

## Digestibilidad de una mezcla de sorgo con un complejo enzimático en dietas para cerdos

Farfán-López Charly<sup>1</sup>, Colina Janeth<sup>2</sup>, Araque Humberto<sup>1</sup>, Mora Franklin, De Basilio Vasco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Producción Animal. Maracay, Venezuela. Correo electrónico: charly.farfan@ucv.ve, charly.farfan@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias, Cátedra de Producción Animal. Maracay, Venezuela.

Recibido: 11/5/14 Aceptado: 11/2/15

### Resumen

Para determinar la digestibilidad total aparente de la materia seca (DMS), energía (EDA), y nitrógeno (DAN) de una mezcla de sorgo (MSO) con un complejo enzimático (CE) en dietas para cerdos en crecimiento, se realizó un experimento en dos periodos de ocho días cada uno. Se utilizaron 24 cerdos (35 kg de peso vivo) distribuidos en un diseño de bloques al azar (periodo como bloque) con cuatro dietas y seis cerdos por dieta en un arreglo factorial de tratamientos 2 × 2. Los factores fueron dos ingredientes (MSO y maíz) con o sin CE resultando en las siguientes dietas: basal con maíz (DBM); DBM con la adición del CE (DBM+CE); dieta a base MSO (DMSO) y DMSO+CE. Los cerdos fueron alojados individualmente en jaulas metabólicas para la recolección total de heces. Los datos fueron analizados mediante el programa estadístico PROC MIXED de SAS, aplicando pruebas de ANAVAR, utilizando el procedimiento GLM-Tukey. No se encontró efecto del CE sobre las variables evaluadas. La EDA varió significativamente ( $P = 0,003$ ) entre los dos ingredientes con valores de  $3641,49 \pm 42,95$  kcal/kg MS y  $3540,61 \pm 55,82$  kcal/kg MS para DBM y DMSO, respectivamente. La DAN fue mayor ( $P = 0,002$ ) en la DBM ( $81,75 \pm 1,55$  %) con respecto a la DMSO ( $77,06 \pm 3,44$  %). Se concluye que la adición del CE no afectó la DMS, DAN y EDA de la mezcla de granos de sorgo evaluada en dietas para cerdos en crecimiento.

**Palabras clave:** enzimas, ingrediente, porcinos, taninos

### Summary

## Digestibility of a Sorghum Blend with an Enzyme Complex in Diets for Pigs

An experiment in two periods of eight days each was conducted to determine the apparent total tract digestibility of dry matter (DDM), energy (ADE), and nitrogen (DAN) from a sorghum blend (SB) with an enzyme complex (EC) in diets for growing pigs. Twenty four pigs (35 kg live weight) distributed in a randomized block design (period as block) with four diets and six pigs per diet were used in a 2 × 2 factorial arrangement of treatments. The factors were two ingredients (SB and corn) with or without EC resulting in the following diets: basal with corn (BDC); BDC with the addition of EC (BDC+EC); SB-based diet (SBD) and SBD+CE. The pigs were individually allocated in metabolic cages for total collection of feces. Data were analyzed using PROC MIXED of SAS statistical software, using ANOVA tests, and the GLM-Tukey procedure. There was no effect of EC on the evaluated variables. The ADE varied significantly ( $P = 0.003$ ) between the two ingredients with values of  $3641.49 \pm 42.95$  kcal/kg DM and  $3540.61 \pm 55.82$  kcal/kg DM for BDC and SBD, respectively. The DAN was greater ( $P = 0.002$ ) in the BDC ( $81.75 \pm 1.55$  %) than SBD ( $77.06 \pm 3.44$  %). It is concluded that the addition of the EC had no effect on the DDM, DAN and ADE in the blend of sorghum grains evaluated in diets for growing pigs.

**Keywords:** enzymes, ingredient, swine, tannins

## Introducción

La producción porcina ha experimentado un crecimiento importante, lo cual exige mayor productividad sin afectar el entorno en el que se mantienen las explotaciones. Sobre este aspecto, se han realizado esfuerzos para probar la factibilidad de utilizar dietas con ingredientes alternativos y bajo contenido de proteína, y la adición de aminoácidos sintéticos que disminuyan los niveles de excreción de nutrientes, especialmente el nitrógeno (Colina *et al.*, 2010). Además, las dietas tradicionales para cerdos se elaboran con ingredientes importados, entre estos maíz y soya, cuyos altos costos y las exigencias de la producción porcina actual conllevan a buscar alternativas nutricionales que permitan aprovechar la producción de otros cereales disponibles. El sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench) constituye uno de los cereales de mayor relevancia agronómica por sus características genotípicas que le permiten ser cultivado incluso bajo condiciones edafo-climáticas adversas, en las cuales difícilmente podrían desarrollarse otros cultivos de cereales (Mariscal-Landín *et al.*, 2004). Sin embargo, la presencia de compuestos fenólicos como los taninos condensados y otros factores anti-nutricionales son una limitante para el uso del grano de sorgo en dietas para animales monogástricos (Mariscal-Landín *et al.*, 2004; Ojeda *et al.*, 2010).

Los taninos afectan la digestibilidad del grano de sorgo, reduciendo en principio, la digestibilidad ileal de la proteína (Jaramillo, 2008), y al igual que la mayoría de los cereales, el fósforo que contiene el sorgo se encuentra en forma de ácido fítico -un potente agente quelante de nutrientes- que afecta la digestibilidad de las proteínas, los aminoácidos, y las enzimas digestivas tales como pepsina, tripsina y amilasa (Tejedor *et al.*, 2001). La presencia de factores antinutricionales que afectan la digestibilidad de los nutrientes presentes en el sorgo, orienta hacia la aplicación de alternativas que permitan utilizar este ingrediente energético en las dietas para animales no rumiantes sin detrimento de la digestibilidad de los nutrientes y la productividad. Entre las alternativas disponibles se destaca la adición de complejos enzimáticos (CE) de origen exógeno, para mejorar el aporte de nutrientes del sorgo en las dietas para cerdos, al incrementar la utilización del fósforo, la proteína y la energía, lo que permite reducir la contaminación por excreción de fósforo y nitrógeno no utilizados por el animal (Tejedor *et al.*, 2001; Soria *et al.*, 2009; Méndez *et al.*, 2009). La utilización de las enzimas o CE, se sustenta en aumentar el aprovechamiento de los nutrientes y en disminuir el efecto de los metabolitos

secundarios y los polisacáridos no amiláceos (PNA) presentes en materias primas que interfieren con la digestibilidad de los nutrientes (Ruiz *et al.*, 2008; Ji *et al.*, 2008; Jace-la *et al.*, 2010; Kong *et al.*, 2015). El uso de CE parece ser más práctico que el uso de enzimas individuales debido a que la estructura de los nutrientes en las semillas de los granos de los cereales es compleja y sus componentes están interrelacionados (Emiola *et al.*, 2009) y permite la acción de las enzimas exógenas sobre diferentes compuestos antinutricionales presentes (Adeola y Cowieson, 2011). El objetivo de este estudio fue determinar la digestibilidad total aparente de la materia seca, la energía y el nitrógeno de una mezcla de sorgo (MSO) con un CE en dietas para cerdos en crecimiento.

## Materiales y métodos

El experimento se realizó en las instalaciones del Instituto de Producción Animal, Laboratorio Sección de Porcinos de la Facultad de Agronomía y Centro de Bioquímica Nutricional de la Facultad de Ciencias Veterinarias, de la Universidad Central de Venezuela, ubicadas en Maracay, estado Aragua, a 10° 17' 5" N, 64° 13' 28" O, a 480 m.s.n.m, con temperatura media de 25 °C y humedad relativa de 75 % (INIA, 2012).

Se utilizó un diseño en bloques al azar con dos periodos, cada uno de los cuales representó un bloque con un arreglo factorial 2 × 2, dos ingredientes energéticos (maíz y sorgo) con y sin adición del CE, obteniéndose cuatro dietas con seis repeticiones cada una (tres repeticiones por periodo). Cada cerdo representó la unidad experimental. Las cuatro dietas experimentales consistieron de una dieta basal con maíz (DBM); DBM con la adición del CE (DBM + CE); dieta a base de mezcla de sorgo (DMSO) y DMSO con la adición del CE (DMSO + CE).

Se utilizaron 24 cerdos cruzados (Yorkshire × Landrace), con un peso vivo promedio de 35 kg, alojados individualmente en jaulas metabólicas (65 x 120 x 50 cm de alto, largo y ancho), provistas de un comedero y un bebedero automático.

Para la preparación de las dietas se dispuso de los granos de la MSO (variedades: Criollo I, Chaguarama III, Himeca 101, Himeca 400) y maíz (Cuadro 1), como principales ingredientes energéticos, y se añadió la premezcla de minerales y vitaminas, para cubrir 100 % de los requerimientos para cerdos en crecimiento (NRC, 1998). Las dietas experimentales (Cuadro 2) se prepararon cinco días antes del inicio de la prueba de digestibilidad. El CE utilizado fue producido mediante fermentación en estado sólido para

la ruptura de las cadenas de PNA, con una composición según el fabricante de: 300 unidades de fitasa/g, 100 unidades de xilanas/g, 700 unidades de proteasa/g, mínimo 40 unidades de celulas/g, 30 unidades de amilasa/g, 4,000 unidades pectinasa AJD/g, mínimo 200 unidades de  $\alpha$ -glucanasa/g. La adición recomendada del CE a las dietas fue en una proporción de 0,02 % (Allzyme SSF®. Alltech Inc., Kentucky USA).

Los cerdos se manejaron en dos periodos (12 cerdos por periodo), de ocho días cada uno (cinco días de adapta-

ción y tres días de recolección de heces) de acuerdo a lo descrito en otros estudios (D'Alessandro *et al.*, 1997; Michelangeli *et al.*, 2004; Stein *et al.*, 2006). Cada cerdo recibió el alimento de acuerdo al consumo expresado durante el periodo de adaptación, en una cantidad inicial equivalente al 8 % del peso vivo metabólico (Parra *et al.*, 2002). El alimento se suministró en dos partes iguales durante el día (8:00 y 16:00 h), para lo cual se colocó en bolsas plásticas identificadas según los tratamientos. El consumo de agua fue *ad libitum*.

**Cuadro 1.** Composición química de la mezcla de sorgo y del maíz utilizado en las dietas experimentales.

Variables	Mezcla de sorgo	Maíz
Materia seca (%)	88,41	87,97
Proteína cruda (%)	10,96	8,84
Energía bruta (kcal/kg)	3968,00	4034,93
Grasa cruda (%)	3,20	4,05
Fibra cruda (%)	2,54	2,15
Ceniza (%)	1,23	1,15
Fósforo (%)	0,23	0,25
Taninos condensados (% EC) <sup>1</sup>	0,74	—

<sup>1</sup>EC= Equivalentes catequinas.

La recolección total de las heces se realizó dos veces al día, durante el tiempo establecido (a las 8:30 y 16:30 h) luego del suministro de cada dieta. Durante cada uno de los días de recolección, las heces fueron pesadas utilizando una balanza electrónica (*Ohaus*® modelo I-10, con capacidad de 15 kg y precisión de 0,001 g) e introducidas en una bolsa plástica identificada. Las muestras fueron conservadas a -20 °C hasta ser procesadas para su análisis.

Para realizar los análisis químicos, el maíz, el sorgo y las dietas experimentales fueron molidos con una criba de 3 mm (molino *Nogueira*® modelo DPM). Las muestras de heces fueron descongeladas y deshidratadas en estufa a 65 °C por un periodo de 72 h, luego de lo cual se procedió a molerlas con criba de 1 mm (molino Cyclotec 1093

**Cuadro 2.** Composición y análisis de las dietas experimentales<sup>1</sup>.

Ingrediente (%)	DBM	DBM+CE	DMSO	DMSO+CE
Maíz	96,90	96,90	—	—
Mezcla de sorgo	—	—	96,90	96,90
Fosfato dicálcico	1,02	1,20	1,20	1,20
Carbonato de calcio	1,10	1,10	1,10	1,10
Sal iodada	0,30	0,30	0,30	0,30
Premezcla de vitaminas y minerales <sup>a</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50
Complejo enzimático (CE) <sup>b</sup>	—	0,02	—	0,02
<b>Análisis químico</b>				
Proteína cruda (%)	8,57		10,17	
Energía metabolizable (kcal/kg)	3415,73		3275,22	
Lisina (%)	0,16		0,16	
Metionina (%)	0,15		0,13	
Calcio total (%)	0,73		0,73	
Fósforo total (%)	0,48		0,51	

<sup>1</sup>DBM= dieta a base de maíz; DMSO= dieta a base de una mezcla de sorgo. <sup>a</sup>Proporciona las siguientes cantidades por kg de dieta según el fabricante: vitamina A, 7000 UI; Vitamina D3, 2000UI, Vitamina E, 5UI; vitamina K3, 2 mg; tiamina, 1,5 mg; riboflavina, 4 mg; piridoxina, 3 mg; vitamina C, 70 mg; ácido nicotínico, 20 mg; ácido pantoténico, 8 mg; Colina, 130 mg; antioxidante, 50 mg; aceite vegetal, 50 mg; Se, 0,23 mg; Mn, 50 mg; Zn, 60 mg; Cu, 40 mg; Fe, 80 mg; Co, 0,10 mg. <sup>b</sup>Añadido a 2 kg/t (0,02 %) con composición reportada por el fabricante de: 300 unidades de fitasa/g, 100 unidades de xilanas/g, 700 unidades de proteasa/g, Min 40 unidades de celulas/g, 30 unidades de amilasa/g, 4,000 unidades pectinasa AJD/g, Min 200 unidades de  $\alpha$ -glucanasa/g (Allzyme SSF®. Alltech Inc., Kentucky USA).

Sample Mill®), se homogeneizaron y se tomó una cantidad de 150 g para los análisis. Todas las muestras fueron analizadas en triplicado para la determinación de materia seca (MS), N total de acuerdo a los procedimientos establecidos (AOAC, 1995) y energía bruta (EB) mediante una bomba calorimétrica adiabática (Parr®). Los taninos condensados en la MSO se determinaron mediante el método de hidrocloreto de vainillina-metanol (Price *et al.*, 1978) y se expresaron los valores obtenidos como equivalentes catequinas (EC).

Se calculó la digestibilidad total aparente de la materia seca (DMS) y la digestibilidad aparente de la energía (EDA) y del nitrógeno (DAN) de acuerdo a lo sugerido por (O'Quinn *et al.*, 1997; Garín *et al.*, 2007), mediante las siguientes fórmulas:

$$DMS = [(MSI) \llcorner (MSexc)]/MSI$$

donde:

MSI: Materia seca ingerida

MSexc: Materia seca excretada

$$EDA = [(MSI \times EBa) \llcorner (MSexc \times EBh)]/MSI$$

donde:

MSI: Materia seca ingerida

MSexc: Materia seca excretada

EBa: Energía bruta del alimento

EBh: Energía bruta de las heces

$$DAN (\%) = [Nc (g) - Ne(g) \times 100]/Nc (g)$$

donde:

Nc: nitrógeno consumido

Ne: nitrógeno excretado

Para el análisis de los datos, se utilizó el programa estadístico PROC MIXED de SAS®. Se realizaron análisis de varianza para obtener los resultados, con los valores de media y error estándar, y al existir diferencias estadísticas (P<0,05), se realizó la prueba respectiva de medias mediante el procedimiento GLM- Tukey (Steel *et al.*, 1997).

### Resultados y discusión

El Cuadro 3 muestra la DMS, EDA y DAN de una MSO con un CE en dietas para cerdos en crecimiento. No se encontraron diferencias para la DMS entre los factores ingrediente y CE de la DBM y DMSO combinadas con CE, ni la interacción de los mismos, con valores promedio de digestibilidad de 90,02 ± 0,97 % y 89,79 ± 1,29 %, para la DBM y DMSO, respectivamente. Respecto a la EDA, el CE o la interacción del ingrediente × CE no produjeron variaciones estadísticas, sin embargo el ingrediente utilizado mostró efecto (P = 0,003) sobre la EDA, la cual fue mayor en la DBM que la DMSO, existiendo una reducción de la energía de 100 kcal/kg MS. Sobre la DAN, se obtuvo respuesta similar a la EDA, no se evidenció efecto del CE ni de su interacción con los ingredientes, no obstante hubo diferencias (P = 0,002) para el tipo de ingrediente, generado la principal diferencia entre los resultados. La DAN fue superior en la DBM respecto a la DMSO, cuya digestibilidad fue 4,69 % menor. Por lo tanto, con dichos resultados de la

**Cuadro 3.** Digestibilidad de la materia seca (DMS), energía digestible aparente (EDA), y digestibilidad aparente del nitrógeno (DAN) de una mezcla de sorgo (MSO) con un complejo enzimático (CE) en dietas para cerdos en crecimiento.

Dieta experimental	DMS* (%)	EDA* (kcal/kg MS)	DAN* (%)
DBM	90,02 ± 0,97	3641,49 ± 42,95 <sup>a</sup>	81,75 ± 1,55 <sup>a</sup>
DBM + CE	90,41 ± 0,97	3657,19 ± 39,37 <sup>a</sup>	82,84 ± 1,51 <sup>a</sup>
DMSO	89,79 ± 1,29	3540,61 ± 55,82 <sup>b</sup>	77,06 ± 3,44 <sup>b</sup>
DMSO + CE	86,59 ± 1,39	3428,16 ± 56,07 <sup>b</sup>	70,01 ± 2,95 <sup>b</sup>
Factor	Probabilidad	Probabilidad	Probabilidad
Ingrediente	0,099	0,003	0,002
CE	0,244	0,336	0,251
Ingrediente × CE	0,140	0,206	0,122

\*Valores expresados como la media ± error estándar de la media. CE=complejo enzimático. DBM= dieta a base de maíz; DMSO= dieta a base de una mezcla de sorgo.

DMS, EDA y DAN se evidencia las diferencias existentes entre la utilización del maíz y el sorgo como fuente de energía en las dietas.

Los coeficientes de DMS obtenidos en este estudio fueron superiores a los reportados por D'Alessandro *et al.* (1997) y Garín *et al.* (2007), quienes al evaluar granos de sorgo obtuvieron una DMS de 77,28 % y 78,07 %, respectivamente, mientras que la DMS de la DBM fue similar a resultados previos (Milgen *et al.*, 2001; Stein *et al.*, 2006; Garín *et al.*, 2007). El efecto del CE sobre la DMS no fue observado, lo que podría estar asociado al ingrediente o al método utilizado, ya que incluso en estudios de digestibilidad *in vitro* de la materia seca de otros ingredientes como soya, maíz y trigo, entre otros, no se ha observado efecto de un CE con actividad de xilanasas, proteasas y fitasas (Kong *et al.*, 2015). De manera similar, estudios *in vivo* donde se ha evaluado la digestibilidad de dietas con sorgo, no han demostrado efectos de CE. En tal sentido, Soria *et al.* (2009) evaluaron la DMS en dietas a base de sorgo con la adición de un CE, obteniendo valores entre 74,83 % y 75,44 %, sin encontrar una mejora en la digestibilidad de la dieta con la adición de las enzimas respecto a la dieta control. Por otra parte, O'Quinn *et al.* (1997), al estudiar la adición de dos tipos de fitasa (300 y 500 FTU/kg) como única enzima exógena en dietas a base de sorgo y soya, no reportaron mejora alguna en la DMS, obteniendo valores de un 92 %.

El principio de la utilización de las enzimas o CE se sustenta en aumentar el aprovechamiento de los nutrientes y en disminuir el efecto de los metabolitos secundarios y los PNA presentes en materias primas como maíz, trigo y granos de destilería (Ruiz *et al.*, 2008; Ji *et al.*, 2008; Jacela *et al.*, 2010; Chhay *et al.*, 2014), tal como lo reportan otros autores (Mavromichalis *et al.*, 2001; Olukosi *et al.*, 2007) quienes utilizaron las enzimas en dietas para cerdos a base de trigo y observaron una mejora en la DMS en un 2 % en relación a una dieta control. Por el contrario, al evaluar la adición de un CE similar al utilizado en el presente estudio en dietas a base de maíz sobre la DMS, otros autores (Ruiz *et al.*, 2008; Carneiro *et al.*, 2008; Bich *et al.*, 2011) no encontraron variaciones significativas entre tratamientos, lo cual coincide con los resultados expuestos.

Respecto a la EDA, D'Alessandro *et al.* (1997) observaron un resultado similar, con una disminución de 3,67 % en dietas a base de sorgo con bajo contenido de taninos (0,33 % EC), respecto a dietas con alto contenido de taninos (0,54 % EC). Por lo que es posible inferir que existe un efecto inhibitorio de los taninos sobre la degradación de los

nutrientes del grano de sorgo, el cual se observa cuando el contenido de taninos supera el umbral de 0,28-0,30 % EC, tal como en este estudio, donde se determinó 0,74 % EC en la MSO de las variedades Criollo I, Chaguaramas III, Himeca 101 e Himeca 400. Este valor se ubica por debajo del contenido de taninos encontrado para tres de estas variedades (Criollo I, Chaguaramas III e Himeca 101) en Venezuela, el cual fue superior al 1 % (Ojeda *et al.*, 2010). Adicionalmente, Jansman *et al.* (1995) indican que un contenido de taninos mayor al 1 % EC puede causar pérdidas de la energía de la dieta. Sin embargo, cabe destacar que el valor de la EDA de las DMSO supera el valor indicado por Sauvant *et al.* (2003), quienes indican un valor promedio de 3400 kcal/kg MS del sorgo con bajo contenido de taninos.

Los valores obtenidos de la EDA son similares a los reportados previamente como resultado de la evaluación de la adición de un CE en dietas a base de maíz (Ruiz *et al.*, 2008) y maíz-trigo (Olukosi *et al.*, 2007) sin encontrar mejoras sobre la EDA con la adición de una fitasa y un CE, obteniendo valores similares a la dieta control (3480 kcal). No obstante, en otros estudios se han señalado los efectos de la adición de las enzimas y CE. Al respecto, Soria *et al.* (2009) aumentaron en un 4 % la energía digestible de dietas a base de sorgo con la adición de una fitasa, disminuyendo el efecto de los taninos condensados, mientras que Liao *et al.* (2005) aumentaron 35 kcal/kg en una dieta a base de maíz y soya añadiendo una fitasa de 1000 FTU/kg, obteniendo los resultados esperados en el presente estudio.

La DAN mostró una respuesta similar a la EDA, lo cual podría estar asociado al contenido de taninos presentes en la MSO (0,74 % EC) los cuales actúan sobre la actividad de las enzimas endógenas (Garín *et al.*, 2007). El valor de la DAN fue similar a la reportada por Sauvant *et al.* (2003) quienes encontraron un valor promedio de 75 %, por lo tanto los valores obtenidos en este estudio se pueden considerar dentro de los valores aceptables. Adicionalmente, la DAN de la DBM se aproxima al valor encontrado por Garín *et al.* (2007) de 81,61 %, mientras que la DAN de la DMSO supera el valor reportado por Garín *et al.* (2007) de 52,96 %, lo que podría estar asociado con la cantidad de taninos presentes en el sorgo utilizado. Por su parte, O'Quinn *et al.* (1997) obtuvieron una DAN en promedio de 88,5 % sin encontrar efecto de la adición de las enzimas fitasas (300 y 500 FTU/kg) en dietas a base de sorgo y soya.

En estudios donde se ha evaluado la adición de enzimas individuales y CE en dietas para cerdos, se han encontrado respuestas similares a las del presente estudio.



Olukosi *et al.* (2007), al evaluar un CE, no encontraron mejora de la digestibilidad del nitrógeno al adicionar un CE en dietas a base de trigo, reportando valores promedio de 81,2 % y 86,9 %, respectivamente. No obstante, algunos estudios difieren del presente en cuanto al efecto de los CE sobre la DAN. Emiola *et al.* (2009) observaron una respuesta significativa al incluir un CE en dietas a base de cebada y 30 % de granos de destilería de trigo, aumentando un 10 % la DAN respecto a la dieta control. Mavromichalis *et al.* (2001) mejoraron la DAN en dietas a base de trigo con granulometría 1600  $\mu\text{m}$  y adición de una xilanasas, presentándose el manejo de la granulometría como otra estrategia para mejorar la digestibilidad de los nutrientes y disminución del efecto de los metabolitos secundarios. Yi *et al.* (2013) mejoraron la digestibilidad de la materia seca de una dieta tradicional maíz y soya con un CE a base de xilanasas, amilasas y proteasas en cerdos destetados, mientras que Ji *et al.* (2008) y Chhay *et al.* (2014) observaron incrementos en la digestibilidad del aparente del nitrógeno con el uso de CE en dietas para cerdos en crecimiento.

Estos argumentos soportan la respuesta esperada de incrementos en la DMS, EDA y DAN de las dietas con un CE, no obstante, y como argumento a los resultados indicativos de la no efectividad del CE evaluado, cabe señalar que se ha evidenciado ampliamente que el uso de enzimas exógenas para mejorar la digestibilidad de los componentes de la dieta se ha traducido en resultados inconsistentes, principalmente debido a la presencia de sustratos complejos no adecuados para la expresión de la actividad enzimática e hidrólisis de esos componentes (Ji *et al.*, 2008; Emiola *et al.*, 2009; Yáñez *et al.*, 2012). Adicionalmente, la concentración del sustrato, tamaño de la partícula, pH, temperatura y período de tiempo que permanece el alimento en el intestino delgado, son factores que deben evaluarse, ya que son determinantes de la respuesta obtenida (Ji *et al.*, 2008), así como el nivel de inclusión idóneo para que exista mayor actividad de las enzimas sobre los sustratos presentes en las dietas (Ruiz *et al.*, 2008; Jacela *et al.*, 2010; Chhay *et al.*, 2014) y del tipo de ingrediente utilizado, ya que la actividad enzimática y su efecto sobre la liberación de nutrientes y la energía garantizando su disponibilidad para el animal, dependerá de la estructura y características del ingrediente mismo (Adeola y Cowieson, 2011).

## Conclusiones

Bajo las condiciones del presente estudio, el complejo enzimático utilizado no afectó la digestibilidad de la materia seca, energía digestible aparente, ni la digestibilidad aparen-

te del nitrógeno de la mezcla de sorgo en dietas para cerdos en crecimiento, ni disminuyó el posible efecto provocado por los complejos taninos-enzimas que podrían estar presentes en la mezcla de sorgo utilizado. La disminución en la digestibilidad del nitrógeno y la energía digestible aparente en las dietas con la mezcla de sorgo podría atribuirse a la concentración de taninos condensados presentes en la mezcla. No obstante, los valores de energía digestible aparente obtenidos en cerdos en crecimiento con la mezcla de sorgo pueden ser referencia para la formulación de dietas utilizando esta mezcla con 0,74 % EC de taninos condensados.

## Bibliografía

- Adeola O, Cowieson AJ. 2011. Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *Journal of Animal Science*, 89: 3189 - 3218.
- AOAC. 1995. Animal feed : Official Methods of the AOAC International. 16<sup>th</sup> ed. Washington, D.C. : AOAC. 1018p.
- Bich T, Len N, Ogle B, Lindberg J. 2011. Influence of particle size and multi-enzyme supplementation of fibrous diets on total tract digestibility and performance of weaning (8-20 kg) and growing (20-40 kg) pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 169: 86 - 95.
- Carneiro M, Lordelo M, Cunha L, Freire J. 2008. Effects of dietary fibre source and enzyme supplementation on faecal apparent digestibility, short chain fatty acid production and activity of bacterial enzymes in the gut of piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 146: 124 - 136.
- Chhay T, Borin K, Preston T. 2014. Enzyme supplementation increases digestibility and N balance in growing pigs fed rice bran and ensiled taro foliage [En línea]. *Livestock Research for Rural Development*, 26(4). Consultado 15 febrero 2014. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd26/4/chha26064.html>.
- Colina J, Araque-Molina H, Jerez-Timaure N, Rico-Barreto D. 2010. Crecimiento y características de la canal de cerdos en engorde alimentados con harina de pijiguao (*Bactris gasipaes* H.B.K.) y lisina. *Revista Facultad de Agronomía LUZ*, 27: 251 - 269.
- D'Alessandro J, Barlocco N, Peinado M, Garin D. 1997. Digestibilidad, balance nitrogenado y energía de granos de sorgo alto y bajo en taninos en cerdos. *Revista Argentina de Producción Animal*, 17(Supp. 1): 75.
- Emiola I, Opapeju F, Slominski B, Nyachoti C. 2009. Growth performance and nutrient digestibility in pigs fed wheat distillers dried grains with soluble-bases diets supplemented with a multicarbohydrase enzyme. *Journal of Animal Science*, 87: 2315- 2322.
- Garin D, Barlocco N, D'Alessandro J, Peinado R. 2007. Digestibilidad de granos de cereales en cerdos en terminación. *Agrociencia*, volumen especial: 93 -95.
- INIA. 2012. Reporte de estación climatológica. Maracay : INIA. 2p.
- Jacela J, Dritz S, De Rouchey J, Tokach M, Goodband R, Nelssen J. 2010. Effects of supplemental enzymes in diets containing distillers dried grains with soluble on finishing pig growth performance. *The Professional Animal Scientist*, 26: 412- 424.
- Jansman A, Verstegen M, Huisman J, Van Den Berg JW. 1995. Effects of hulls of faba beans (*Vicia faba* L.) with a low or high content of condensed tannins on the apparent ileal and fecal digestibility of nutrients and the excretion

- of endogenous protein in ileal digesta and feces of pigs. *Journal of Animal Science*, 73: 118 - 127.
- Jaramillo M.** 2008. Sorgos granífero genotípicamente pardos: nuevos conceptos en toxicología y respuesta de las aves. En: X Congreso Nacional de Avicultura; Maracaibo – Venezuela. Maracaibo : Federación Nacional Venezolana de Industria Avícola. pp. 14.
- Ji F, Casper D, Brown P, Spangler D, Haydon K, Pettigrew J.** 2008. Effects of dietary supplementation of enzyme blend on the ileal and fecal digestibility of nutrients in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 86: 1533-1543.
- Kong C, Park CS, Kim BG.** 2015. Effects of an enzyme complex on in vitro dry matter digestibility of feed ingredients for pigs. *Springerplus*, 4: 261 - 264.
- Liao S, Sauer W, Kies A, Zhang Y, Cervantes M, He J.** 2005. Effect of phytase supplementation to diets for weanling pigs on the digestibilities of crude protein, amino acids, and energy. *Journal of Animal Science*, 83: 625 - 633.
- Mariscal-Landin G, Avellaneda J, Reis De Souza T, Aguilera A, Borbolla B, Mar B.** 2004. 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. *Animal Feed Science and Technology*, 117: 245 -264.
- Mavromichalis I, Hancock J, Senne B, Gugle T, Kennedy G, Hines R, Wyatt C.** 2001. Enzyme supplementation and particle size of wheat in diets for nursery and finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 78: 3086-3095.
- 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. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 47: 15 -25.
- Michelangeli C, Perez G, Mendez A, Sivoli L, Pizzai P.** 2004. Digestibilidad ileal y fecal en cerdos, del nitrógeno, aminoácidos, energía y componentes de la pared celular de granos tostados de *Canavalia ensiformes*(L.). *Zootecnia Tropical*, 22: 71- 86.
- Milgen J, Noblet J, Dubois S.** 2001. Energetic efficiency of starch, protein and lipid utilization in growing pigs. *Journal of Nutrition*, 131: 1309-1318.
- NRC.** 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10<sup>th</sup> revised edition. Washington : NRC. 211 p.
- Ojeda A, Frias A, González R, Linares Z, Pizzani P.** 2010. Contenido de taninos, fósforo fitico y actividad de fitasas en el grano de 12 híbridos de sorgo granífero (*Sorghum bicolor*(L) Moench). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición Animal*, 60: 93-98.
- Olukosi O, Sands J, Adeola O.** 2007. Supplementation of carbohydrases or phytase individually or in combination to diets for weanling and growing-finishing pigs. *Journal Animal Science*, 85: 1702-1711.
- O'Quinn P, Knabe D, Gregg E.** 1997. Efficacy of natuphos® in sorghum-based diets of finishing swine. *Journal Animal Science*, 75: 1299-1307.
- Parra F, Diaz I, González C, Hurtado E, Garbati S, Vecchionacce H.** 2002. Efecto de tres tipos de presentación de alimento preparado con raíz y follaje de yuca (*Manihot esculenta crantz*) sobre la digestibilidad aparente en cerdos. *Revista Científica FCVLUZ*, 12 (Supp.): 471-474.
- Price ML, Van Scoyoc S, Butler LG.** 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26: 1214 -1218.
- Ruiz U, Thomaz M, Hannas M, Fraga A, Watanabe P, Da Silva S.** 2008. Complejo enzimático para suinos: digestao, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. *Revista Brasileira do Zootecnia*, 37: 458-468.
- Sauvant D, Pérez J, Tran G.** 2003. Cuadros de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero. Barcelona : INRA, Mundi Prensa. pp. 90 - 91.
- Soria A, Mariscal G, Gómez S, Cuarón J.** 2009. Efecto de la adición de enzimas fibrolíticas y una fitasa para cerdos en crecimiento sobre la digestibilidad de nutrientes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 47: 1- 14.
- Steel G, Torrie H, Dickey D.** 1997. Principles and procedures of statistics : A Biometrical Approach. 3er ed. New York : McGraw-Hill. 155p.
- Stein H, Gibson M, Pedersen C, Boersma M.** 2006. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 84: 853-860.
- Tejedor A, Teixeira L, Santiago H, Medeiros F.** 2001. Efeito de adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. *Revista Brasileira do Zootecnia*, 30: 802-808.
- Yáñez JL, Beltranena E, Cervantes M, Zijlstra RT.** 2012. Effect of phytase and xylanase supplementation or particle size on nutrient digestibility of diets containing distillers dried grains with solubles cofermented from wheat and corn in ileal-cannulated grower pigs. *Journal of Animal Science*, 89: 113- 123.
- Yi JQ, Piao XS, Li ZC, Zhang HY, Chen Y, Li QY, Liu JD, Zhang Q, Ru YJ, Dong B.** 2013. The effects of enzyme complex on performance, intestinal health and nutrient digestibility of weaned pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 26: 1181-1188.