = mezcla de sorgo con complejo enzimático + G 5 mm	92.31 ^{ab}
EE±	1.66 ^{***}

^{ab}Letras diferentes expresan diferencias estadísticas. *** (P < 0.001)

reafirma lo expresado por Wiseman (1993), quien refiere que al disminuir la granulometría mediante la molienda se obtiene un beneficio nutricional, si se considera la disminución entre los 5 y 3 mm. Mateos y Grobas (1993) expresaron que la reducción del tamaño de partícula alcanzada después de la molienda es de poco valor nutritivo para aves. Este efecto se observa con la granulometría de 1 mm.

Los valores de DVN en gallos obtenidos en este estudio fueron ligeramente superiores a los informados por Farfán (2010). Este autor obtuvo DVN (%) de 78.81 y 81.52 en dietas con 100 % de mezcla de sorgo sin complejo enzimático y 100 % de mezcla de sorgo con complejo enzimático, respectivamente. De igual manera, no encontró variación significativa en la adición del CE. Asimismo, Jaramillo *et al.* (1991) obtuvieron una DVN del sorgo de 55 %. Este valor se afectó por el contenido de taninos presentes en el sorgo, considerado como alto. Al evaluar la DVN es importante considerar los niveles de taninos condensados, ya que según Latorre y Calderón (1998) existe disminución considerable, al comparar un nivel bajo de taninos condensados (0.17 % EC) con un nivel alto (3.24 % EC), se obtiene DVN de 69.54 y 50.85 %, respectivamente. Ravindran *et al.* (1999) evaluaron la adición de fitasa en dietas basadas en sorgo y obtuvieron mejora en la digestibilidad. Algo similar ocurrió en estudios de Jiménez (2000), en los que la suplementación enzimática de dietas basadas en sorgo o maíz aumentó la digestibilidad aparente fecal de la proteína bruta. Wayne y Xiuhua (2010) indicaron que al adicionar las enzimas proteasas y fitasa + proteasa en dietas basadas en sorgo aumenta la DVN en 82 y 83 % respectivamente, y existe un efecto evidente, como era de esperar en este estudio, con respecto a la utilización del complejo enzimático.

En las condiciones de este experimento, las diferentes granulometrías utilizadas y la adición del complejo enzimático no afectaron la energía metabolizable verdadera. Sin embargo, hubo efecto de las granulometrías y su interacción con el complejo enzimático en la digestibilidad verdadera del nitrógeno, por lo que se recomienda usar la mezcla de sorgo con granulometrías de 3 mm, ya que se mantiene la energía

metabolizable verdadera y aumenta la digestibilidad del nitrógeno.

Agradecimientos

Se agradece al Laboratorio Sección de Aves de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Central de Venezuela, por su apoyo logístico y a Alltech de Venezuela S.C.S, por su aporte financiero para desarrollar esta investigación.

Referencias

- AOAC. 2000. Official Methods of the AOAC International. 13th ed. Off. Anal. Chem. Gaithersburg, MD
- Bourdillon, A., Carré, L., Conan, M., Francesch, M., Fuentes, G. & Huyghebaert, W.M.M.A. Janssen, B., Leclercq, M., Lessire, J., McNab, M., Rigoni, J. & Wiseman. 1990. European reference method of *in vivo* determination of metabolizable energy in poultry: reproductibility, effect of age, comparison with predicted values. British Poultry Sci. 31:567
- Capdevila, J. 1993. El proceso de granulación: experiencias prácticas. IX Curso de especialización FEDNA. Barcelona, España
- Chuck-Hernández, C., Pérez-Carrillo, E., Heredia-Olea, E. & Serna-Saldivar, S. 2011. Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: tecnologías, avances y áreas de oportunidad. Revista Mexicana de Ingeniería Química 10:529
- Farfán, C. 2010. Determinación de la digestibilidad de la energía y del nitrógeno de una mezcla de sorgo nacional utilizando un complejo enzimático en gallos adultos y cerdos en crecimiento. Trabajo de Postgrado. Facultad de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. 32 pp.
- Fuente, J., Pérez de Ayala, P. & Villamide, M. 1995. Effect of dietary enzyme on the metabolizable energy of diets with increasing levels of barley fed to broilers at different ages. Anim. Feed Sci. Technol. 56:45
- INIA. 2012. Unidad Agroclimatológica. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Reporte de estación climatológica. Maracay-Venezuela
- Jaramillo, M. 2008. Sorgos granífero genotípicamente pardos: nuevos conceptos en toxicología y respuesta de las aves. X Congreso Nacional de Avicultura. Venezuela. P 14.
- Jaramillo, M., León, A., Angulo, I. & Peña, M. 1991. Valor Nutricional de cultivares de sorgo granífero (*Sorghum*

- bicolor* (L) Moench) altos en taninos producidos en Venezuela. II. Energía Metabolizable. *Zootecnia Trop.* 12:23
- Jiménez, M. 2000. Evaluación de complejos enzimáticos en alimentación de pollos de engorde. Tesis Dr. C. Universidad Politécnica de Madrid, España. p. 164
- Kilburn, J. & Edwards H. 2004. The Effect of Particle Size of Commercial Soybean Meal on Performance and Nutrient Utilization of Broiler Chicks. *Poultry Sci.* 83:428
- Latorre, S. & Calderón, C. 1998. Evaluación fisiológica y nutricional del efecto de los taninos en los principales sorgos granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench) cultivados en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Bucaramanga. Colombia. p. 163
- Marquardt, R. 1983. A simple spectrophotometric method for the direct determination of uric in avian excreta. *Poult. Sci.* 62: 2106
- Mateos, G. & Grobas, S. 1993. El proceso de granulación: bases científicas y efectos nutricionales. IX Curso de especialización FEDNA. Barcelona, España
- Mateos, G., García, D. & Vicente, B. 2005. Influencia del procesado de ingredientes y piensos terminados sobre la productividad en monogástricos. XXI Curso de especialización FEDNA. Madrid, España
- Méndez, A., Cortes, A., Fuentes, B., López, C. & González, E. 2009. Efecto de un complejo enzimático en dietas sorgo+soya sobre la digestibilidad ileal de aminoácidos, energía metabolizable y productividad en pollos. *Tec. Pec. Méx.* 47:15
- Olukosi, O., Cowieson, A. & Adeola, O. 2007. Age-Related Influence of a Cocktail of Xylanase, Amylase, and Protease or Phytase Individually or in Combination in Broilers. *Poult. Sci.* 86:77
- Pérez-Maldonado, R. & Rodríguez, H. 2007. Nutritional characteristics of sorghum from Queensland and New South Wales for chicken meat production. RIRDC Publication N° 7. Rural Industries Research and Development Corporation.
- Ravindran, V., Cabahug S., Ravindran G. & Bryden, W. 1999. Influence of microbial phytase on apparent ileal acid digestibility of feedstuffs for broilers. *Poult. Sci.* 78:699
- Sandoval, M. & Valencia, A. 2005. Granulometría en harinas y contenido de taninos en el grano de sorgos criollos cultivados en seis departamentos de el salvador. Trabajo de Grado. Universidad de El Salvador. Facultad de Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. p. 134
- Selle, P. & Ravindran, V. 2008. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. *Livest. Prod. Sci.* 113:99
- Sibbald, I. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Sci.* 55: 303
- Sibbald, I. 1978. The Effect of the Age of the Assay Bird on the True Metabolizable Energy Values of Feedingstuffs. *Poult. Sci.* 57:1008
- Steel, G., Torrie H., & Dickey, D. 1997. Principles and procedures of statistics. A Biometrical Approach. Third Edition. McGraw-Hill Series. p. 141-155
- Tavernari, F., Albino, L., Morata, R., Dutra, W., Rostagno, H. & Viana, M. 2008. Inclusion of sunflower meal, with or without enzyme supplementation, in broiler diets. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 10: 233
- Taylor, J. 2005. Non-starch polysaccharides, protein and starch: form function and feed—highlights on sorghum. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 17:16
- Wayne, B. & Xiuhua, L. 2010. Amino acid digestibility and poultry feed formulation: expression, limitations and application. *R. Bras. Zootec.* 39:279-287. (Supl. Especial).
- Wiseman, J. 1993. El procesado de cereales en dietas de monogástricos. IX Curso de especialización FEDNA. Barcelona, España
- Wu, Y., Ravindran, V. & Hendriks, W. 2004. Influence of exogenous enzyme supplementation on energy utilisation and nutrient digestibility of cereals for broilers. *J. Sci. Food. Agric.* 84:1817

Received: 4 de diciembre de 2013