

Respuesta productiva de cerdos en engorde a la sustitución de maíz por sorgo en su dieta

Bauza Roberto^{1*}, Silva Dalel¹, Bratschi Cecilia¹, Barreto Roberto¹

¹Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas. Avenidas Garzón 780, 12900 Montevideo, Uruguay *Correo electrónico: rbauza@fagro.edu.uy

Recibido: 2016-30-12

Aceptado: 2017-10-25

Resumen

Se realizó un ensayo con el objetivo de evaluar el efecto sobre el comportamiento productivo de cerdos en engorde de sustituir el maíz por distintos tipos y formas de presentación de sorgo granífero. Se evaluaron cinco tratamientos, consistentes en dietas isoproteicas e isoenergéticas: T1: (control) en base maíz/soja; T2: grano de sorgo bajo en taninos (SBT) en sustitución del maíz; T3: ensilado grano húmedo (SGH) de SBT en sustitución del maíz; T4: SGH de sorgo con contenido medio de taninos (SMT) en sustitución del 50 % del maíz; T5: grano de SMT en sustitución del 50 % del maíz. Se utilizaron 30 cerdos, seis por tratamiento, que fueron evaluados entre los 35 y 105 kg de peso vivo. Se realizó alimentación a voluntad. Se evaluaron los parámetros ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento e índice de conversión del alimento ajustado a 90 % de materia seca. No se observaron diferencias entre tratamientos para ninguno de los parámetros evaluados. Se concluye que el SBT, en forma de grano seco molido o SGH puede reemplazar totalmente al grano de maíz en dietas para cerdos en engorde sin que se afecten los parámetros de respuesta productiva. A su vez es posible la sustitución del 50 % del maíz por SMT en forma de grano seco o SGH sin consecuencias sobre el resultado productivo.

Palabras clave: cerdos, nutrición, sorgo bajo tanino, silo de grano húmedo

Productive Response of Fattening Pigs to the Substitution of Maize by Sorghum in their Diet

Summary

The objective of this study was to evaluate the effect on productive performance of fattening pigs to substitute maize for different types and forms of sorghum. Five treatments, consisting of isoproteic and isoenergetic diets, were evaluated: T1: (control) on maize / soybean basis; T2: grain of low tannins sorghum (SBT) in substitution of maize; T3: high moisture grain silage (SGH) of SBT in substitution of maize; T4: SGH of medium tannins content sorghum (SMT) replacing 50 % of maize; T5: SAT grain replacing 50 % of maize. Thirty pigs were used, six per treatment, which were evaluated between 35 and 105 kg of live weight. Feeding was done at will. The parameters daily weight gain, daily feed intake and feed conversion ratio adjusted to 90 % dry matter were evaluated. There were no differences between treatments for any of the parameters evaluated. It is concluded that SBT, in the form of dry milled grain or SGH, can completely replace maize grain in diets for fattening pigs without affecting the parameters of productive response. In turn, it is possible to substitute 50 % of maize by SMT in the form of dry grain or SGH without consequences on the productive result.

Keywords: pigs, nutrition, low tannin sorghum, high moisture grain silage

Introducción

El grano de sorgo se presenta como una alternativa interesante al maíz por ser un cultivo con menores exigencias hídricas en un país como Uruguay donde la mayor parte de los cultivos se realizan en seco. De acuerdo con la Oficina de Planeamiento y Presupuesto Agropecuario (OPYPA), en la zafra 2014/2015 en Uruguay se cultivaron 136 mil hectáreas de sorgo, 81 mil destinadas a grano seco y 55 mil para realizar silo de grano húmedo (Methol, 2016). El valor nutritivo del sorgo para los monogástricos es considerado equivalente al 96 % del maíz (Tokach, Goodband y DeRouchey, 2012), aunque la gran variabilidad entre cultivares en el contenido en taninos y en lisina no permite realizar recomendaciones generales sobre su aporte energético y proteico (Moreira et al., 2013). El sorgo es el único cereal que sintetiza cantidades importantes de taninos condensados, un complejo de polímeros fenólicos de sabor astringente (Latorre y Calderón, 1998), cuya concentración puede variar entre 0,1 y 10,0 %, siendo una característica varietal. Sólo los sorgos con cubierta seminal o testa pigmentada poseen taninos condensados (Chessa, 2007). Si bien en los países con gran producción de sorgo como Estados Unidos, México o Australia se cultiva principalmente sorgo de bajo tanino (Chessa, 2007), en Uruguay predomina el cultivo de sorgo con contenido medio de taninos y, en menor grado, variedades de bajo tanino (BT), blanco o rojo.

La digestibilidad del sorgo disminuye al aumentar la concentración de taninos debido a la formación de complejos tanino-proteína y tanino-carbohidratos, que afectan la actividad de las enzimas pancreáticas. Con concentraciones entre 0,3 y 0,7 % de taninos la reducción es leve, pero por encima del 1 % la misma es significativa (D'Alessandro et al., 1997; Garín, Barlocco y D'Alessandro, 2007; Barros, Awika y Rooney, 2012). Bauza et al. (2016) no observaron diferencias en la digestibilidad para cerdos en recría entre el grano de sorgo BT, el sorgo de contenido medio de taninos extrusado y el maíz. Liu, Selle y Cowieson (2013) y Goodband y Tokach (2016) destacan que la molienda, al disminuir el tamaño de partícula mejora significativamente la utilización digestiva del sorgo.

Grosjean y Castaing (1984) y Goodband y Tokach (2016) estimaron que los sorgos de bajo tanino realizan un aporte energético del orden del 98-103 % con respecto al maíz. Por su parte Pan et al. (2016) correlacionan negativamente el aporte energético del grano de sorgo con su contenido de taninos condensados, estableciendo una disminución de

200 kcal/kg de EM por cada 1 % de incremento en el contenido de taninos.

El contenido de proteína cruda del sorgo, 9,5-10,5 %, es similar al maíz, conteniendo más triptófano, valina, treonina, isoleucina y leucina que este, siendo menor su aporte en lisina (Araiza-Piña et al., 2003; Moreira et al., 2013). Ward y Southern (1995) observaron que cerdos recibiendo dietas en base a sorgo y harina de soja responden positivamente a la suplementación con lisina y treonina, sin lograr igualar las performances obtenidas con dietas en base a maíz, lo que denota la existencia de otros factores limitantes, que asocian al efecto de los taninos condensados. Por otra parte, la proteína del sorgo, de alto o bajo tanino, contiene 54 % de kafirina, una proteína de baja digestibilidad por la presencia de cisteínas, que forman enlaces disulfuros insolubles (Liu, Selle y Cowieson, 2013). De este modo, la menor digestibilidad de la proteína del sorgo es explicada por el efecto de los taninos condensados y las características de la kafirina (D'Alessandro et al., 1997; Latorre y Calderón, 1998; Garín, Barlocco y D'Alessandro, 2007; Liu, Selle y Cowieson, 2013; Bauza et al., 2016).

Un aspecto a destacar en el valor nutritivo del sorgo, comparado con el maíz, es su mayor contenido en P asimilable, que permite un menor costo de suplementación mineral y se refleja en el menor valor contaminante de las excretas (Goodband y Tokach, 2016).

Según Ward y Southern (1995) y Chessa (2007) los taninos condensados disminuyen la eficiencia alimentaria de los sorgos entre 10 y 30 %, siendo la principal causa de las menores performances obtenidas en cerdos en engorde cuando se los utiliza en sustitución del maíz. En Estados Unidos y Europa se exige en la alimentación de cerdos la utilización del sorgo sin taninos que tiene un valor nutritivo del orden del 98-103 % con respecto al maíz (Chicarelli, 2012; Goodband y Tokach, 2016).

Cousins et al. (1981), Grosjean y Castaing (1984), Myer y Gorbet (1985) y Kemm y Brand (1996) concluyen que el sorgo con menos de 0,2 % de taninos tienen un valor nutritivo similar al maíz en dietas monocereal para cerdos en engorde. Con mayores concentraciones de taninos condensados, del orden de 1,0 y 1,4 %, se observan reducciones en velocidad de crecimiento y eficiencia de conversión de 4 y 8 %, respectivamente. Con la utilización de sorgos con bajo contenido de taninos condensados y realizando una molienda fina es posible lograr respuestas productivas en cerdos en recría-terminación similares a las obtenidas con el maíz, pudiendo ser sustituidos entre sí sin dificultades (Goodband y Tokach, 2016). En este sentido Fekete y

Castaing (1987) sostiene que se requieren procedimientos accesibles de determinación del nivel de taninos, para utilizar al momento de formular las raciones.

Bauza et al. (2016) a partir de los resultados obtenidos en pruebas de digestibilidad y metabolismo, concluyen que la sustitución total del maíz por sorgo BT no afecta el aporte nutritivo de las dietas, mientras que recomiendan no sustituir totalmente el maíz por sorgo con alto tanino, debido a la marcada reducción en el aporte de nutrientes. De todos modos, el menor costo del grano de sorgo con respecto al maíz hace que se insista en determinar el grado de sustitución que no afecte las performances biológicas ni económicas.

El ensilado de grano húmedo de sorgo se obtiene mediante la conservación en ambiente anaeróbico y de bajo pH del grano cosechado con elevada humedad y molido (Chalkling y Brasesco, 2003; Scarpitta, 2008). En estas condiciones se provoca la hidrólisis de los enlaces de los taninos y de la kafirina favoreciendo la accesibilidad de las enzimas a los gránulos de almidón, mejorando la utilización digestiva de ambas fracciones. Observaciones de Myer, Gorberty y Combs (1986) indican que el almacenamiento anaeróbico en condiciones de alta humedad es un proceso efectivo de conservación que provoca la desactivación del 28-30 % de los taninos y, como consecuencia, se mejora la digestibilidad, pero sin llegar a igualar al maíz o sorgo BT. El valor nutritivo de los silos grano húmedo de sorgo depende en gran medida de las condiciones al momento de su elaboración, especialmente el contenido de humedad y grado de maduración del grano (Scarpitta, 2008; Bauza et al., 2016).

Bauza et al. (2016) determinaron que el sorgo BT ensilado grano húmedo presentó un coeficiente de digestibilidad fecal aparente (DFA) de su materia seca (MS) y materia orgánica (MO) de 93 %, siendo superior al grano de maíz, mientras que la DFA de la proteína cruda (PC) no presentó diferencias con el maíz. Sin embargo, estos autores señalan un efecto depresivo del ensilado grano húmedo del sorgo con alto tanino sobre la utilización digestiva, aspecto que los autores asocian al bajo grado de madurez del grano utilizado en el silo.

Knabe y Tanksley (1982), Crenshaw et al. (1984) y Myer, Gorberty y Combs (1986) detectaron pequeñas mejoras en el valor nutritivo de dietas con silo de grano húmedo o silo de grano reconstituido con respecto al sorgo molido seco, que se reflejaron en la respuesta de los cerdos en términos de eficiencia y velocidad de crecimiento.

Crenshaw et al. (1986) sostienen que el desarrollo de hongos luego de retirar el producto de las condiciones de anaerobiosis no tuvo efecto negativo sobre las performances en un plazo de hasta tres días, mientras que la utilización de ácido sórbico impide el desarrollo de hongos durante 10 días. Sin embargo, con la inclusión de 1,45 % de una mezcla 80:20 de ácidos propiónico:acético se provocó una reducción en el consumo que afectó la ganancia diaria de peso. Por su parte, Giesemann et al. (1992) observan que el remojo de grano de sorgo con una solución de ácidos provoca una pequeña mejora en la digestibilidad de la proteína.

En Uruguay no existe información experimental ni empírica sobre la utilización del silo de grano húmedo de sorgo en la alimentación de cerdos en engorde, excepto las determinaciones de DFA realizadas por Bauza et al. (2016). Sin embargo a nivel de la producción lechera se dispone de amplia y positiva experiencia en la utilización de ensilados de grano húmedo como método de conservación y almacenamiento del sorgo o el maíz.

Este trabajo se realiza con el objetivo de evaluar la respuesta de cerdos en engorde, en términos de consumo de alimento, velocidad de crecimiento y eficiencia de conversión, a la sustitución total del maíz de su dieta por sorgo de bajo tanino (grano seco molido o silo grano húmedo) o del 50 % del maíz por sorgo de contenido medio de taninos condensados (grano seco molido o ensilado grano húmedo).

Materiales y métodos

El trabajo de campo se realizó entre los meses de septiembre y diciembre de 2015 en la Estación de Pruebas de Porcinos de la Granja de Sayago de Facultad de Agronomía. El protocolo experimental fue aprobado por la Comisión de Ética en el Uso de Animales, avalado por resolución del Consejo de Facultad de Agronomía N° 1546.

Se evaluaron cinco dietas isoproteicas e isoenergéticas incluyendo sorgos de contenido medio o bajo de taninos condensados, presentados como grano seco molido o ensilado de grano húmedo, reemplazando total o parcialmente al maíz:

T1: dieta control en base maíz/soja.

T2: grano de sorgo bajo en taninos en sustitución del maíz.

T3: ensilado grano húmedo de sorgo bajo en taninos en sustitución del maíz.

T4: ensilado grano húmedo de sorgo medio en taninos en sustitución del 50 % del maíz.

T5: sorgo medio en taninos en sustitución del 50 % del maíz.

Origen y características de los alimentos utilizados

El maíz, la harina de soja y el sorgo grano de contenido medio de taninos fueron adquiridos en plaza. El sorgo de bajo tanino en grano fue obtenido de las partidas utilizadas por ALUR para la elaboración de biocombustibles. Los silos de grano húmedo de sorgo, de medio y de bajo tanino, fueron obtenidos de un productor lechero del departamento de San José, a partir de los silos elaborados para su utilización en el predio. La composición química de los alimentos utilizados se presenta en el Cuadro 1.

Animales

Se utilizaron 30 cerdos machos castrados de tipo genético y edad uniformes, provenientes de un criadero comercial, asignados al azar en seis repeticiones por tratamiento, que fueron evaluados en el período 35-105 kg de PV.

Los animales fueron alojados durante todo el período experimental en bates individuales, con comedero frontal tipo batea, disponiendo de agua potable a voluntad mediante bebederos automáticos tipo chupete.

Alimentación

Se utilizaron dos tipos de raciones experimentales: re-cría durante el período de 35 a 65 kg y terminación de 65 a 105 kg. Las raciones fueron formuladas para cubrir los requerimientos establecidos en las tablas NRC (2012) para las categorías correspondientes, teniendo en cuenta los aportes nutricionales de los alimentos en estudio, determinados por Bauza et al. (2016) y sus análisis químicos actuales. La composición porcentual de las raciones utilizadas se presenta en los Cuadros 2 y 3.

Las raciones correspondientes a T1, T2 y T5 fueron elaboradas en su totalidad al comienzo de cada período a los efectos de mantener la uniformidad de composición durante el ensayo. Para las raciones de T3 y T4, se realizó una mezcla de los ingredientes secos a los que semanalmente se les adicionó la cantidad establecida de silo grano húmedo. Los granos ensilados fueron trasladados semanalmente desde el predio y mezclados con los componentes secos de la ración.

La ración fue suministrada ad libitum, reponiendo diariamente la cantidad de los comederos, llevando control semanal de consumo y rechazos.

Semanalmente se realizó control de peso vivo de todos los animales, a primera hora de la mañana, previo al racionamiento. El mismo día se realizó el control de alimento consumido, mediante pesada del alimento ofrecido y rechazado durante el período semanal.

Cuadro 1. Composición química de los alimentos utilizados (Base Seca).

Porcentaje	Maíz	Sorgo común	Sorgo bajo tanino	Silo grano húmedo de sorgo común	Silo grano húmedo de sorgo BT	Harina de soja
Materia Seca	87,92	83,97	85,58	64,61	70,65	85,86
% Base Seca						
Cenizas (*)	0,85	1,86	1,79	2,11	1,7	6,45
Proteína Cruda (*)	8,38	9,21	8,27	8,94	8,73	53,57
Fibra Detergente Neutro (*)	15,2	19,32	17,71	32,37	22,9	13,37
Extracto al Éter (*)	4,03	1,49	2,65	1,95	3,3	1,8
Energía Bruta (Mcal/kg) (**)	4,42	4,33	4,37	4,33	4,42	4,7
Taninos Condensados (***)		2,3	0,2	1,3	< 0,1	

(*) Análisis realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía.

(**) Estimado a partir de la composición química y el calor de combustión de las fracciones analíticas.

(***) Determinaciones realizadas en Laboratorio de Calidad de Granos de INIA-La Estanzuela.

Cuadro 2. Composición de la ración de recría.

Ingredientes (% base fresca)	T1	T2	T3	T4	T5
Maíz	69	—	—	31,32	34,6
Sorgo Bajo Tanino	—	68,5	—	—	—
Sorgo medio taninos	—	—	—	—	34,6
Silo grano húmedo sorgo Bajo Tanino	—	—	75,12	—	—
Silo grano húmedo sorgo medio taninos	—	—	—	42,62	—
Harina de soja	28	28,5	22,64	23,75	27,8
Núcleo concentrado	3	3	2,5	2,5	3
Costo por kg de ración (base 90 % MS) USD/kg	0,29	0,24	0,23	0,25	0,26
Composición química base seca (*)					
Materia seca %	87,52	87,76	73,6	77,78	86,89
Cenizas %	5,09	5,11	4,88	4,91	4,84
Proteína Cruda %	21,45	21,06	22,03	21,59	21,53
Fibra Detergente Neutro %	13,55	14,32	14,92	15,41	14,85
Extracto al Éter %	2,61	2,56	2,25	2,71	2,89
Energía Bruta Mcal/kg MS (**)	4,42	4,41	4,42	4,43	4,43
Energía Digestible Mcal/kg MS (***)	3,66	3,62	3,61	3,6	3,63

(*) Análisis realizado en el laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía.

(**) EB estimada a partir de composición química y calor de combustión de las fracciones.

(***) ED estimada a partir de la ecuación de Noblet (1993) ED Kcal/kg MS = 949 + 0,789 * EB - 43 * C - 41 * FDN.

Parámetros evaluados

Para cada etapa del periodo experimental (recría y terminación) y para el total del mismo se determinó:

- velocidad de crecimiento (ganancia diaria) en gramos/día, calculada como la relación entre los kg ganados y el tiempo requerido para realizar esta ganancia;
- consumo de alimento total y promedio diario de consumo; a los efectos de obtener información comparable entre tratamientos se realizó una corrección del alimento consumido a un valor estándar de 90 % de MS;
- índice de conversión del alimento: cantidad de alimento consumido (en base 90 % de MS) por kg de ganancia de peso;
- costo de alimentación por kg producido: calculado a partir de la composición química de cada ración experimental en base fresca, el costo de los alimentos dado por los valores publicados en el Boletín de Precios de la Cámara Mercantil de Productos del País (2016) y el

índice de conversión en base fresca para cada tratamiento.

Diseño experimental y análisis estadístico de los resultados

Se aplicó un diseño de parcelas al azar. La unidad experimental estuvo constituida por un animal alojado individualmente.

El modelo corresponde a una variable aleatoria con distribución normal, con la siguiente fórmula general:

$$\gamma_i = \mu + D_i + \varepsilon_{int}$$

siendo γ_i la variable de respuesta; μ la media poblacional; D_i el efecto del i ésimo nivel de inclusión de alimento en estudio; ε_{int} el error experimental.

Los resultados para cada uno de los parámetros en estudio y para cada etapa del periodo experimental fueron analizados estadísticamente mediante prueba F con nivel de precisión del 1 y del 5 %, realizando, en los casos de encontrar diferencias significativas, la comparación de me-

Cuadro 3. Composición de la ración de terminación.

Ingredientes (% base fresca)	T1	T2	T3	T4	T5
Maíz	76	—	—	34	38,1
Sorgo Bajo Tanino	—	75	—	—	—
Sorgo Medio Taninos	—	—	—	—	38,1
Silo grano húmedo sorgo BT	—	—	81,95	—	—
Silo grano húmedo sorgo Medio Taninos	—	—	—	46,06	—
Harina de soja	21,5	22,5	16,05	17,94	21,3
Núcleo concentrado	2,5	2,5	2	2	2,5
Costo por kg de ración (base 90 % MS) USD/kg	0,27	0,23	0,21	0,23	0,25
Composición química base seca (*)					
Materia seca %	88,38	86,32	73,26	75,78	86,9
Cenizas %	5,79	6,16	5,15	6,34	5,51
Proteína Cruda %	19,89	19,4	19,3	19,37	19,1
Fibra Detergente Neutro %	11,63	12,12	12,95	11,23	11,56
Extracto al Éter %	2,54	1,79	1,87	1,77	2,18
Energía Bruta Mcal/kg MS (**)	4,36	4,3	4,35	4,29	4,34
Energía Digestible Mcal/kg MS (***)	3,67	3,58	3,63	3,6	3,67

(*) Análisis realizado en el laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía.

(**) EB estimada a partir de composición química y calor de combustión de las fracciones.

(***) ED estimada a partir de la ecuación de Noblet (1992) $ED \text{ Kcal/kg MS} = 949 + 0,789 * EB - 43 * C - 41 * FDN$.

días mediante la prueba de mínimas diferencias significativas (MDS) a los mismos niveles de significación.

Resultados y discusión

La composición química de los alimentos utilizados (Cuadro 1) muestra que los granos secos se encuentran en los rangos normales de composición estandarizada para los mismos (de Blas, Mateos y García-Rebollar, 2010). El contenido de taninos condensados en el sorgo MTlo ubica dentro de la categoría de contenido «medio», representativo de los sorgos producidos comercialmente en Uruguay con destino a alimentación animal (Methol, 2016; Cuitiño y Vera, 2016) y es similar al utilizado por Bauza et al. (2016) en la determinación de aporte en nutrientes digestibles. Por su parte, el sorgo BT, proveniente de los cultivos realizados con destino a la elaboración de biocombustible para ALUR, presenta valores de composición química similares a los ya observados por Bauza et al. (2016) para la determinación de su aporte nutritivo.

La composición del silo de grano húmedo de sorgo BT fue similar a la del producto utilizado por Bauza et al. (2016), mientras que el silo de sorgo común presentó un contenido de humedad acorde a las recomendaciones de Scarpitta (2008) para lograr un producto con adecuado aporte de nutrientes y potencial de conservación. Como fue observado por Bauza et al. (2016) el silo de grano húmedo de sorgo presenta un contenido menor de taninos condensados que el grano seco del mismo sorgo, aspecto atribuible al efecto del proceso de fermentación ocurrido.

La conservación del silo de grano húmedo de sorgo, de medio o bajo tanino, durante siete días a temperatura ambiente, luego de retirado de las condiciones de anaerobiosis, no presentó dificultades particulares en los meses de primavera, pero se observó el inicio de procesos de alteración, como calentamiento y desarrollo de hongos, cuando la temperatura ambiente fue superior a los 20 °C, al transcurrir el periodo de almacenamiento. Con estas observaciones es posible concluir que, tal como lo señalaran Crenshaw et al. (1986) y Scarpitta (2008) este sistema de

Cuadro 4. Comportamiento productivo durante el ensayo (Media \pm Desvío Estándar) (*).

	T1	T2	T3	T4	T5	Valor de p
Etapas de recría (35-65 kg)						
Consumo diario (kg)	2,54 \pm 0,39	2,45 \pm 0,39	2,19 \pm 0,19	2,65 \pm 0,19	2,50 \pm 0,33	0,1078
Ganancia diaria (g)	786 \pm 75	771 \pm 79	672 \pm 88	738 \pm 87	806 \pm 45	0,3051
Índice de Conversión	3,24 \pm 0,32	3,26 \pm 0,51	3,28 \pm 0,30	3,64 \pm 0,54	3,10 \pm 0,29	0,2284
Etapas de terminación (65-105 kg)						
Consumo diario (kg)	2,98 \pm 0,19	2,93 \pm 0,16	2,74 \pm 0,14	2,91 \pm 0,26	2,97 \pm 0,34	0,3958
Ganancia diaria (g)	804 \pm 82	740 \pm 31	779 \pm 77	731 \pm 45	797 \pm 77	0,4878
Índice de Conversión	3,75 \pm 0,40	3,98 \pm 0,35	3,48 \pm 0,39	4,07 \pm 0,33	3,74 \pm 0,41	0,0936
Período total (35-105 kg)						
Consumo diario (kg)	2,67 \pm 0,15	2,71 \pm 0,23	2,46 \pm 0,11	2,79 \pm 0,15	2,74 \pm 0,31	0,0861
Ganancia diaria (g)	797 \pm 47	757 \pm 84	725 \pm 92	722 \pm 61	799 \pm 35	0,4632
Índice de Conversión	3,48 \pm 0,20	3,69 \pm 0,31	3,43 \pm 0,35	3,88 \pm 0,31	3,43 \pm 0,34	0,0726

(*) Los resultados de consumo y conversión se expresan en kg de alimento corregido al valor estandarizado de 90 % de materia seca.

conservación tiene un tiempo limitado de conservación luego de retirado del silo debiendo ser utilizado en un plazo no mayor a una semana luego de ser retirado de las condiciones de anaerobiosis.

Los resultados de comportamiento productivo en las tres etapas consideradas, que se presentan en el Cuadro 4 muestran que no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los parámetros evaluados para el período de crecimiento/engorde. Estos resultados son coincidentes con observaciones realizadas por otros autores, quienes afirman que el sorgo BT presenta un valor nutricional similar al grano de maíz, pudiendo sustituir totalmente este grano en raciones para cerdos en cualquier etapa de su crecimiento (D'Alessandro et al., 1997; Garín, Barlocco y D'Alessandro, 2007; Chicarelli, 2012). Se observó una tendencia a un menor consumo de MS del T3, que asociamos a su menor contenido en MS y que se refleja en la ganancia de peso diaria, al tiempo que tiende a mejorar el IC. A nivel de tendencias, la dieta en base a silo grano húmedo de sorgo BT presentó la mejor respuesta productiva, confirmando los resultados observados por Bauza et al. (2016) respecto a su elevado valor nutritivo. El silo de grano húmedo constituye una interesante opción de almacenamiento del grano de sorgo, especialmente en el caso del BT, ya que la cosecha del grano se realiza en un momento donde es menos sensible al ataque de pájaros

(Chessa, 2007; Chicarelli, 2012). Se reitera la observación acerca de las precauciones a tener con respecto al tiempo que se puede dejar transcurrir entre la extracción del alimento del silo y su suministro a los animales. Este sistema de conservación a su vez presenta la limitante de tener que ser utilizado en un plazo no mayor a una semana luego de ser retirado de las condiciones de anaerobiosis (Crenshaw et al., 1986; Scarpita, 2008).

Con respecto al sorgo de contenido medio de taninos, sea en forma de grano seco molido o silo de grano húmedo, puede sustituir hasta el 50 % del maíz en las dietas de recría y terminación para cerdos, sin que se vean afectados los parámetros productivos, coincidiendo con los resultados obtenidos Goodband y Tockach (2016) y Pan et al. (2016). El silo de grano húmedo de sorgo MT utilizado en este ensayo tiene mejores características de calidad que el utilizado por Bauza et al. (2016) pero de todos modos es el tratamiento que tuvo, a nivel de tendencia, peor respuesta productiva, aun utilizado sustituyendo 50 % del maíz, lo que lleva a poner en duda la conveniencia de su utilización como componente de dietas para cerdos en engorde. Contrariamente, dietas con sorgo MT presentado como grano seco molido, en sustitución del 50 % del maíz, permite obtener resultados similares a la dieta testigo. D'Alessandro et al. (1997), Garín, Barlocco y D'Alessandro (2007) y Bauza et al. (2016) observaron que cuando se utiliza el sorgo MT

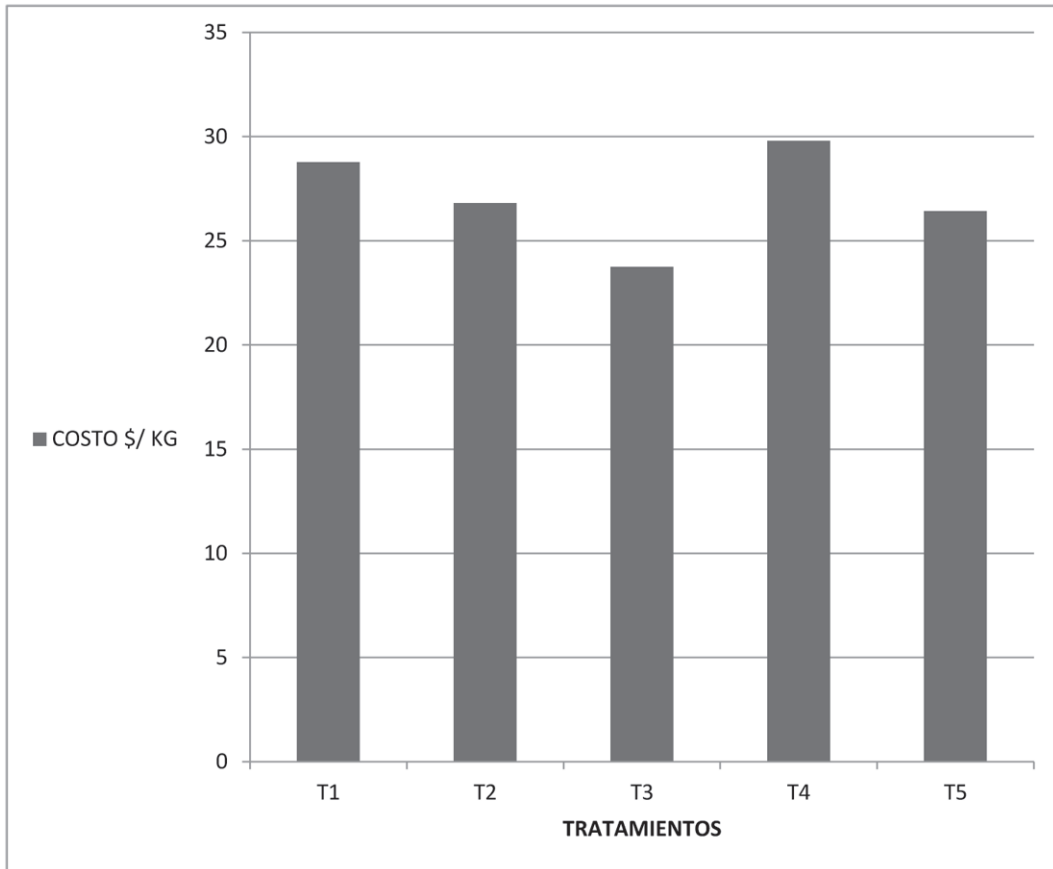


Figura 1. Costo de alimentación por tratamiento.

como único cereal en la dieta de cerdos, el aporte nutritivo se ve reducido con respecto al maíz, lo que les permitió concluir que no es conveniente su sustitución total.

El costo de alimentación por kg producido, que se presenta en la Figura 1, muestra que con las dietas en base a grano de sorgo BT se logra un mejor resultado económico que cuando se utiliza al maíz como cereal de base de la dieta, presentando el menor costo de alimentación la alternativa de dietas basadas en silo de grano húmedo. Por otra parte, el silo de grano húmedo de sorgo MT, se presenta como la opción menos conveniente del punto de vista del costo de alimentación. Finalmente, cuando se sustituye al 50% del maíz por grano de sorgo MT seco molido, el costo de alimentación no difiere de las dietas que utilizan sorgo BT presentado como grano seco molido, por lo que esta opción de alimentación representa una alternativa válida para aplicar en los sistemas productivos.

Conclusiones

No se presentaron diferencias en la respuesta productiva de cerdos cuando el grano de maíz fue sustituido por sorgo BT, tanto en forma de grano seco como de silo grano húmedo.

La sustitución del 50 % del maíz por sorgo MT, en forma de grano seco o ensilado grano húmedo en dietas para cerdos en engorde no afectó la respuesta productiva.

Las diferencias entre dietas se manifiestan en términos de los costos de alimentación por kg producido, dado el diferente precio de mercado de las materias primas.

El costo de alimentación de los cerdos recibiendo dietas en base a sorgo BT, presentado como grano seco o como ensilado grano húmedo fue inferior al de los que recibieron la dieta basada en grano de maíz.

El silo de grano húmedo de sorgo MT, sustituyendo al 50 % del maíz presentó la peor respuesta del punto de vista económico.

Agradecimientos

Sonia Valle y Gustavo Fernández, productores que nos facilitaron los silos de grano húmedo de sorgo utilizados.

Luis Macedo y Raquel Gaitán, responsables de la Sección Intendencia de Facultad de Agronomía, por su constante buena disposición en el apoyo a la ejecución del trabajo de campo

Daniel Villabona y personal de Sección Transportes de Facultad de Agronomía, que facilitaron el traslado de ingredientes y animales

Ing.Agr. Joaquín Iguiniz, técnico de ALUR que nos facilitó la provisión del sorgo de Bajo Tanino utilizado en el ensayo.

Bibliografía

- Araiza-Piña, A., Cervantes-Ramirez, M., Morales-Maldonado, A., Espinoza-Santana, S., Cervantes-Ramirez, M. y Torrentera-Olivera, N. (2003). Digestibilidad ileal aparente de aminoácidos en sorgo, maíz y trigo en dietas para cerdos en crecimiento. *Agrociencia*, 37, 221-229.
- Barros, F., Awika, J. M. y Rooney, L.W. (2012). Interaction of tannins and other sorghum phenolic compounds with starch and effects on in vitro starch digestibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 10, 11609-11617.
- Bauza, R., Barreto, R., Bratschi, C., Silva, D. y Tejero, B. (2016). Digestibilidad fecal aparente de partidas de sorgo con diferentes contenidos de taninos, sometidos a distintas tecnologías de procesamiento en cerdos. *Agrociencia*, 20(1), 79-89.
- Cámara Mercantil de Productos del País. (2016). Productos agrícolas: Cotizaciones en Uruguay. En *Boletín CMPP 9 de setiembre de 2016* (p. 8). Recuperado de www.camaramercantil.com.uy/docs/boletines/1f70357dda129abd50411202cbc2d42c.pdf
- Chalkling, D. y Brascesco, R. (2003). *Ensilaje de grano húmedo: Una alternativa promisorio*. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/28-ensilaje_grano_humedo.pdf
- Chessa, A. (2007). *La calidad del sorgo como alimento animal*. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/82-sorgo_taninos.pdf
- Chicarelli, D. (2012). *Uso de sorgo en alimentación porcina*. Recuperado de <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Produccion/Aspectos%20Nutricionales/Alimentacion%20de%20cerdos%20con%20sorgo%20granifero.pdf>
- Cousins, B. W., Tanksley, T. D., Knabe, D. A. y Zebrowska, T. (1981). Nutrient digestibility and performance of pigs fed sorghums varying in tannin concentration. *Journal of Animal Science*, 53, 1524-1537.
- Crenshaw, D. J., Peo, E. R., Lewis, A. J., Moser, B. D. y Crenshaw, T. D. (1984). The nutritional value of high moisture and reconstituted sorghum grain for swine. *Journal of Animal Science*, 58, 1222-1230.
- Crenshaw, D. J., Peo, E. R., Lewis, A. J. y Schneider, N. R. (1986). The effects of sorbic acid in high moisture sorghum grain diets on performance of weaning swine. *Journal of Animal Science*, 63, 831-837.
- Cuitiño, M. J. y Vera, M. (2016). Efecto de los taninos condensados en el rendimiento del sorgo granífero. *Revista INIA*, 44, 20-24.
- D'Alessandro, J., Barlocco, N., Peinado, M. R. y Garin D. (1997). *Digestibilidad, balance nitrogenado y energía de granos de sorgo alto y bajo en taninos en cerdos*. Trabajo presentado en Congreso Binacional de Producción Animal Argentina-Uruguay, Paysandú, Uruguay.
- de Blas, C., Mateos, G. G. y García-Rebollar, P. (2010). *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos* (3a ed.). Madrid: FEDNA.
- Fekete, J. y Castaing, J. (1987). Utilisation de sorgos a diferentes teneurs en tannins par le porcelet sevré. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 19, 327-332.
- Garin, D., Barlocco, N. y D'Alessandro, J. (2007). Digestibilidad de granos de cereales en cerdos en terminación. *Agrociencia*, vol. especial, 93-95.
- Giesemann, M. A., Lewis, A. J., Peo, E. R., Grabouski, H. A. y Danielson, A. D. (1992). Acid steeping of corn and grain sorghum: Effect on nutrient digestibility in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 37, 233-243.
- Goodband, B. y Tokach, M. (2016). *Feed value benefits of sorghum for swine*. Recuperado de http://www.sorghumcheckoff.com/assets/media/pdfs/2016_09_02_SwineFeedingGuide.pdf
- Grosjean, F. y Castaing, J. (1984). Comparaison de sorgos français a différents teneurs en tannins dans l'alimentation du porc charcutier. *Journées de la Recherche Porcine*, 18, 301-306.
- Kemm, E. H. y Brand, T. S. (1996). Grain sorghum as an energy source for growing pigs. *Pig News and Information*, 17(3), 87N-89N.
- Knabe, D. A. y Tanksley, T. D. (1982). Organic acid-preserved high moisture sorghum for growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 55, 745-751.
- Latorre, S. J. y Calderón, C. A. (1998). *Evaluación fisiológica y nutricional del efecto de los taninos en los principales sorgos graníferos (Sorghum bicolor (L) moench) cultivados en Colombia*. Bucaramanga: CORPOICA. Recuperado de http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/chataing/Cursos/productos_naturales/taninos_2.pdf
- Liu, S. Y., Selle, P. H. y Cowieson, A. J. (2013). Strategies to enhance the performance of pigs and poultry on sorghum-based diets. *Review. Animal Feed Science and Technology*, 181, 1-14.
- Method, M. (2016). Granos forrajeros: Situación y perspectivas. En *Anuario OPYPA 2015* (pp. 171-186). Montevideo: MGAP. Recuperado de http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/anuario_opypa_2015_final_chico.pdf
- Moreira, F. R. C., Costa, A. N., Martins, T. D. D., Silva, J. H. V., Cruz, G. R. B. y Pascoal, L. A. F. (2013). Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de matrizes suínas primíparas no período de puberdade e gestação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(3), 902-908.
- Myer, R. O. y Gorbet, D. W. (1985). Waxy and normal grain sorghums with varying tannin contents in diets for young pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 12, 179-186
- Myer, R. O., Gorbet, T. D. W. y Combs, G. E. (1986). Nutritive value of high- and low-tannins grain sorghums harvested and stored in the high-moisture state for growing-finishing swine. *Journal of Animal Science*, 62, 1290-1297.
- Noblet, J. (1993). Les systèmes d'appréciation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. *INRA Productions Animales*, 6, 105-115.
- NRC. (2012). *Nutrient requirements of swine* (11th ed.). Washington: National Academy Press.
- Pan, L., Li, P., Ma, X., Xu, Y., Tian, Q., Liu, L., ... y Piao, X. (2016). Tannin is a key factor in the determination and prediction of energy content in sorghum grains fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 94, 2879-2889.
- Scarpitta, N. (2008). ¿Qué necesitamos conocer sobre el silo de grano húmedo de sorgo? *Revista Plan Agropecuario*, 126, 48-54.
- Tokach, M., Goodband, B. y DeRouchey, J. (2012). *Sorghum in swine production feeding guide*. Recuperado de <http://texasorghum.org/wp-content/uploads/2011/09/Swine-Feeding-Guide.pdf>
- Ward, T. y Southern, L. (1995). Sorghum amino acid-supplemented diets for the 50 to 100 kilogram pigs. *Journal of Animal Science*, 73, 1746-1753.