

Digestibilidad fecal aparente de partidas de sorgo con diferentes contenidos de taninos, sometidos a distintas tecnologías de procesamiento en cerdos

Bauzá Roberto¹, Barreto Roberto¹, Bratschi Cecilia¹, Silva Dalel¹, Tejero Bruno¹

¹Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas. Uruguay. Correo electrónico: rbauza@fagro.edu.uy

Recibido: 3/2/15 Aceptado: 18/10/15

Resumen

Con el objetivo de determinar el aporte en nutrientes digestibles para cerdos de dos tipos de sorgo procesados por distintos métodos, se realizó una prueba de digestibilidad fecal aparente (DFA) con cerdos en recría. Se estudiaron seis dietas: T1: maíz molido (MM); T2: sorgo alto tanino (SAT) molido (SATM); T3: SAT extrusado (SATE); T4: silo de grano húmedo de SAT (SSAT); T5: sorgo de bajo tanino (SBT) molido (SBTM); T6: silo de grano húmedo de SBT (SSBT). Se utilizaron 18 cerdos, tres por tratamiento, con un peso promedio de 36,5 kg, alojados en jaulas de digestibilidad individuales. El periodo experimental comprendió siete días de acostumbramiento y cinco de recolección de heces. Se suministraron dos tomas diarias iguales, de una cantidad de materia seca equivalente el 6 % del peso metabólico corporal. Se realizó recolección total de heces. Se determinó la DFA de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y energía bruta (EB). Se estimó el aporte en base seca de Proteína Digestible y Energía Digestible. Los resultados de DFA de MS, MO, PC y EB, en porcentaje, fueron respectivamente, MM: 90,27; 90,18; 81,65; 89,74; SATM: 89,45; 89,29; 73,31; 88,96; SATE: 90,78; 90,64; 81,94; 91,24; SSAT: 83,58; 83,41; 49,11; 83,22; SBTM: 91,23; 91,09; 72,63; 90,83; SSBT: 93,16; 93,05; 83,55; 92,78. Se concluye que el SBTM, el SSBT y el SATE tienen un valor nutritivo equivalente al maíz.

Palabras clave: cerdos, digestibilidad fecal aparente, taninos condensados, sorgo extrusado, silo grano húmedo de sorgo

Summary

Fecal Apparent Digestibility of Sorghum's Batches with Different Tannin Contents and Subjected to Various Forms of Processing Technologies for Rearing Pigs

In order to determine the contribution in digestible nutrients for pigs of two types of sorghum processed by different methods, an experiment of apparent fecal digestibility (DFA) was performed with rearing pigs. Six diets were studied: T1: grounded corn (MM); T2: high tannin sorghum (SAT) grounded (SATM); T3: SAT extruded (SATE); T4: wet grain silo SAT (SSAT); T5: low tannin sorghum (SBT) grounded (SBTM); T6: wet grain silo SBT (SSBT). Eighteen pigs were used, three per treatment, with an average weight of 36.5 kg, housed in individual cages of digestibility. The experimental period comprised seven days of habituation and five days of collection. Two equal daily doses, for an amount of dry matter equivalent to 6 % of metabolic body weight were supplied. Total collection of feces was done. The DFA of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP) and gross energy (GE) was determined. Digestible Protein and Digestible Energy were estimated on a dry basis. The results of DFA of MS, MO, PC and EB, in percentage, were respectively MM: 90.27, 90.18, 81.65, 89.74; SATM: 89.45, 89.29, 73.31, 88.96; SATE: 90.78, 90.64, 81.94, 91.24; SSAT: 83.58, 83.41, 49.11, 83.22; SBTM: 91.23; 91.09; 72.63; 90.83; SSBT: 93.16, 93.05, 83.55, 92.78. It was concluded that the nutritional value of SBTM, the silage SSBT, and SATE extruded is equivalent to corn's.

Keywords: pigs, apparent fecal digestibility, tannin condensed, extruded sorghum, sorghum wet grain silo

Introducción

La utilización del maíz (*Zea mays*) para la elaboración de bioetanol ha llevado al alza de su precio a nivel internacional (Methol, 2013), afectando, como consecuencia, la rentabilidad de la porcicultura (Errea *et al.*, 2013). En este sentido, existe gran interés en encontrar alimentos alternativos, competitivos del punto de vista económico y de su respuesta biológica, entre ellos el sorgo.

El sorgo (*Sorghum bicolor*) se caracteriza por su tolerancia a condiciones ambientales desfavorables, como sequía y salinidad en los suelos (Liu *et al.*, 2013; Moreira *et al.*, 2013).

En Uruguay el cultivo de sorgo se realiza con dos objetivos: para grano seco y para silo de grano húmedo (Methol, 2013). El área destinada a grano seco, alcanzó 49 mil ha en la zafra 2012/2013, con una producción de 209 mil toneladas, comercializadas mayoritariamente en el mercado interno para elaboración de raciones y bioetanol (Methol, 2013). La producción destinada a silo de grano húmedo, utilizada por los propios productores para la alimentación de ganado lechero y novillos en feeds lots, en la zafra 2012/2013 se estimó en 116 mil ha, lo que hace un total de 165 mil ha destinadas al cultivo de sorgo y una producción total de 390 mil toneladas de grano (Methol, 2013). El precio del grano de sorgo en plaza es alrededor del 75-80 % del precio del maíz (Methol, 2013).

En el grano de sorgo el endosperma representa 84,2 %, fluctuando de acuerdo con las variedades y las condiciones ambientales (Porter, 1995; FEDNA, 2010a). Contiene 65 % de almidón (FEDNA, 2010a) constituido por 75 % de amilopectina y 25 % de amilosa, lo que le confiere una estructura de tipo vítrea. Existen variedades donde el almidón consiste en 100 % de amilopectina, por lo que presentan una estructura cerosa (Myer y Gorbert, 1985). El almidón se dispone en dos capas: una periférica de gránulos embebidos en una matriz proteica (endosperma córneo) y otra central sin matriz proteica (endosperma harinoso) (Huntington, 1997; Nyannor *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2013).

El contenido de paredes celulares del grano de sorgo es relativamente bajo, con 8 % de FDN y en esta 0,7 % de FDA (FEDNA, 2010a). El sorgo sintetiza cantidades importantes de taninos condensados, polímeros fenólicos de sabor astringente, asociados positivamente con atributos agronómicos pero negativamente a la calidad nutricional (Latorre y Calderón, 1998; FEDNA, 2010a) por su capacidad de formar complejos insolubles con la proteína del grano, las

enzimas digestivas y las proteínas endógenas, interfiriendo con la digestión (Porter, 1995; Latorre y Calderón, 1998; Nozella, 2001; Chicarelli, 2012).

Los sorgos se clasifican según su contenido en taninos en cultivares de bajo (entre 0,0 y 0,4 %), medio (0,4 a 1,0 %) y alto (1,0 a 10 %) (FEDNA, 2010a), observándose una tendencia mundial hacia la prevalencia de cultivares de bajo tanino (Chicarelli, 2012). En Uruguay se encuentran en proceso de evaluación y multiplicación 81 cultivares de sorgo, cuyo contenido en taninos varía de 0,1 % a más de 5 % (INIA e INASE, 2012).

El valor nutritivo del grano de sorgo se estima entre 87 y 97 % del maíz, no pudiendo establecerse una relación absoluta debido a la variabilidad de genotipos existentes (Rostagno *et al.*, 2005; Tokach *et al.*, 2012; Moreira *et al.*, 2013).

Existe una relación inversa entre el contenido de taninos, la digestibilidad y el aporte energético del sorgo (D'Alessandro *et al.*, 1997; FEDNA, 2010b). Por su parte, Grosjean y Castaing (1984), Macías *et al.* (2012) y Martínez *et al.* (2012) no encontraron diferencias de valor nutritivo entre el sorgo bajo tanino y el maíz, siendo ambos superiores a los sorgos de alto tanino.

El sorgo contiene 9,5-10,5 % de proteína cruda (PC), muy similar al maíz (Araiza-Piña *et al.*, 2003; Moreira *et al.*, 2013). Estas proteínas están constituidas en un 54 % por kafirina, una prolamina de baja solubilidad y digestibilidad (Ward y Southern, 1995; Nyannor *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2013). El primer aminoácido limitante en la proteína del sorgo es la lisina, seguido por la treonina y la metionina, a diferencia del maíz donde el tercer limitante es el triptófano (Eckert y Allee, 1974; Ward y Southern, 1995).

La digestibilidad de la MS y MO 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 (Fekete y Castaing, 1987; Kemm y Brand, 1996; D'Alessandro *et al.*, 1997; Garín *et al.*, 2007; Barros *et al.*, 2012). Se debe tener en cuenta que el 93 % de la digestión de la MO del sorgo se produce en el intestino delgado (Liu *et al.*, 2013).

La digestibilidad ileal estandarizada de los aminoácidos del sorgo es 6 a 10 % inferior a la del maíz (National Research Council, 1998; Araiza-Piña *et al.*, 2003; Tokach *et al.*, 2012). La baja digestibilidad ileal aparente es atribuida por Cousins *et al.* (1981) y D'Alessandro *et al.* (1997) al

incremento de la pérdida de proteína endógena asociada a la presencia de los taninos.

La digestibilidad del grano de sorgo puede ser mejorada mediante tecnologías de procesamiento (molienda, extrusado, fermentación) que ayudan a exponer los gránulos de almidón y la matriz proteica a la acción enzimática (Porter, 1995).

Mediante molienda se reduce el tamaño de partícula, obteniendo una respuesta cuadrática en la eficiencia alimenticia de cerdos, con un tamaño óptimo de 500 a 700 micras (Kemmer y Brand, 1996; Chicarelli, 2012; Tokach *et al.*, 2012), pudiendo aparecer problemas de úlceras gástricas con tamaños de partícula inferiores a las 400 micras (Chicarelli, 2012; Liu *et al.*, 2013).

Owsley *et al.* (1981) observaron que la digestibilidad ileal aparente de la MS, almidón, EB y N mejoraba significativamente a medida que se reducía el tamaño de partícula de 3,57 a 2,36 mm. Con respecto a la digestibilidad ileal de los aminoácidos, la mayoría presentaba un comportamiento similar, excepto la lisina, que no mostró diferencias entre grados de molienda. Se concluye que el principal efecto del menor tamaño de molienda sobre el valor nutritivo del sorgo se asocia a una mejor digestibilidad de la energía, ya que el valor proteico es poco modificado, al no variar la biodisponibilidad del primer aminoácido limitante.

El ensilado de grano húmedo de sorgo se realiza mediante la conservación en ambiente anaeróbico del grano cosechado con elevada humedad, entre 23 y 40 %, quebrado mediante rodillos, compactado y almacenado en bolsas de polietileno. Las condiciones de anaerobiosis permiten una reducción del pH, que se mantiene entre 4 y 4,5 (Chalking y Brasesco, 2003; Scarpitta, 2008).

En el ensilado la matriz proteica que rodea los gránulos de almidón se encuentra en forma discontinua, por lo que no constituye una barrera para el ataque enzimático (Montiel y Depetris, 2007). Por otra parte en el proceso de fermentación se produce hidrólisis de los taninos condensados reduciendo su capacidad de fijar proteínas (Myer *et al.*, 1986).

Como consecuencia se mejora la digestibilidad de la proteína y del almidón, obteniendo mayor respuesta en el caso de los sorgos con alto tanino (Myer *et al.*, 1986; Knabe y Tanksley, 1982; Patricio *et al.*, 2006). El ensilado de grano húmedo presenta como limitante el proceso de calentamiento y alteración que se inicia en un lapso de tres días luego del cese de las condiciones de anaerobiosis debido al desarrollo de hongos (Crenshaw *et al.*, 1986).

Un proceso similar al ensilado de grano húmedo es la «reconstitución», que consiste en el agregado de agua al grano seco para favorecer la ocurrencia de fermentaciones (Mitaru *et al.*, 1984). Su principal efecto involucra a los taninos condensados, debido a la liberación de oligómeros y pérdida de la actividad fijadora de proteínas, aumentando así su digestibilidad (Mitaru *et al.*, 1984; Crenshaw *et al.*, 1984; Myer *et al.*, 1986).

El proceso de extrusión consiste en la combinación de las acciones del agua presente en las materias primas, o eventualmente añadida, sometiendo el producto a condiciones de alta presión y temperatura por un corto período de tiempo (Braun, 2001). Al final del proceso, por la diferencia con la presión exterior se produce una expansión de la célula que resulta en la gelatinización de los gránulos de almidón y en el producto, que se vuelve esponjoso (Lon Wo, 2007). Por otra parte Alonso *et al.* (2000) observaron que el proceso de extrusado provoca hidrólisis de los taninos condensados de la arveja, reduciendo su contenido en 54 %. En el mismo sentido Kulps y Ponts (2000) y Kraler *et al.* (2014) reportan una reducción del contenido de fibra insoluble como resultado de la extrusión en granos de cereales.

La extrusión de los cereales mejora la accesibilidad para las enzimas digestivas y microbianas aumentando su aprovechamiento digestivo (Mills y Hines, 1993; Kim *et al.*, 2002; Gaviria Retrepo, 2008). También se mejora la utilización de la proteína, al provocar su desnaturalización favoreciendo la biodisponibilidad de los aminoácidos (FEDNA, 2010b). Mills y Hines (1993) y Liu *et al.* (2013) reportan una mejora debido al extrusado de 4,8 % en la eficiencia de utilización del alimento y de 15,7 % en la digestibilidad del N de dietas para cerdos en terminación.

El objetivo de este trabajo fue generar información sobre la utilización digestiva en cerdos en recría de dos tipos de muestras de sorgos graníferos diferenciados por el contenido taninos condensados, sometidos a diferentes tecnologías de procesamiento en relación con la digestibilidad del grano de maíz.

Materiales y métodos

El ensayo fue realizado en la Sala de Digestibilidad y Metabolismo ubicada en la Estación de Prueba de Porcinos de la Estación Experimental de Sayago de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (Montevideo, Uruguay) en el período comprendido entre octubre y noviembre de 2014. Este trabajo fue realizado en el marco

del Proyecto FPTA «Alternativas nutricionales al maíz como alimento para cerdos» con un protocolo experimental aprobado por la Comisión de Ética en el Uso de Animales y avalado por resolución N° 449 del Consejo de Facultad de Agronomía del 28/04/2014.

Se realizó una prueba de digestibilidad fecal aparente con cerdos en recría donde se evaluaron seis tratamientos:

- T1 (testigo): maíz molido (MM),
- T2: sorgo alto tanino grano seco molido (SATM),
- T3: sorgo alto tanino extrusado húmedo y molido (SATE),
- T4: sorgo alto tanino ensilado como grano húmedo (SSAT),
- T5: sorgo bajo tanino grano seco molido (SBTM),
- T6: sorgo bajo tanino ensilado como grano húmedo (SSBT).

Animales

Se utilizaron 18 cerdos machos castrados, híbridos terminales, obtenidos en un criadero comercial, cuyo peso vivo inicial fue de $36,3 \pm 3,2$ kg, que fueron asignados al azar a razón de tres animales por tratamiento.

Origen y características de los alimentos

El grano de maíz molido fue adquirido en una firma de plaza. El grano de sorgo AT fue adquirido en una cooperativa que elabora raciones, siendo posteriormente molido o sometido a extrusado húmedo.

El sorgo de bajo tanino fue obtenido de las partidas destinadas por Alur (Alcoholes del Uruguay) a la elaboración de bioalcohol, siendo sometido a molienda previo a su empleo en el ensayo.

Los ensilados de grano húmedo de sorgo con bajo y alto contenido de taninos fueron proporcionados por un productor lechero del departamento de San José. Las partidas a utilizar en el ensayo fueron retiradas semanalmente y mantenidas refrigeradas a 4° C hasta el momento de su suministro a los cerdos.

Se realizó determinación de la concentración de taninos condensados de los sorgos en el Laboratorio de Calidad de Granos de INIA La Estanzuela mientras que la composición química de los alimentos se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía. Los resultados se presentan en el Cuadro 1.

Alojamiento

Durante el periodo experimental los animales se ubicaron individualmente en jaulas de digestibilidad, en el interior de la sala de digestibilidad y metabolismo. Las jaulas, de dimensiones ajustables, contaban con comedero frontal tipo batea, bebedero automático tipo chupete, piso de rejilla, en la parte inferior bandejas para recolección de heces, y embudo para recolección de orina en un recipiente móvil (Figura 1).

Cuadro 1. Composición química de los alimentos utilizados.

| | MS % ¹ | C % ¹ | PC % ¹ | aFDNmo % ¹ | EE % ¹ | CHOs % ² | EBMcal/kg ³ | Taninos % ⁴ |
|-----------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Maíz | 100 | 1,39 | 10,12 | 14,67 | 3,36 | 71,85 | 4,51 | |
| | 87,92 | 1,22 | 8,90 | 12,90 | 2,95 | 63,17 | 3,96 | |
| Sorgo común molido | 100 | 2,02 | 9,49 | 15,73 | 2,70 | 70,06 | 4,47 | 0,60 |
| | 88,64 | 1,79 | 8,41 | 13,94 | 2,39 | 63,89 | 3,96 | |
| Sorgo común extrusado | 100 | 1,81 | 9,69 | 13,56 | 1,61 | 75,14 | 4,42 | 0,30 |
| | 89,35 | 1,62 | 8,66 | 12,12 | 1,44 | 67,14 | 3,95 | |
| Sorgo común ensilado | 100 | 1,77 | 6,95 | 14,21 | 1,75 | 77,09 | 4,38 | 0,40 |
| | 55,8 | 0,99 | 3,88 | 7,93 | 0,98 | 43,02 | 2,45 | |
| Sorgo BT molido | 100 | 0,95 | 7,59 | 6,27 | 4,66 | 81,48 | 4,54 | 0,10 |
| | 88,37 | 0,84 | 6,71 | 5,54 | 4,12 | 72,00 | 4,01 | |
| Sorgo BT ensilado | 100 | 1,88 | 9,33 | 6,47 | 2,52 | 81,68 | 4,46 | 0,10 |
| | 68,94 | 1,30 | 6,43 | 4,46 | 1,74 | 56,31 | 3,07 | |

¹Análisis realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía.

²Calculado por diferencia de la MS con el resto de las fracciones analíticas.

³Calculado por la sumatoria de los productos de la concentración de cada fracción por su correspondiente calor de combustión.

⁴Análisis realizado en el Laboratorio de Calidad de Granos de INIA La Estanzuela.



Figura 1. Jaula de digestibilidad.

Alimentación

En la etapa previa al periodo experimental la alimentación consistió en el suministro de una ración comercial de recría, ofrecida a voluntad. Durante todo el periodo experimental los animales recibieron exclusivamente el alimento correspondiente al tratamiento asignado, en las cantidades establecidas.

Manejo experimental

El periodo experimental se desarrolló durante 12 días, comprendiendo dos etapas: acostumbramiento y recolección. En la *etapa de acostumbramiento*, de siete días de duración, se llevaron a cabo los ajustes necesarios en las jaulas para lograr una adecuada contención de los animales, se definió el nivel de alimentación y se estabilizó el consumo diario de dieta experimental. En los primeros cuatro días se realizó alimentación a voluntad, controlando ofrecidos y rechazos diarios para determinar el consumo potencial. Al cuarto día, se determinó el consumo medio diario de materia seca (MS) por animal, que se expresó como porcentaje del Peso Metabólico Corporal ($PMC = PV^{0.75}$). Ese valor porcentual, promedio de todos los animales del ensayo, fue la base para fijar el suministro diario de alimento, evitando efectos secundarios sobre la digestibilidad dados por el plano nutritivo, como observaron De Haer y De Vries (1993) y Moter y Stein (2004). Aplicando este criterio, el suministro diario de materia seca se fijó en 6 % del PMC,

siendo ofrecido desde el día cinco del periodo de acostumbramiento hasta el final del periodo experimental.

Durante la *etapa de recolección*, de cinco días de duración, se suministró diariamente a cada animal una cantidad de alimento equivalente en MS al 6 % de su PMC, en dos tomas iguales a las 8:00 y 18:00 h. En caso de existir sobrante en algún comedero fue retirado en la mañana y pesado. Se realizó recolección diaria del total de heces excretadas por cada cerdo en la mañana, las que fueron pesadas y guardadas en bolsa de nylon, identificadas por animal, y mantenidas congeladas hasta la finalización del periodo de recolección. Se llevó registro diario por animal de las cantidades de alimento ofrecidas y rechazadas, así como de la excreción de heces.

Manejo de las muestras recolectadas

Al finalizar la etapa de recolección, las heces fueron descongeladas, mezcladas en una bandeja única por animal y secadas a 60 °C, luego pesadas y molidas, conformando así la muestra para su análisis en el Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía.

Determinaciones realizadas

En los alimentos y en las heces se determinaron: MS a 105 °C, Proteína Cruda (PC), Extracto al Éter (EE), Fibra Detergente Neutro (FDN) y Cenizas; por diferencia se obtuvo el contenido de Carbohidratos Solubles (CHOs) y de

Materia Orgánica (MO). La concentración de Energía Bruta (EB) por kg de MS se calculó a partir de las concentraciones y los calores de combustión de las distintas fracciones.

A partir de la información de las cantidades de alimento consumidas y de la composición química se estableció la cantidad total y diaria promedio consumida de: MS, PC, FDN, CHOs y EB. Del mismo modo, a partir de la cantidad de heces excretadas y de su composición química se determinó la excreción total y media diaria de las mismas fracciones.

Con esta información se realizó el cálculo de digestibilidad fecal aparente (DFA) de cada una de esas fracciones, por animal y promedio por tratamiento.

A partir de la composición química y el valor promedio de digestibilidad se calculó la concentración en Energía Digestible (ED) y Proteína Digestible (PD) para cada alimento.

Diseño estadístico

Parcelas al azar repetidas en el tiempo. La unidad experimental estuvo constituida por un animal.

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

$$\hat{Y}_i = \mu + A_i + T_i + \epsilon_{iat}$$

siendo:

\hat{Y}_i la variable de respuesta

μ la media poblacional

A_i el efecto del *i*ésimo alimento en estudio

T_i efecto del momento de ensayo

ϵ_{iat} el error experimental

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

Resultados y discusión

Características de los alimentos evaluados

El grano de maíz utilizado se corresponde con las características de composición química de un maíz amarillo de acuerdo a los valores estándares mencionados por Rostagno *et al.* (2005) y FEDNA (2010a), constituyendo un adecuado referente para la comparación del valor nutritivo de los sorgos.

No es posible identificar el cultivar de las partidas de sorgo utilizadas, dado que fueron adquiridos de lugares de acopio. Consideramos, sin embargo, que son muestras representativas de la producción existente en Uruguay.

El contenido de taninos condensados del sorgo que definimos AT lo ubica en la categoría de «contenido medio», tipo de sorgo que tiende a predominar a nivel mundial (Chicarelli, 2012).

El grano de sorgo extrusado proviene de la misma partida que el sorgo molido, sin embargo presenta diferencias en su composición química con una disminución relativa del contenido de FDN a favor de los CHOs y una reducción al 50 % de los taninos condensados. Ambos efectos se pueden explicar como resultado de la hidrólisis de estas fracciones provocada por el proceso de calentamiento y alta presión a que fueron sometidos, coincidiendo con lo reportado por Kulp y Ponts (2000) y Kraler *et al.* (2014) para la fibra y Alonso *et al.* (2000) para los taninos condensados.

El silo de grano húmedo de sorgo AT, si bien proviene de un origen distinto a los anteriores, se corresponde con el tipo de sorgo con contenido medio de taninos que prevalece en Uruguay. Su concentración en taninos condensados es inferior al del grano seco utilizado, aspecto que podríamos asociar al efecto de hidrólisis de los taninos producto del proceso de fermentación anaeróbica, tal como lo señalan Myer *et al.* (1986) y Alonso *et al.* (2000). Llama la atención el alto contenido de humedad de este silo, por encima de los valores recomendados por Chalkling y Brasesco (2003) y Scarpitta (2008), lo que estaría indicando que fue ensilado en forma anticipada sin haber completado su proceso de maduración. Sin embargo, constatamos que su estado de conservación era correcto, sin signos de calentamiento ni desarrollo de hongos.

Con respecto al grano de sorgo de bajo tanino, su composición se corresponde con el estándar que establecen Rostagno *et al.* (2005) y FEDNA (2010a) para este tipo de grano. El contenido de PC del sorgo BT utilizado es 1,5 % menor al maíz y al sorgo común, aspecto seguramente relacionado con el objetivo de este material, destinado a la obtención de bioalcohol combustible.

El ensilado de grano húmedo de sorgo BT presentaba un contenido de humedad acorde a lo recomendado por el Instituto Plan Agropecuario (Chalkling y Brasesco, 2003; Scarpitta, 2008) y su estado de conservación no mereció ningún tipo de reparo.

Resultados de digestibilidad

El consumo de las cantidades asignadas en los distintos tratamientos no presentó dificultades aunque en el caso de los silos de grano húmedo el consumo de alimento fresco fue mayor que en los granos secos, para igualar el aporte de MS diario. En el caso del extrusado, luego del molido de los pellets se obtuvo un producto pulverulento y esponjoso, que al comienzo del suministro generó alguna resistencia por los animales, hasta su adaptación, la que fue muy rápida, observación que ya habían realizado Acurero *et al.* (1991) trabajando con alimentos similares.

Los coeficientes de digestibilidad fecal aparente (Cuadro 2) de la MS y MO son similares, por lo que serán analizados en forma conjunta.

El sorgo de bajo tanino ensilado grano húmedo presentó el mayor coeficiente de digestibilidad de MS y MO ($P \leq 0,05$) con 93 % de DFA, siendo superior al grano de maíz, tomado como referente.

El sorgo BT molido y el sorgo AT extrusado presentaron una digestibilidad similar al maíz, del orden del 90-91 %, coincidiendo con lo observado por Gaviria Retrepo (2008). El sorgo AT molido presentó una digestibilidad por debajo de los anteriores, 89,5 % ($P \leq 0,05$), diferencia menor al 3 % indicado por la bibliografía como valor del sorgo con respecto al maíz (D'Alessandro *et al.*, 1997; Garin *et al.*, 2007).

El ensilado grano húmedo de sorgo AT presentó una digestibilidad de MS y MO significativamente menor ($P \leq 0,01$) al resto de los alimentos evaluados. Este aspecto contradice lo observado por Myer *et al.* (1986), Knabe y Tanksley (1982), Patricio *et al.* (2006), Montiel

y Depetris (2007) y Montiel *et al.* (2012), quienes señalan que el proceso de ensilado favorece la digestibilidad. La gran uniformidad entre repeticiones (coeficiente de variación = 1,5 %) nos permite sostener la validez de nuestras observaciones. Posiblemente nuestro resultado se deba al alto contenido de agua del silo utilizado, que implicó un mayor volumen de alimento fresco para igualar el consumo de MS, que se vio reflejado en una aceleración del tránsito intestinal y, por ende, un menor tiempo de contacto de la masa alimenticia con la secreción enzimática intestinal, como fue observado en el estudio de Acurero *et al.* (1991).

Con respecto a la DFA de la PC, ni el silo BT ni el sorgo AT extrusado presentaron diferencias con respecto al maíz ($P \leq 0,01$), mientras que los granos de sorgo molido AT y BT estuvieron por debajo de los anteriores ($P \leq 0,01$) sin diferencias entre ellos. Por su parte el silo grano húmedo AT presentó una digestibilidad de la proteína significativamente inferior ($P \leq 0,01$) al resto de los alimentos evaluados.

El efecto del extrusado y del BT ensilado es coherente con lo observado por Liu *et al.* (2013) quienes señalan 15,7 % de mejora en la digestibilidad del N producto del extrusado, y con los estudios de Myer *et al.* (1986) donde se observó que el silo de grano húmedo de sorgo BT tiene una digestibilidad 8 % superior al grano seco molido, indicando que estos procesos hidrolizan los enlaces de los taninos y de la kafirina, mejorando su utilización digestiva, que pasa a ser similar a la de la proteína del maíz.

Los granos de sorgo seco, molidos, ya fueran de bajo o alto tanino, presentaron un aprovechamiento digestivo menor de su proteína, lo que coincide con lo observado por diversos autores (Louis *et al.*, 1991; D'Alessandro *et al.*,

Cuadro 2. Resultados digestibilidad aparente por fracción.

| Tratamiento | T1 Maíz | T2 Sorgo AT | T3 Extrusado | T4 Silo AT | T5 Sorgo BT | T6 Silo BT |
|-------------|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| MS | 90,27 ± 0,65 ABb | 89,45 ± 1,06 Bb | 90,78 ± 0,98 ABab | 83,58 ± 1,27 Cc | 91,23 ± 1,48 ABab | 93,16 ± 2,16 Aa |
| MO | 90,18 ± 0,66 ABb | 89,29 ± 1,08 Bb | 90,64 ± 0,99 ABab | 83,41 ± 1,27 Cc | 91,09 ± 1,50 ABab | 93,05 ± 2,18 Aa |
| P C | 81,65 ± 1,89 A | 73,31 ± 4,30 B | 81,94 ± 1,09 A | 49,11 ± 3,70 C | 72,63 ± 3,92 B | 83,55 ± 3,08 A |
| Energía | 89,74 ± 0,78 ABb | 88,96 ± 0,95 Bb | 91,24 ± 0,88 ABab | 83,22 ± 1,33 Cc | 90,83 ± 1,26 ABab | 92,78 ± 1,94 Aa |
| FDN | 71,93 ± 3,36 Aa | 67,19 ± 2,71 Aa | 61,30 ± 4,20 ABb | 34,05 ± 1,85 Cc | 51,77 ± 8,12 Bb | 66,23 ± 9,43 Aa |

Aa: medias seguidas de subíndices distintos difieren estadísticamente $P \leq 0,01$ y $0,05$ respectivamente.

1997; Latorre y Calderón, 1998; Garín *et al.*, 2007). Esto se explica por el efecto de los taninos condensados y su interferencia en el acceso enzimático a las proteínas, y también por las características de la proteína del sorgo, la kafirina, cuyos enlaces disulfuro le confieren menor tasa de solubilización y por lo tanto de digestibilidad con respecto al maíz (Liu *et al.*, 2013).

En el caso del ensilado de AT, valen las mismas observaciones realizadas al analizar la DFA de MS y MO: los resultados obtenidos no se corresponden con las observaciones de otros autores (Myer *et al.*, 1986; Montiel y Depetris, 2007; Araiza-Piña *et al.*, 2003), aspecto que asociamos a una mayor tasa de pasaje y menor tiempo para la acción de las proteasas. La mayor tasa de pasaje también pudo afectar la excreción de proteínas endógenas, acentuando la pérdida de N e incidiendo en la DFA, como lo sostienen D'Alessandro *et al.* (1997) y Garín *et al.* (2007).

La digestibilidad de la energía, resultante de la digestibilidad del conjunto de fracciones orgánicas, sigue una tendencia similar. No se observaron diferencias en la DFA de la energía entre silo grano húmedo BT, sorgo molido BT, sorgo AT extrusado y el maíz, con valores en el rango de 90-93 %. El sorgo seco molido AT presentó una DFA de la ED inferior ($P \leq 0,05$) al silo BT, no difiriendo con respecto a T1, T3 y T5. Este comportamiento del sorgo AT coincide con los resultados obtenidos por Grosjean y Castaing (1984) y D'Alessandro *et al.* (1997). El silo grano húmedo de sorgo AT fue significativamente inferior ($P \leq 0,01$) al resto de los alimentos evaluados, con una DFA de 83,22 %, siendo válidas las mismas consideraciones realizadas a las DFA de MO, MS y PC. De todos modos, el valor de DFA observado está dentro del rango de 76,6 y 88,5 % reportado por Kemm y Brand (1996).

Concentración de proteína y energía digestibles

Los resultados se presentan en el Cuadro 3. La concentración de proteína digestible (PD) en base seca, resultante de la concentración de PC por su coeficiente de digestibili-

dad, permite agrupar tres categorías de alimentos: el maíz, el sorgo extrusado y el silo BT, con un aporte del orden de 8 % de PD; luego el sorgo grano molido seco, tanto AT como BT, con contenido en el eje del 6 % y finalmente nuestro sorgo AT silo grano húmedo con menos de 4 % de PD.

Nuestros resultados, excepto para el caso de silo grano húmedo de sorgo AT, son similares a los observados por otros autores, como Lin *et al.* (1987), D'Alessandro *et al.* (1997), Araiza-Piña *et al.* (2003), Garín *et al.* (2007), Nyannor *et al.* (2007). Hacemos notar que el sorgo BT grano seco, si bien presenta una digestibilidad similar de la PC que el silo BT, el extrusado y el maíz, por su menor contenido de PC presenta un menor aporte proteico. En tal sentido debemos tener en cuenta que se trata de cultivares cuyo destino es la elaboración de bioalcohol, donde lo que interesa es su aporte en carbohidratos fermentescibles, no siendo seleccionados para su utilización en alimentación animal.

Con respecto a la concentración en ED en base seca, el sorgo BT en sus dos formas de suministro y el extrusado presentan un aporte similar al maíz, mientras que el grano seco AT realiza un aporte menor, siendo aun menor en el caso del ensilado grano húmedo. Sin embargo el aporte del grano seco, asociado al contenido de taninos, no sigue la relación que señala la ecuación desarrollada por FEDNA (2010b), donde su aplicación en el caso de nuestra muestra arroja un valor de 3,75 Mcal/kg.

Valor nutritivo con respecto al grano de maíz

Cuando comparamos el valor nutritivo de los alimentos evaluados con respecto al grano de maíz (Figura 2) observamos que el sorgo AT extrusado y el silo grano húmedo BT presentan prácticamente un aporte similar, resultados coincidentes con lo reportado por Macías *et al.* (2012) y Martínez *et al.* (2012). El proceso de extrusado implica un costo extra, que deberá ser tenido en cuenta al momento de decidir su utilización.

Cuadro 3. Concentración de proteína y energía digestible en base seca y fresca.

| Tratamiento | T1 Maíz | T2 Sorgo AT | T3 Extrusado | T4 Silo AT | T5 Sorgo BT | T6 Silo BT |
|------------------------|------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|---------------|
| PD BS % | 8,28 | 6,96 | 7,94 | 3,41 | 5,51 | 7,80 |
| PD BF % | 7,26 | 6,17 | 7,09 | 1,90 | 4,87 | 5,37 |
| ED Mcal/kg de MS | 3,99 | 3,90 | 3,96 | 3,59 | 4,09 | 4,06 |
| ED Mcal/kg de alimento | 3,51 | 3,46 | 3,54 | 2,00 | 3,61 | 2,80 |

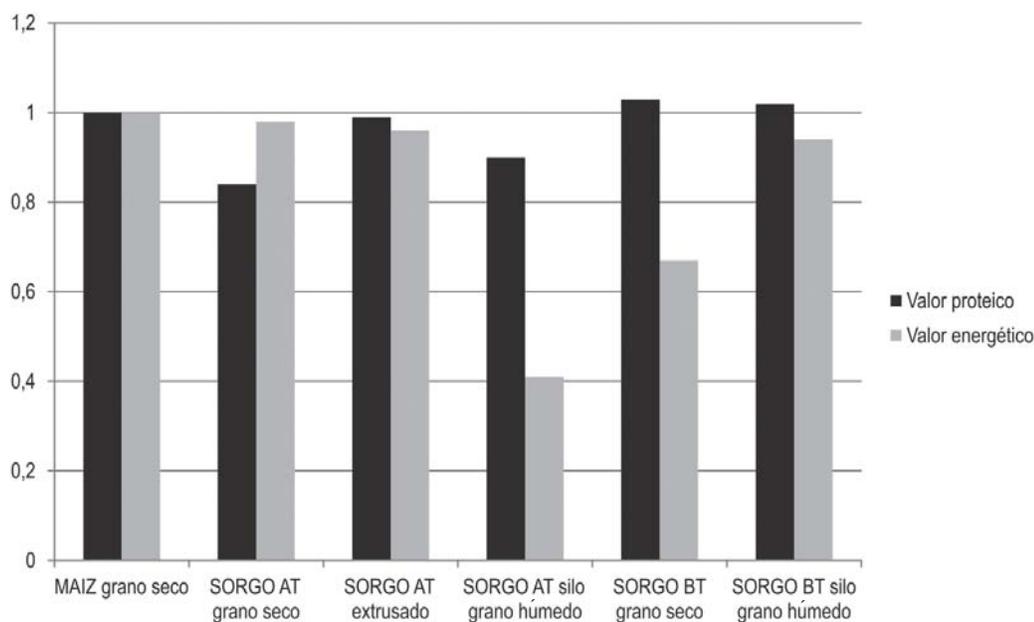


Figura 2. Valor nutritivo con respecto al grano de maíz.

Considerando que el grano de sorgo tiene un precio de venta del 75 % de el del maíz, se puede plantear seriamente la posibilidad de su reemplazo por grano seco AT. Como lo señalan Moreira *et al.* (2013) se debe ser muy prudente en la generalización de algunas conclusiones con respecto al sorgo con alto contenido de tanino, debido a la gran variabilidad en la composición entre cultivares. Para tener una respuesta definitiva sobre la factibilidad de esta sustitución se deberán realizar estudios complementarios de respuesta animal durante el periodo de engorde. Se debe tener en cuenta que el valor nutritivo no sólo depende de la digestibilidad, sino también del valor biológico de su proteína, aspecto por el cual el sorgo es señalado por tener un valor inferior al maíz, por las características de su principal proteína, la kafirina, como lo señalan Nyannor *et al.* (2007) y Liu *et al.* (2013). Se recomienda realizar un estudio complementario al presente, mediante una prueba de respuesta productiva en el periodo de recría-terminación.

Conclusiones

La digestibilidad fecal aparente del grano de sorgo de bajo tanino es similar a la del grano de maíz, siendo el aporte en ED similar entre ambos alimentos.

El aporte nutritivo del grano de sorgo AT molido fue un 3 % inferior al grano de maíz, aspecto que podría ser compensado por su menor costo relativo.

El proceso de extrusado del sorgo de alto tanino tiene un efecto favorable sobre su valor nutritivo, haciendo que su aporte sea similar al grano de maíz.

El proceso de ensilado grano húmedo del sorgo tiene un efecto favorable sobre su digestibilidad, no presentando problemas en su aceptación por los cerdos, realizando en el tipo de bajo tanino un aporte energético y proteico ligeramente superior al grano de maíz.

El ensilado de grano húmedo de sorgo alto tanino utilizado en este experimento realizó un aporte nutritivo inferior al maíz y al resto de los sorgos evaluados, confirmando la importancia del grado de madurez fisiológica del grano para realizar el ensilado.

Agradecimientos

Hugo Martiniena, productor de cerdos que proporcionó los cerdos utilizados en la prueba. Gustavo Fernández y Sonia Valle, productores que aportaron los silos grano húmedo de sorgos utilizados en el ensayo. Dr. Forrisi y E. Gancedo, titulares de El Tezón, empresa que realizó el extrusado del sorgo AT. Ings. Agrs. F. Rodríguez, J. Iríñiz, técnicos de Alur que facilitaron la obtención del grano de sorgo BT utilizados. Ing. Agr. Osvaldo Pérez (INIA La Estanzuela), que nos facilitó contactos e información para la obtención de los granos de sorgo en estudio. Dr. Daniel Vázquez y personal del laboratorio de Calidad Industrial de Granos de INIA La Estanzuela, donde se realizaron las determinaciones de contenido de taninos.

Personal del Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía, donde se realizaron los análisis de las muestras de alimentos y heces. Gustavo Oliveras, funcionario del Departamento de Producción Animal y Pasturas de Facultad de Agronomía, por su participación en el trabajo de campo del ensayo.

Bibliografía

- Acurero G, Alvarado L, Alvarez R, Capó E, Garbati S. 1991. Determinación de los coeficientes de digestibilidad in vivo de las harinas de batata y de yuca y del sorgo en cerdos. *Zootecnia Tropical*, 9(2): 145-163.
- Alonso R, Grant G, Dewey P, Marzo I. 2000. Nutritional assesment in vitro and in vivo of raw and extruded peas (*Pisum sativum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 2286-2290.
- Araiza-Piña A, Cervantes-Ramirez M, Morales-Maldonado Espinoza-Santana S, Cervantes-Ramirez M, 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 JM, Rooney LW. 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.
- Braun RO. 2001. Utilización del grano de sorgo tratado por procesos hidrotérmicos en dietas destinadas al crecimiento y engorde de cerdos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 9(Supl. 1): 1521-1525.
- Chalkling D, Brasesco R. 2003. Ensilaje de grano húmedo: una alternativa promisoría [En línea]. En: Sitio Argentino de producción Animal. Consultado diciembre 2014. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/28-ensilaje_grano_humedo.pdf.
- Chicarelli D. 2012. Uso de sorgo en alimentación porcina [En línea]. En: Simposio de sorgo de AIANBA. Consultado 21 octubre 2015. Disponible en: <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Produccion/Aspectos%20Nutricionales/Alimentacion%20de%20cerdos%20con%20sorgo%20granifero.pdf>.
- Cousins BW, Tanksley TD, Hnabe DA, Zebrowska T. 1981. Nutrient digestibility and performance of pigs fed sorghums varying in tannin concentration. *Journal of Animal Science*, 53: 1524-1537.
- Crenshaw JD, Peo ER, Lewis AJ, Moser BD, Crenshaw TD. 1984. The nutritional value of high moisture and reconstituted sorghum grain for swine. *Journal of Animal Science*, 58: 1222-1230.
- Crenshaw, JG, Peo ER, Lewis AJ, Schneider NR. 1986. The effect of sorbic acid in high moisture sorghum grain diets on performance of weanling swine. *Journal of Animal Science*, 63: 831-837.
- D'Alessandro J, Barlocco N, Peinado MR, Garin D. 1997. Digestibilidad, balance nitrogenado y energía de granos de sorgo alto y bajo en taninos en cerdos [En línea]. En: Memorias 1 Congreso Binacional de Producción Animal Argentina-Uruguay; 21 Congreso Argentino y 2º Congreso Uruguayo; 1997; Paysandú, Uruguay. Consultado octubre 2014. Disponible en: http://www.upc.edu.uy/nutricion?download=31:dalessandro-y-col_1997.pdf.
- De Haer LCM, De Vries AG. 1993. Feed intake patterns of and feed digestibility in growing pigs housed individually or in groups. *Livestock Production Science*, 33(1-3): 277-292.
- Eckert TE, Allee GH. 1974. Limiting amino acids in milo for the growing pig. *Journal of Animal Science*, 39: 694-698.
- Errea E, Souto G, Ruiz M. 2013. Cadena Porcina : análisis de competitividad y temas tecnológicos prioritarios : Informe de Consultoría. Montevideo : INIA. 92p.
- FEDNA. 2010a. Ingredientes para piensos (Tablas FEDNA 2010) [En línea]. Consultado noviembre 2014. Disponible en: <http://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>.
- FEDNA. 2010b. Sorgo blanco (bajo en taninos < 0,4 %) [En línea]. Consultado noviembre 2014. Disponible en: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/sorgo-blanco-procesado-por-calor.
- Fekete J, Castaing J. 1987. Utilisation de sorghos a différents teneurs en tannins par le porcelet sevré. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 19: 327-332.
- Garin D, Barlocco N, D'Alessandro J. 2007. Digestibilidad de granos de cereales en cerdos en terminación. *Agrociencia*, 9(1-2): 93-95.
- Gaviria Retrepo JC. 2008. Importancia del tratamiento de las materias primas [En línea]. Consultado setiembre 2014. Disponible en: <http://www.agrolerra.com/blog/profesionales/importancia-del-tratamiento-de-las-materias-primas/75774>.
- Grosjean F, Castaing J. 1984. Comparaison de sorghos français a différents teneurs en tannins dans l'alimentation du porc charcutier. *Journées de la Recherche Porcine*, 18: 301-306.
- Huntington GB. 1997. Starch utilization by ruminants : from basics to bunk. *Journal of Animal Science*, 75: 852-867.
- INIA, INASE. 2012. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de sorgo granifero : Período 2011 [En línea]. Colonia : Evaluación de Cultivares. 41p. Consultado octubre 2013. Disponible en: http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inial/Evaluacion_CV/Ano2011PubSorgo/GraniferoPeriodo2011.pdf.
- Kemm EH, Brand TS. 1996. Grain sorghum as an energy source for growing pigs. *Pig News and Information*, 17(3): 87N-89N.
- Kim IH, Hancock JD, Kim JH, Kennedy GA, Hines RH, Behnke KC, Nichols DA. 2002. Processing procedures and feeding systems for sorghum-based diets given to lactating sows. *Animal Science*, 15: 1186-1190.
- Knabe DA, Tanksley TD. 1982. Organic acid-preserved high moisture sorghum for growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 55: 745-751.
- Kraler M, Schedele K, Domig KJ, Heine D, Michimayr H, Kneifer W. 2014. Effects of fermented and extruded wheat bran on total tract apparent digestibility of nutrients, minerals and energy in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 197: 121-129.
- Kulps K, Ponts JG. 2000. Handbook of cereal Science and Technology. 2a ed. Nueva York : Marcel Dekker. 795p.
- Latorre SJ, Calderon CA. 1998. Evaluación fisiológica y nutricional del efecto de los taninos en los principales sorghos graniferos (*Sorghum bicolor*(L) moench) cultivados en Colombia. Bucaramanga : CORPOICA. 170p. Consultado 21 octubre 2015. Disponible en: http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/chataing/Cursos/productos_naturales/taninos_2.pdf.
- Lin FD, Knabe DA, Tanksley TD. 1987. Apparent digestibility of amino acids, gross energy and starch in corn, sorghum, wheat, barley, oat groats and wheat middlings for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 62: 1655-1665.
- Liu SY, Selle PH, Cowieson AJ. 2013. Strategies to enhance the performance of pigs and poultry on sorghum-based diets : Review. *Animal Feed Science and Technology*, 181: 1-14.
- Lon Wo E. 2007. Procesos tecnológicos para elevar el valor nutritivo de los alimentos [En línea]. En: Curso Pre-evento al IX Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos; 2007; Montevideo, Uruguay. pp. 41-48. Consultado 12 abril 2016. Disponible en: <http://www.upc.edu.uy/index.php/ix/category/20-curso-pre-evento-i>.

- Louis GF, Lewis AJ, Peo ER. 1991. Feeding value of grain sorghum for the lactating sow. *Journal of Animal Science*, 69: 223 - 229.
- Macías M, Díaz C, Martínez O. 2012. Digestibilidad y flujo de digesta ileal en cerdos alimentados con granos de sorgo rojo en la dieta [En línea]. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 13 (6): 1-7. Consultado 21 octubre 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63624434003>.
- Martínez O, Macías M, Díaz C. 2012. Digestibilidad y flujo de digesta ileal en cerdos alimentado con harina de granos de sorgo en la dieta. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 19(3): 158 -160.
- Methol M. 2013. Maíz y sorgo : situación y perspectivas. En: Anuario OPYPA 2013. Montevideo : MGAP. pp. 181 - 198.
- Mills CG, Hines RH. 1993. Extrusion of sorghum grain and soybeans for lactating sows [En línea]. Kansas State University. pp. 13 - 16. Consultado 21 octubre 2015. Disponible en: <http://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/3360>.
- Mitaru BN, Reichert RD, Blair R. 1984. Nutritive value of reconstituted sorghum grains for weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 58(5): 1211-1215.
- Montiel MD, Elizalde JC, Santini F, Giorda L. 2012. Desactivación de taninos en grano húmedo de sorgo con polietilenglicol o urea. *Archivos de Zootecnia*, 61: 235 - 234.
- Montiel MD, Depetris G. 2007. Silos de grano húmedo de sorgo [En línea]. *Producir XXI*, 15(183): 20 - 24. Consultado 21 octubre 2015. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/80-grano_sorgo_humedo.pdf.
- Moreira C, Costa AN, Martins TDD, Silva JHV, Cruz GRB, Pascoal LAF. 2013. Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de matrizes suínas primíparas no períodos de puberdade e gestação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(3): 902- 908.
- Moter V, Stein HH. 2004. Effect of feed intake on endogenous losses and amino acid and energy digestibility by growing pigs. *Journal of Animal Science*, 82(12): 3518 -3525.
- Myer RO, Gorbert DW. 1985. Waxy and normal grain sorghums with varying tannin contents in diets for young pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 12: 179 -186.
- Myer RO, Gorber DW, Combs GE. 1986. Nutritive value of high and low- tannin grain sorghums harvested and stored in the high-moisture state for growing-finishing swine. *Journal of Animal Science*, 62: 1290-1297.
- Nozella FE. 2001. Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para FR ruminantes [En línea. Dissertação mestrado]. Piracicaba : USP. 58p. Consultado 21 octubre 2015. Disponible en: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64132/tde-11052003-084625/pt-br.php>.
- National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10a ed. Washington : National Academic Press. 192p.
- Nyannor EJ, Adedokun SA, Hamaker BR, Ejeta G, Adeola O. 2007. Nutritional evaluation of high-digestible sorghum for pigs and broiler chicks. *Journal of Animal Science*, 85: 196-203.
- Owsley WF, Knabe DA, Tanksley TD. 1981. Effect of sorghum particle size on digestibility of nutrient at the terminal ileum and over the total digestive tract of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 52: 557- 566.
- Patricio VM, Furlan AC, Moreira I, Martins EN, Jobim CC, Costa C. 2006. Avaliação nutricional da silagem de grãos úmidos de sorgo de alto ou de baixo conteúdo de taninos para leitões na fase de creche. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35: 1406 - 1415.
- Porter K. 1995. El color del sorgo granífero y su relación con el valor de comercialización y con su valor nutritivo [En línea]. Consultado octubre 2015. Disponible en: http://www.maizar.org.ar/documentos/287_elcolordelsorgograniferosurelacionnelvalordecomercializacinyconsuvalornutritivo..pdf.
- Rostagno HS, Albino LF, Donzele JL Gomez PC, de Oliveira F, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SL. 2005. Tabelas brasileiras para aves e suínos : composição de alimentos e exigências nutricionais. 2a ed. Viçosa, MG : UFV. 186p.
- Tokach M, Goodband B, DeRouchey J. 2012. Sorghum in swine production feeding guide [En línea]. 28p. Consultado 21 octubre 2015. Disponible en: <http://sorghumcheckoff.com/wp-content/uploads/2012/06/swineguideforweb.pdf>.
- Scarpitta N. 2008. ¿Qué necesitamos conocer sobre el silo de grano húmedo de sorgo? *Revista Plan Agropecuario*, 126: 48- 54.
- Ward TL, Southern LL. 1995. Sorghum amino acid-supplemented diets for the 50 to 100 kilogram pig. *Journal of Animal Science*, 73: 1746-1753.