

# VALOR NUTRICIONAL DE UNA MEZCLA DE SORGO CON MAÍZ Y ADICIÓN DE UN COMPLEJO ENZIMÁTICO EN GALLOS

## Nutritional Value of a Blend of Corn and Sorghum With Addition of an Enzyme Complex in Roosters

Charly Farfán-López<sup>1\*</sup>, Janeth Colina<sup>2</sup>, Humberto Araque<sup>1</sup>, Paulo Aponte<sup>1</sup> y Vasco De Basilio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto y Departamento de Producción Animal. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua. Venezuela. <sup>2</sup>Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Departamento de Producción Animal. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua. Venezuela. \* charly.farfan@gmail.com

### RESUMEN

Para evaluar la digestibilidad de una mezcla de sorgo (MSO) con maíz y la adición de un complejo enzimático (CE) en gallos, se realizó un experimento utilizando 72 gallos distribuidos completamente al azar, en un arreglo factorial de tratamientos 4x2 con ocho gallos/tratamiento. Los tratamientos fueron: 100% maíz sin CE, 100% maíz con CE, 100% MSO sin CE, 100% MSO con CE, 20% MSO + 80% maíz sin CE, 20% MSO + 80% maíz con CE, 40% MSO + 60% maíz sin CE y 40% MSO + 60% maíz con CE. Se determinó la digestibilidad de la materia seca (DMS), energía metabolizable verdadera (EMV), la digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN), la digestibilidad de la grasa cruda (DVG) y la digestibilidad del fósforo (DVF), obteniéndose que el factor tipo de dieta afectó ( $P < 0,0001$ ) en las respuestas de las variables evaluadas, sin existir efecto del factor presencia del CE. La mayor DMS ( $P < 0,0001$ ) fue en las dietas 100% maíz sin CE ( $78,62 \pm 1,50$ ) y 20% MSO+80% maíz sin CE ( $76,68 \pm 0,89$ ). La dieta con 100% maíz ( $3608,82 \pm 29,43$  kcal/kg/MS) y 100% MSO ( $3420,18 \pm 45,41$  kcal/kg/MS) fueron la de mayor EMV ( $P < 0,0001$ ) con la adición del CE. La EMV de la dieta 20% MSO + 80% maíz disminuyó 15,69% respecto a la dieta 100% maíz, la cual obtuvo mayor DVN ( $P = 0,001$ ) con  $87,25 \pm 2,90\%$ . La mejor DG ( $P < 0,0001$ ) fue para la dieta 20% sorgo + 80% maíz ( $82,28 \pm 5,17\%$ ). Se concluye que el CE no afecta la digestibilidad y se considera promisorio la inclusión de la MSO hasta un 20% en dietas para aves.

**Palabras clave:** Aves, enzimas, grasas cruda, nitrógeno, maíz, sorgo, taninos.

### ABSTRACT

In order to evaluate the digestibility of a blend of sorghum (NSB) with corn and the addition of an enzyme complex (EC) in roosters. An experiment with a total of 72 rooster distributed in a completely randomized 4 x 2 factorial design with eight roosters y treatment, was conducted. The experimental diets were: 100% corn with EC, 100% NSB without EC, 100% NSB with EC, 20% NSB + 80% corn without EC, 20% NSB + 80% corn with EC, 40% NSB + 60% corn without EC and 40% NSB + 60% corn with EC. The digestibility of dry matter (DDM), true metabolizable energy (TME), true digestibility of nitrogen (TDN), true digestibility of crude fat (TDF) and true digestibility of phosphorus (TDP) were determined. It was observed that the factor "type of diet" affected ( $P < 0.0001$ ) the evaluated response variables, with no effect of the presence of the EC factor. The highest DDM ( $P < 0.0001$ ) was in 100% corn diets without EC ( $78.62 \pm 1.50$ ) and 20% NSB + 80% corn without EC ( $76.68 \pm 0.89$ ). The diet with 100% corn ( $3608.82 \pm 29.43$  kcal/kg/DM) and 100% NSB ( $3420.18 \pm 45.41$  kcal/kg/MS) showed the highest TME ( $P < 0.0001$ ) with the addition of EC. TME of Diet 20% NSB + 80% corn decreased 15.69% compared to 100% corn diet, which showed a higher TDN ( $P = 0.001$ ) with  $87.25 \pm 2.90\%$ . The highest TDF ( $P < 0.0001$ ) was observed in 20% NSB + 80% Corn diet ( $82.28 \pm 5.17\%$ ). It is concluded that EC does not affect the digestibility and inclusion of up to 20% NSB in poultry diets is promising.

**Key words:** Poultry, enzymes, crude fat, nitrogen, corn, sorghum, tannins.

### INTRODUCCIÓN

El sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench) constituye uno de los cereales de mayor relevancia agronómica, dadas

sus características genotípicas que le permiten ser cultivado incluso bajo condiciones edafo-climáticas adversas, en las cuales difícilmente podrían desarrollarse otros cultivos de cereales [2, 8, 19]. Sin embargo, la presencia de compuestos fenólicos como los taninos y otros factores antinutricionales son una limitante para el uso del grano de sorgo [8]. Los taninos generan pérdidas al afectar la digestibilidad del grano de sorgo, reduciendo en principio, la digestibilidad ileal de la proteína [10], e interfiriendo con la actividad de las enzimas digestivas en los animales monogástricos [30]. La presencia de factores antinutricionales que afectan la digestibilidad de los nutrientes, orienta hacia la aplicación de alternativas que permitan utilizar este ingrediente energético en las dietas para animales no rumiantes sin detrimento de la productividad. Entre las alternativas disponibles se destaca, la adición de complejos enzimáticos, que en base a la literatura existente, se plantea como un recurso factible para mejorar el aporte de nutrientes del sorgo en las dietas para aves, ya que se incrementa la utilización del fósforo, la proteína y la energía, permitiendo reducir la contaminación por excreción de fósforo y nitrógeno [12, 20, 25, 29]. En tal sentido, con la finalidad de aplicar una estrategia nutricional para aprovechar las bondades del sorgo granífero mediante la utilización de un complejo enzimático específico para materias primas energéticas, se planteó como objetivo de la investigación el evaluar la digestibilidad de la materia seca, energía y del nitrógeno de una mezcla de sorgo con maíz (*Zea mays*) utilizando un complejo enzimático en gallos (*Gallus gallus domesticus*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto de Producción Animal, laboratorio-Sección de Aves, de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, ubicada en Maracay, estado Aragua, Venezuela, a 10° 17' 5" N, 64° 13' 28" O, a 480 m.s.n.m, con una temperatura media de 25°C y una humedad relativa de 75% [7].

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial 4x2, correspondiente a la muestra experimental de mezcla de sorgo [MSO] (100% maíz, 100% MSO, 20% MSO+ 80% maíz y 40% MSO + 60% maíz) y la presencia del CE (con o sin CE). Se establecieron nueve grupos (ocho dietas experimentales más el utilizado para las mediciones del endógeno), con ocho gallos por tratamiento representando cada gallo la unidad experimento. Se utilizaron 72 gallos de la línea Bovans Brown de 36 semanas de edad.

Para la preparación de las dietas experimentales se dispuso de los granos de la MSO (variedades: Criollo I, Chaguarama III, Himeca 101, Himeca 400) y del maíz amarillo nacional (TABLA I), los cuales fueron molidos (molino Nogueira® modelo DPM 4, Brasil) con una criba de 3 mm. Dos días antes del inicio de la prueba de digestibilidad, se prepararon 5 kg de cada una de las dietas, colocadas en bolsas plásticas, luego se colocó

**TABLA I**  
**COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MEZCLA DE SORGO Y MAÍZ UTILIZADO EN LA ALIMENTACIÓN DE LOS GALLOS ADULTOS.**

Variables	MSO	Maíz
Materia Seca (%) <sup>1</sup>	87,84	88,67
Proteína cruda (%) <sup>1</sup>	10,08	9,06
Energía Bruta (kcal/kg) <sup>1</sup>	3443,11	3659,11
Grasa Cruda (%) <sup>1</sup>	2,62	3,55
Fibra Cruda (%) <sup>1</sup>	3,91	1,94
Ceniza (%) <sup>1</sup>	1,41	1,16
Calcio (%) <sup>1</sup>	0,13	0,13
Fósforo (%) <sup>1</sup>	0,21	0,21
Taninos condensados (% EC) <sup>2</sup>	0,60	—

MSO: mezcla de sorgo. Metodología utilizada; <sup>1</sup>AOAC, 2000. <sup>2</sup>Vanilina-metanol (Price y col., 1978).

una cantidad de 40 g en envases plásticos (cantidad pesada con una balanza electrónica Ohaus®, con rango de 0 a 5000 g con precisión de 0,1 g, EUA) e identificados según los tratamientos establecidos. El CE adicionado está compuesto de las enzimas: Fitasa: 300 SPU/g, Xilanasas: 100 XU/g, Proteasa: 700 HUT/g, Celulasa: Min 40 CMC/g, Amilasa: 30 FAU/g, Pectinasa: 4,000 AJDU/g, B-Glucanasa: Min 200 BGU/g. El CE se adicionó a las dietas en una proporción de 0,02%.

El experimento se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en la metodología descrita por Sibbald [23], donde los animales anteriormente mencionados fueron previamente adaptados a los eventos de manejo que implica la prueba. Cada gallo recibió 40 g de la ración correspondiente a su tratamiento. La recolección de las heces se realizó en un periodo de 48 horas (h), seguidamente fueron pesadas mediante el uso de una balanza electrónica Ohaus® (EUA, con rango de 0 a 5000 g con precisión de 0,1 g) y secadas en estufa (Kalstein, modelo XU112, Venezuela) con circulación de aire a 65°C durante 48 h. Asimismo, las excretas fueron molidas utilizando para ello un molino marca Cyclotec 1093 Sample Mill® (EUA) con una criba de 1 mm. Se determinó la energía bruta (EB) con una bomba calorimétrica adiabática marca Parr® (EUA), nitrógeno total (N) por el método Kjeldahl, descrito por la American Association of Official Analytical [1] y nitrógeno úrico, aplicando el método de espectrofotometría directa [11]. En este sentido, una vez que se determinó la EB y el N de los tratamientos se procedió a calcular la digestibilidad de la materia seca (DMS), digestibilidad verdadera del nitrógeno (DVN), la energía metabolizable verdadera (EMV), digestibilidad del fósforo (DVF) y la digestibilidad de la grasa cruda (DVG) de las mezclas, basado en las siguientes fórmulas;

Para la obtención de los valores de EMV [24]:

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

donde; MSI: Materia seca ingerida, MSexc: Materia seca excretada, MSend: MS excretada del endógeno, EBa: Energía bruta del alimento, EBh: Energía bruta de las heces, Eendx: Energía endógena excretada.

Para la obtención de los valores de DVN:

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

donde; Nc: Nitrógeno consumido, NEFU: Nitrógeno excretado sin nitrógeno úrico y NMF: Nitrógeno metabólico fecal cuantificado en el grupo de gallos en ayuno permanente.

Las variables medidas se analizaron con el procedimiento MIXED del SAS [26], comparando los promedios de los tratamientos mediante procedimiento GLM- Tukey [27].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Digestibilidad de la materia seca

Al evaluar la adición del CE sobre la DMS (TABLA II) se observa que no existen efectos significativos del CE ni de la interacción entre el tipo de dieta y la presencia del CE. Únicamen-

te se observaron diferencias ( $P < 0,0001$ ) atribuibles al tipo de dieta, resultando mayor la DMS en la dieta contentiva de 100% maíz, la cual superó ( $P < 0,0001$ ) a la dieta con 100% MSO. De manera similar, al evaluar la digestibilidad de la dieta con 20% MSO + 80% maíz y 40% MSO + 60% maíz, se observó un incremento de 6,25 y 5,21%, respectivamente, al compararse con la digestibilidad de la dieta con 100% MSO, logrando de tal manera obtener una DMS similar a la dieta 100% maíz.

Resultados similares a los obtenidos en el presente estudio fueron reportados por Kumar y col. [9], al evaluar dietas para pollos de engorde, con 25 y 100% de sorgo como aporte energético. Por otra parte, Nyannor y col. [14] obtuvieron que la DMS del maíz (78,68%) fue similar a la del sorgo (79,94%). Mientras que Ravindran y col. [18] obtuvieron respuestas significativas al evaluar dietas con inclusión de sorgo más la adición de fitasas, mejorando la DMS en un 4,78% en relación a la dieta control, lo cual no fue observado en el presente estudio para las dietas con MSO con CE.

### Energía metabolizable verdadera

Respecto a la determinación de la EMV (TABLA II) no se evidenció efecto de la presencia del CE, no obstante hubo efecto significativo ( $P < 0,0001$ ) del tipo de dieta y la interac-

**TABLA II**  
**DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA, ENERGÍA METABOLIZABLE VERDADERA Y DIGESTIBILIDAD VERDADERA DEL NITRÓGENO DE LAS DIETAS SUMINISTRADAS A LOS GALLOS.**

Factor Dieta	DMS (%)*	EMV (kcal/kg/MS)*	DVN (%)*
100% maíz	77,71 ± 0,94 <sup>a</sup>	3569,12 ± 23,99 <sup>a</sup>	84,07 ± 3,23 <sup>a</sup>
100% MSO	70,24 ± 0,99 <sup>b</sup>	3240,21 ± 64,28 <sup>b</sup>	80,27 ± 3,10 <sup>a</sup>
20% MSO + 80% maíz	76,49 ± 0,70 <sup>a</sup>	3240,39 ± 56,21 <sup>b</sup>	87,25 ± 2,90 <sup>a</sup>
40% MSO + 60% maíz	75,45 ± 0,83 <sup>a</sup>	3181,73 ± 24,61 <sup>b</sup>	63,55 ± 6,41 <sup>b</sup>
<i>Probabilidad</i>	<0,0001	0,0001	0,0001
<b>Factor Presencia del CE</b>			
Sin complejo enzimático	75,01 ± 0,88	3317,94 ± 39,67	79,24 ± 3,27
Con complejo enzimático	74,99 ± 0,68	3300,22 ± 44,10	78,34 ± 3,52
<i>Probabilidad</i>	0,8727	0,749	0,975
<b>Dieta x Presencia del CE</b>			
1-100% maíz sin CE	78,63 ± 1,50	3529,43 ± 33,49 <sup>ac</sup>	74,10 ± 2,45
2-100% maíz con CE	76,79 ± 1,12	3608,82 ± 29,43 <sup>a</sup>	90,72 ± 2,63
3-100% MSO sin CE	69,96 ± 1,67	3034,53 ± 68,48 <sup>b</sup>	78,81 ± 5,62
4-100% MSO con CE	70,49 ± 1,23	3420,18 ± 45,41 <sup>ac</sup>	81,52 ± 3,55
5-20% MSO + 80% maíz sin CE	76,69 ± 0,89	3438,35 ± 27,96 <sup>a</sup>	90,85 ± 2,51
6-20% MSO + 80% maíz con CE	75,89 ± 1,12	3042,44 ± 39,54 <sup>b</sup>	83,04 ± 5,33
7-40% MSO + 60% maíz sin CE	74,12 ± 1,46	3234,03 ± 34,74 <sup>d</sup>	69,56 ± 9,76
8-40% MSO + 60% maíz con CE	76,78 ± 0,58	3129,43 ± 24,65 <sup>bd</sup>	57,53 ± 8,44
<i>Probabilidad</i>	0,2932	0,0001	0,101

\*Valores expresados como la media ± error estándar de la media. <sup>abcd</sup> Letras diferentes expresan diferencia significativa. NS: no significativo. DMS: Digestibilidad de materia seca. EMV: Energía metabolizable verdadera. DVN: Digestibilidad verdadera del nitrógeno. CE: Complejo enzimático. MSO: mezcla de sorgo. Letras diferentes expresan diferencia significativa.

ción entre el tipo de dieta por CE, obteniendo que al evaluar el factor dieta, la dieta de 100% maíz fue la que obtuvo mayor EMV, respecto a las dietas con 100% MSO, 20% MSO + 80% maíz y 40% MSO + 60% maíz, alcanzando proporciones de 9,22; 9,21 y 10,85%, respectivamente. Mientras que en la interacción Dieta x Presencia del CE, la mejor EMV fue para la dieta 100% Maíz con CE, la cual fue similar a las dietas 100% MSO con CE y 20% MSO + 80% Maíz sin CE, en estos valores es importante destacar el efecto de la presencia del CE, que mejora la EMV. Sobre la base de estos resultados es posible inferir que, al requerir incluir una MSO en las dietas para aves, la proporción de 20% MSO + 80% maíz sería la más recomendable a utilizar, debido a que presenta la mayor EMV ( $P < 0,0001$ ) entre las dietas que contenían la MSO.

Cabe destacar que al evaluar la EMV (TABLA II) en las dietas de 100% maíz con CE y de 100% MSO con CE se obtuvieron valores superiores en comparación con las dietas sin CE sin diferir significativamente, por lo que podría existir un efecto del CE, evidenciándose al existir efecto ( $P < 0,0001$ ) en la interacción dieta x presencia del CE. Coincidiendo con los de Jaramillo y col. [8], quienes obtuvieron una EMV del maíz mayor a la del sorgo, lo cual podría estar relacionado al efecto negativo que ejercen los taninos sobre la energía metabolizable (EM).

Los resultados expuestos evidencian que la energía presente en la MSO empleada en el presente estudio no es totalmente disponible, probablemente debido al contenido de taninos que forman complejos con la capacidad de inhibir la actividad de la amilasa, comprometiendo la digestibilidad de los almidones [16, 28]. Por lo tanto, al comparar la dieta 100% maíz respecto a las dietas 100% MSO y 20% MSO + 80% maíz, se observa que la EMV disminuye en 2,58 y 14,02%, respectivamente. Esta respuesta coincide con la observada por Gualtieri y Rapaccini [5] y Selle y col. [22], quienes han indicado que existe una correlación negativa entre la EM y la concentración de taninos del grano de sorgo, ya que las variedades de sorgo con 0,45% equivalentes de catequinas (EC), disminuyen en un 3% la EM del grano, en relación a dietas con granos de sorgo con 0,15 EC. En el presente estudio se observó un comportamiento similar al incluir dietas con la MSO con contenido de taninos de 0,60% EC. Sobre la base de los resultados obtenidos, también se puede inferir que la EM de la MSO está afectada por el nivel de fibra cruda presente, la cual es mayor a la del maíz (3,9 vs 1,94).

No obstante, la respuesta positiva esperada con la aplicación de los complejos de enzimas exógenas, y que es atribuible a una mejora en la digestibilidad de los nutrientes y a una disminución del efecto provocado por los complejos taninos-enzimas [6, 22], no se evidenció en todas las dietas, por lo que es probable que exista un efecto debido al tiempo en contacto entre la dieta y el CE. En tal sentido, Wu y col. [31], quienes evaluaron una fitasa SSF en estado sólido en dietas para pollos de engorde reportaron que el efecto de la enzima no fue significativo sobre la EMA. Adicionalmente, Fuente y col. [4] evaluaron un CE en dietas a base de cebada (*Hordeum vulga-*

*re*), reportando que no hubo mejora significativa de la EM. En otro estudio similar, Olukosi y col. [15] utilizaron un CE (xilanasas, amilasa y proteasa) en dietas a base de maíz y soya (*Glycine max* L), y no hubo efecto sobre la EMV, indicando que podría existir una deficiencia en la acción del CE, ya que no existió un efecto aditivo de cada una de las enzimas que formaban el CE.

#### *Digestibilidad verdadera del nitrógeno*

En relación a la DVN, se puede observar (TABLA II) que hubo únicamente efecto significativo ( $P = 0,001$ ) por el tipo de dieta evaluada, obteniéndose que la dieta 20% MSO + 80% maíz fue la de mayor DVN, siendo similar a la dieta 100% maíz y 100% MSO, mientras que al aumentar el nivel de la MSO, la dieta 40% MSO + 60% maíz, expresó una reducción significativa de un 24,70% en comparación con el mejor resultado obtenido.

Hay que destacar que los resultados obtenidos difieren con los reportados por Jaramillo y col. [8], quienes obtuvieron una DVN del maíz y sorgo de 93 y 55%, respectivamente, siendo menor la del sorgo debido al alto contenido de taninos condensados (2,2% de EC) presente en el grano. Los niveles de taninos presentes en el sorgo podrían afectar el funcionamiento de las enzimas endógenas, como la tripsina, de tal manera estarían disminuyendo la DVN [3, 22].

En relación al efecto de la adición de CE, al igual que para la EMV, no hubo variación significativa sobre la DVN. Este resultado difiere con los reportados por Ravindran y col. [17], quienes evaluaron la adición de fitasa en dietas a base de sorgo, obteniendo una mejora en la DVN. Por otra parte, Namkung y Leeson [13] evaluaron el efecto de una fitasa en dietas basada en maíz para pollos de engorde, obteniendo una mejora de la digestibilidad del nitrógeno (DN) de 2,5% en comparación con la dieta basal. En un estudio similar Selle y col. [21] estudiaron la DN en pollos de engorde adicionando un CE (xilanasas y fitasa) en la dieta a base de trigo (*Triticum aestivum*), obteniendo una mejora significativa de 7%.

#### *Digestibilidad verdadera de la grasa y del fósforo*

En relación a la DVG (TABLA III) con la adición del complejo enzimático, se observó que existen efectos estadísticos sobre el factor dieta ( $P = 0,01$ ) y la interacción entre el tipo de dieta y la presencia del CE ( $P < 0,0001$ ), resultando que, al evaluar el factor dieta, se obtiene que la mayor DVG es la dieta que contenía 100% MSO, la cual superó a la de la dieta con 100% maíz. Mientras que en relación a las interacciones, las dietas con 20% MSO + 80% maíz ( $82,28 \pm 5,17$  %) y 100% MSO ( $86,79 \pm 2,25$ ) presentan mejor DVG, las cuales superan en un 16 y 20% la digestibilidad de la dieta con 100% maíz, respectivamente. Es importante destacar que el efecto del CE en la dieta 100% MSO genera una mejora por la acción de las enzimas que conforman el complejo, sobre la fibra de la harina de sorgo, la cual es mayor a la del maíz.

**TABLA III**  
**DIGESTIBILIDAD VERDADERA DE LA GRASA Y DEL FÓSFORO DE LAS DIETAS SUMINISTRADAS A LOS GALLOS.**

Factor Dieta	DVG (%)*	DVF (%)*
100% maíz	66,27 ± 2,38 <sup>b</sup>	82,82 ± 1,03 <sup>b</sup>
100% MSO	76,61 ± 3,76 <sup>a</sup>	81,73 ± 0,31 <sup>b</sup>
20% MSO + 80% maíz	76,05 ± 3,54 <sup>ac</sup>	91,38 ± 1,19 <sup>a</sup>
40% MSO + 60% maíz	74,46 ± 2,24 <sup>abc</sup>	83,62 ± 1,51 <sup>b</sup>
<i>Probabilidad</i>	0,01	<0,0001
<b>Factor Presencia del CE</b>		
Sin complejo enzimático	72,99 ± 2,24	85,86 ± 0,69 <sup>a</sup>
Con complejo enzimático	73,89 ± 2,33	84,26 ± 1,31 <sup>b</sup>
<i>Probabilidad</i>	0,635	0,03
<b>Dieta x Presencia del CE</b>		
100% maíz sin CE	69,48 ± 2,7 <sup>ab</sup>	84,35 ± 1,67 <sup>cd</sup>
100% maíz con CE	62,00 ± 3,75 <sup>b</sup>	81,30 ± 1,06 <sup>de</sup>
100% MSO sin CE	63,04 ± 3,46 <sup>b</sup>	81,99 ± 0,51 <sup>de</sup>
100% MSO con CE	86,79 ± 2,25 <sup>a</sup>	81,50 ± 0,39 <sup>de</sup>
20% MSO + 80% maíz sin CE	82,28 ± 5,17 <sup>a</sup>	87,03 ± 0,83 <sup>bc</sup>
20% MSO + 80% maíz con CE	69,82 ± 4,03 <sup>ab</sup>	95,73 ± 0,17 <sup>a</sup>
40% MSO + 60% maíz sin CE	71,89 ± 4,10 <sup>ab</sup>	89,10 ± 0,47 <sup>b</sup>
40% MSO + 60% maíz con CE	73,99 ± 3,39 <sup>ab</sup>	78,15 ± 0,99 <sup>e</sup>
<i>Probabilidad</i>	<0,0001	0,0001

\*Valores expresados como la media ± error estándar de la media. <sup>abcde</sup> Letras diferentes expresan diferencia significativa. NS: no significativo. DVG: Digestibilidad verdadera de la grasa. DVF: Digestibilidad verdadera del fósforo. CE: Complejo enzimático. MSO: mezcla de sorgo.

Por otra parte, al evaluar la adición del complejo enzimático sobre la DVF (TABLA III), existe un efecto significativo sobre los factores dieta, presencia del CE y la interacción dieta por presencia del CE, resultando que la dieta con mejor DVF ( $P < 0,0001$ ) es la de 20% MSO + 80% maíz, seguida de la dieta 100% maíz, la cual disminuye en un 9% la digestibilidad. Respecto a la presencia del complejo enzimático, no hubo mejora con la adición del mismo, sin efecto alguno. Sin embargo al evaluar la interacción de los factores, se observa que en la dieta 20% MSO + 80% maíz ( $95,73 \pm 0,17\%$ ) hubo una mejora ( $P < 0,0001$ ) de la DVF con la adición del CE en relación al resto de las dietas evaluadas, por tanto se puede inferir que existió un efecto de la fitasa existente en el complejo enzimático, la cual mejora la digestibilidad del fósforo en las dietas y aunado a este efecto se atribuye la respuesta a la dilución existente en la dieta entre el contenido de sorgo y maíz.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son contrarios a los reportados por Nyannor y col. [14], quienes llevaron a cabo una evaluación de la digestibilidad ileal y retención total aparente de nutrientes con dietas con distintas variedades de sorgo comparadas con dietas a base de maíz en pollos de engorde, reportando que no se obtuvieron diferencias significativas en la digestibilidad aparente del fósforo ( $36,89$  vs  $47,85\%$ ). Mientras que Tejedor y col. [28], al estudiar la adición dos enzimas fitasa sobre la digestibilidad ileal de nutrientes en pollos de engorde, al igual que el presente estudio, obtuvieron

que la enzima 1 (500 FTU/kg) mejoró la digestibilidad del fósforo en 3,5% y la enzima 2 (750 FTU/kg) mejoró un 4% la digestibilidad del fósforo, con respecto a la dieta control, evidenciándose de esta manera que los CE con presencia de fitasa son efectivos en mejorar la disponibilidad del fósforo en las dietas a base o con proporciones de sorgo.

De manera general, la respuesta opuesta a los diferentes estudios podría estar asociada a que éstos han sido realizados utilizando una variedad específica de sorgo, a diferencia del presente estudio donde se utilizó una mezcla de variedades de sorgo, manera común de utilización del sorgo como materia prima destinada a la alimentación de aves, observándose que el complejo enzimático genera una mejor respuesta en la MSO, con mayor efectividad que en el maíz. Por otra parte, se logra definir que la inclusión del MSO hasta un 20%, con 0,60% EC sería la más recomendable a utilizar en las dietas para aves de acuerdo a los coeficientes de digestibilidad obtenidos.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del experimento realizado, la adición del CE no generó efectos significativos sobre la digestibilidad de la MS y digestibilidad verdadera del N de la mezcla de granos de sorgo nacional en los gallos. Sin embargo, se ob-

servó un aumento de la EMV y la DVG en las dietas de 100% maíz y 100% mezcla de sorgo con la adición del CE. Respecto a la digestibilidad del fósforo hubo mejor resultado al adicionar el CE a la dieta que contenía 20% de la mezcla de sorgo. Por otra parte, la mezcla de sorgo evaluada podría estar orientada a ser utilizada en la formulación de dietas para aves en una proporción de 20% del total de la misma.

### AGRADECIMIENTO

Al laboratorio-Sección de Aves de la Facultad de Agronomía y al Centro de Bioquímica Nutricional de la Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Central de Venezuela por su apoyo logístico y a Alltech de Venezuela S.C.S, por su aporte financiero para llevar a cabo la presente investigación.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMERICAN ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL (A.O.A.C). Animal feed. Official Methods of the AOAC International. 15<sup>th</sup> Ed. Wasihington, D.C. 1018 pp. 1997.
- [2] CHUCK-HERNÁNDEZ, C.; PÉREZ-CARRILLO, E.; HEREDIA-OLEA, E; SERNA-SALDÍVAR, S. Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: tecnologías, avances y áreas de oportunidad. **Rev. Mex. Ing. Quím.** 10: 529-549. 2011.
- [3] DUODU, K.; TAYLOR, J.; BELTON, P.; HAMAKER, B. Factors affecting sorghum protein digestibility. **J. Cereal Sci.** 38: 117 – 131. 2003.
- [4] FUENTE, J.; PÉREZ DE A., P.; VILLAMIDE, M. 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: 45-53. 1995.
- [5] GUALTIERI, M.; RAPACCINI, S. Sorghum grain in poultry feeding. **Word's Poultry Sci.** 46: 246 – 253. 1990.
- [6] HUGHES, R.; CHOCT, M.; KOCHER, A.; VAN BARNEVELD, R. Effect of food enzymes on AME and composition of digest from broiler chickens fed on diets containing non-starch polysaccharides isolated from lupin Kernel. **Br. Poultry Sci.** 41: 318–323. 2000.
- [7] INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). Unidad Agroclimatológica. Reporte de estación climatológica. Maracay, Venezuela. 2 pp. 2012.
- [8] JARAMILLO, M.; PEÑA, M.; ANGULO, I.; LEÓN, A.; OBISPO, N. Valor nutricional de cultivares de sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L) Moench] altos en taninos producidos en Venezuela. I. Composición química. **Zoot. Trop.** 11: 129-150. 1993.
- [9] KUMAR, V.; ELANGOVA, A.; MANDAL, A.; TYAGI, P.; BHAJA, S.; DASH, B. Effects of feeding raw or reconstituted high tannin red sorghum on nutrient utilization and certain parameters of broiler chickens. **Br. Poultry Sci.** 48: 198–204. 2007.
- [10] MARISCAL-LANDÍN, G.; AVELLANEDA, J.; REIS DE S., T.; AGUILERA, A.; BORBOLLA, B.; MAR, B. Effect of tannins in sorghum on amino acid ileal digestibility and trypsin (E.C.2.4.21.4) and chymotrypsin (E.C.2.4.21.1) activity of growing pigs. **Anim. Feed Sci. Technol.** 117: 245–264. 2004.
- [11] MARQUARDT, R. A simple spectrophotometric method for the direct determination of uric in avian excreta. **Poultry Sci.** 62: 2106-2109. 1983.
- [12] MÉNDEZ, A.; CORTES, A.; FUENTES, B.; LÓPEZ, C.; GONZÁLEZ, E. 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: 15–25. 2009.
- [13] NAMKUNG, H.; LEESON, S. Effect of phytase enzyme on dietary nitrogen-corrected apparent metabolizable energy and the ileal digestibility of nitrogen and amino acids in broiler chicks. **Poultry Sci.** 78: 1317–1319. 1999.
- [14] NYANNOR, E.; ADEDOKUN, A.; HAMAKER, B.; EJETA, G.; ADEOLA, O. Nutritional evaluation of high-digestible sorghum for pigs and broiler chicks. **J. Anim. Sci.** 85:196 – 203. 2007.
- [15] OLUKOSI, O.; COWIESON, A.; ADEOLA, O. Age-Related Influence of a Cocktail of Xylanase; Amylase; and Protease or Phytase Individually or in Combination in Broilers. **Poultry Sci.** 86:77–86. 2007.
- [16] PÉREZ-MALDONADO, R.; RODRÍGUEZ, H. Nutritional characteristics of sorghum from Queensland and New South Wale for chicken meat production. Rural Industries Research and Development Corporation. **RIRDC Publication.** N° 7. 96 pp. 2007.
- [17] RAVINDRAN, V.; CABAUG, S.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W. Influence of microbial phytase on apparent ileal acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Sci.** 78:699–706. 1999.
- [18] RAVINDRAN, V.; CABAUG, S.; RAVINDRAN, G.; SELLE, P.; BRYDEN, W. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytase phosphorous levels; II. Effects on apparent metabolisable energy; nutrient digestibility and nutrient retention. **Br. Poultry Sci.** 41:193–200. 2000.
- [19] SANDOVAL, M.; VALENCIA, A. Granulometría en harinas y contenido de taninos en el grano de sorgos criollos cultivados en seis departamentos de El Salvador. Universidad de El Salvador. Facultad de Química y Farmacia. San Salvador, El Salvador. Trabajo de Grado.134 pp. 2005.

- [20] SELLE, P.; RANVINDRAN, V. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. **Livest. Prod. Sci.** 113:99–122. 2008.
- [21] SELLE, P.; RAVINDRAN, V.; PARTRIDGE, G. Beneficial effects of xylanase and/or phytase inclusions on ileal amino acid digestibility; energy utilisation; mineral retention and growth performance in wheat-based broiler diets. **Anim. Feed Sci. Technol.** 153: 303 – 313. 2009.
- [22] SELLE, P.; CADOGAN, D.; LI, X.; BRYDEN, W. Implications of sorghum in broiler chicken nutrition. **Anim. Feed Sci. Technol.** 156:57–74. 2010.
- [23] SIBBALD, I. A bioassay for true metabolizable energy in feeding stuffs. **Poult. Sci.** 55: 303-308. 1976.
- [24] SIBBALD, I. The Effect of the Age of the Assay Bird on the True Metabolizable Energy Values of Feedingstuffs. **Poult. Sci.** 57:1008-1012. 1978.
- [25] SORIA, A.; MARISCAL, G.; GÓMEZ, S.; CUARÓN, J. Efecto de la adición de enzimas fibrolíticas y una fitasa para cerdos en crecimiento sobre la digestibilidad de nutrientes. **Tec. Pec. Mex.** 47:1–14. 2009.
- [26] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). Users Guide Statistics. Ver 9.1. University North of California, USA. 2004. En línea: <http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/index.html>. 10.12.2009.
- [27] STEEL, G.; TORRIE, H.; DICKEY, D. Analysis of variance I: Single way classification. **Principles and procedures of statistics: A Biometrical Approach**. 3<sup>er</sup> Ed. McGraw-Hill Series. New York, USA. 155 pp. 1997.
- [28] TAYLOR, J. Non-starch polysaccharides; protein and starch: form function and feed—highlights on sorghum. **Proceedings of the 17th Australian Poultry Science Symposium**. Sydney, New South Wales, Australia, 02/7-9. Pp 9-16. 2005.
- [29] TEJEDOR, A.; TEIXEIRA, L.; SANTIAGO, H.; MEDEIROS, F. Efeito de adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. **Rev. Bras. Zoot.** 30: 802 – 808. 2001.
- [30] WILLIAMS, P. Poultry production and science: Future directions in nutrition. **World's Poult. Sci. J.** 53:33-48. 1997.
- [31] WU, Y.; RAVINDRAN, V.; HENDRIKS, W. Influence of exogenous enzyme supplementation on energy utilization and nutrient digestibility of cereals for broilers. **J. Sci. Food. Agric.** 84; 1817–1822. 2004.