

Aporte nutritivo de dietas para cerdos incluyendo sorgo BT, arveja forrajera y expeller de canola

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

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

Recibido:24/07/2016 - Aceptado: 19/04/201

Resumen

En una prueba de digestibilidad fecal aparente (DFA) y metabolismo proteico con cerdos en recría se estudiaron seis dietas isoproteicas e isoenergéticas difiriendo en sus componentes: T1 (testigo): maíz y harina de soja (HS); T2: maíz + 11 % de HS, 23 % arveja (A) + 12,5 % expeller canola (C); T3: maíz + 5 % de HS + 30 % A + 16,3 % C; T4: sorgo bajo tanino (BT) + HS; T5: sorgo BT + 13 % de HS + 13,5 % A + 15 % C; T6: sorgo BT + 5 % de HS + 35 % A + 15,3 % C. Se utilizaron cuatro cerdos por tratamiento, con un peso promedio de 43,43 kg, alojados en jaulas de digestibilidad individuales. El periodo experimental comprendió siete días de acostumbramiento y cinco de recolección. El nivel de consumo se estableció para realizar un aporte de 2,4 veces el requerimiento energético para mantenimiento. Se realizó recolección total de heces y orina. Se determinó la DFA de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y energía bruta (EB), así como el valor biológico aparente de la proteína (VB) y el valor proteico neto aparente (VPN) de las dietas. Las dietas con sorgo BT fueron superiores en DFA de la MS y EB. No se observaron diferencias de valor proteico entre dietas. Se concluye que es posible sustituir la totalidad del maíz por sorgo BT en dietas para cerdos, y que la combinación de arveja forrajera y expeller de canola puede remplazar hasta 83 % de la harina de soja manteniendo los niveles de lisina y aminoácidos azufrados, sin afectar su aporte nutritivo.

Palabras clave: cerdos, digestibilidad y metabolismo proteico, sorgo bajo tanino, arveja forrajera, expeller de canola

Nutritional Value of Diets for Pigs Including BT Sorghum, Peas and Canola Expeller

Summary

In a test of fecal apparent digestibility (FAD) and protein metabolism in rearing pigs six isoproteic and isocaloric diets with different components were studied: T1 (control): corn and soybean meal (SM); T2: corn + 11 % of SM + 23 % peas (P) + 12,5 % canola expeller (C); T3: corn + 5 % of SM + 30 % P + 16,3 % C; T4: low tannin (LT) sorghum + SM; T5: LT sorghum + 13 % of SM + 13,5 % P + 15 % C; T6: LT sorghum + 5 % of SM + 35 % P + 15,3 % C. Four pigs per treatment, with an average weight of 43.43 kg, housed in individual digestibility cages were used. The experimental period comprised seven days of habituation and five days of collection. The consumption level was established to make a contribution of 2.4 times the energy requirement for maintenance. Total collection of feces and urine was performed. We determined the FAD of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP) and gross energy (GE) as well as the apparent biological value of the protein (VB), and the apparent net protein value (NPV) of diets. LT sorghum diets were higher in FAD of the MS and EB. There were no differences in protein value between diets. We concluded that it is possible to totally replace the corn by LT sorghum in diets for growing pigs, and that the combination of peas and canola expeller can replace up to 83 % of the soybean meal maintaining the levels of lysine and sulfur amino acids, without affecting its nutritional contribution.

Keywords: pigs, digestibility and protein metabolism, low tannin sorghum, peas, canola expeller

Introducción

Las variaciones en los precios internacionales del maíz y la soja tienen repercusiones en los costos de alimentación de los cerdos en Uruguay, existiendo un permanente interés en la identificación y evaluación de alternativas nutricionales a estos alimentos clásicos. Un sustituto al maíz es el sorgo, un cultivo menos exigente en suelos y en aporte hídrico. La producción de sorgo uruguayo es destinada mayoritariamente al mercado interno, habiéndose cultivado en el año 2015 unas 136 mil ha, de las cuales se realizan 30 mil ha de sorgo bajo tanino por contrato con la empresa ALUR y 54 mil ha destinadas a elaboración de silos de grano húmedo para utilizar en predios lecheros (Methol, 2016). La producción total de sorgo en el año 2015 fue 491 mil t, similar a la de maíz para esa zafra, estimada en 497 mil t (Methol, 2016). El sorgo sintetiza taninos condensados (FEDNA, 2010), un complejo de polímeros fenólicos que actúan como protectores al ataque de pájaros y hongos (Latorre y Calderón, 1998; Cuitiño y Vera, 2016). Las variedades con alto tanino están siendo remplazadas en muchas partes del mundo por las que poseen menos de 0,4 % de taninos condensados (Fekete y Castaing, 1987; FEDNA, 2010). En Uruguay predominan los sorgos con contenidos medios de taninos condensados (entre 0,4 y 1,0 %) existiendo algunos cultivares de bajo tanino (BT), en su mayoría destinados a la elaboración de bioalcohol (Cuitiño y Vera, 2016). También se observa un aumento en el área de cultivo de sorgo BT destinado a silo de grano húmedo para la alimentación del ganado lechero.

Los cultivares de sorgo BT presentan menor rendimiento a la cosecha atribuible a daños por factores climáticos y pérdidas por consumo de aves (Cuitiño y Vera, 2016). Los taninos condensados tienen como desventaja sus efectos negativos sobre la utilización del grano por los monogástricos, pudiendo disminuir hasta un 30 % la eficiencia alimentaria (D'Alessandro et al. 1997; Garín, Barlocco y D'Alessandro, 2007; Chessa, 2015).

Los sorgos BT se caracterizan por su mayor valor nutritivo, sin diferencias con el maíz, siendo ambos netamente superiores a los sorgos con alto contenido de taninos (Cousins et al., 1981; Grosjean y Castaing, 1984; Louis, Lewis y Peo, 1991; Macías, Díaz y Martínez, 2012; Martínez, Macías y Díaz, 2012; Bauza et al., 2016).

La proteína del sorgo posee 54 % de kafirina, una proteína de baja digestibilidad, debido a la presencia de cisteínas que forman puentes disulfuros, insolubles (Nyannor et al., 2007; Liu, Selle y Cowieson, 2013). Bauza et al. (2016) determinaron que la digestibilidad fecal aparente (DFA) para

cerdos de la proteína del sorgo, de contenido medio o bajo de taninos, presentado como grano seco molido, fue inferior a la del maíz, mientras que no presentó diferencias luego de un proceso de extrusado o de ensilado como grano húmedo. Esto confirma las observaciones de que a menos que se produzca la ruptura de los enlaces disulfuro, mediante procesos de fermentación o extrusado, la digestibilidad de la kafirina afecta negativamente el valor proteico del sorgo (Louis, Lewis y Peo, 1991; Nyannor et al., 2007; Garín, Barlocco y D'Alessandro, 2007; Tokach, Goodband y DeRouchey, 2012; Liu, Selle y Cowieson, 2013).

La canola (CANadian Oil Low Acid) o Colza 00 es un derivado de la colza (*Brassica napus* y *Brassica campestris*) con bajos niveles de ácido erúxico y glucosinatos (Hickling, 2001; Maupertuis et al., 2011; Maison y Stein, 2014). En Uruguay la canola se produce con destino a la elaboración de biodiesel. Souto y Rava (2016) estiman para la zafra 2015/2016 una superficie cultivada de 27 mil has y una producción de 45-50 mil toneladas, de las que se obtienen 25-30 mil toneladas de expeller.

La extracción de aceite para elaboración de biodiesel se realiza mediante presión, sin calentamiento previo, dando un expeller con mayor contenido de lípidos y menor proporción de proteína cruda, aunque de mayor valor biológico (Lanero et al., 2012; Maison y Stein, 2014; Messerschmidt et al., 2014).

El expeller de canola es clasificado como «alimento proteico» con un contenido de proteína cruda de 33-38 % (Hickling, 2001; Berti, 2009; FEDNA, 2010) y 4-10 % de lípidos residuales, ricos en ácidos oleico y linoleico (FEDNA, 2010).

Normalmente en la extracción del aceite no se realiza decortado de la semilla y el expeller contiene 30 % de cáscaras, que elevan el contenido de FDN (Mariscal-Landín et al., 2008). Sin embargo el contenido de fibra digestible es alto (7 %) debido a la presencia de pectinas (FEDNA, 2010).

El coeficiente de digestibilidad en cerdos del expeller de canola es inferior al de la harina de soja, atribuible al contenido de FDN (Berti, 2009; Liu et al., 2014), siendo mayor en adultos que en lechones (Seneviratne et al., 2010).

El contenido de energía digestible para el cerdo está determinado en gran medida por la cantidad de lípidos residuales del expeller, asociado al proceso de extracción y a la inclusión, o no, de las gomas que se retiran en el proceso de refinado del aceite. Grageola et al. (2013) señalan que el expeller obtenido por presión sin calentamiento previo del grano presenta mayor contenido de Energía Digestible (ED), asociado al mayor contenido de lípidos y mayor digestibilidad

de los mismos. La metabolización de la ED es del orden del 95 % (Rojo Gomez et al., 2001), y la eficiencia de la utilización de la energía metabolizable es mayor que en otros alimentos, asociado al alto contenido de lípidos (Montoya y Leterme, 2011; Landero et al., 2012). Montoya y Leterme (2009) así como Grageola et al. (2013) observan que la relación Energía Neta (EN)/ED en el expeller es de 0,69, por encima del 0,54 considerado normal en los alimentos concentrados para cerdos. Contrariamente, Rojo Gomez et al. (2001) y Smit et al. (2014) resaltan un menor rendimiento de la ED en EN, asociado a las pérdidas calóricas que se generan en el proceso de utilización de la fibra.

La proteína de la canola posee elevado contenido de aminoácidos azufrados, pero relativamente bajo en lisina, por lo que aparece como un complemento nutricional para la harina de soja (Rojo Gomez et al., 2001; Liu et al., 2014). FEDNA (2010), González-Vega y Stein (2012) así como Eklund et al. (2014), señalan que la digestibilidad de la proteína del expeller de canola es menor que la de harina de soja, debido a que su fibra tiene un efecto de fijación de la proteína en una matriz estructural. La digestibilidad ileal de la lisina y aminoácidos azufrados del expeller de canola es inferior a la harina de soja, con valores entre 71 y 75 % (Sauer, Cichon y Misir, 1982; Seneviratne et al., 2010; Trindade Neto et al., 2012; Maison y Stein, 2014). Maison y Stein (2014) observaron que el proceso de extracción del aceite afecta la disponibilidad ileal de proteína y aminoácidos, que es mayor en los expellers que en las harinas, lo que atribuyen al efecto del calentamiento. Sauer, Cichon y Misir (1982) señalan que la sustitución total de la soja por canola como fuente proteica para cerdos es factible, siempre que se considere el mayor aporte en aminoácidos azufrados y menor en lisina de la canola. Por su parte, Albar, Chauvel y Granier (2001), Raczy y Bell (1999) y Kiarie y Nyachoti (2007) concluyen que la asociación de harina de canola con arveja forrajera permite la sustitución total de la harina de soja en la dieta de cerdos en crecimiento-terminación, sin que se afecten los resultados productivos.

La arveja proteica o forrajera es una selección de arveja común (*Pisum sativum hortense*) utilizable tanto para alimentación humana como animal (Bariffi, 2002; Jezierny, Mosenthin y Bauer, 2010), con un valor nutritivo intermedio entre los cereales y la harina de soja (Castell, Guenter y Igbasan, 1996; Hickling, 2003). En Canadá y en Europa se utiliza en raciones para cerdos como alternativa a la harina de soja (Bourdon y Perez, 1982; Castell, Guenter y Igbasan,

1996; Crevieu-Gabriel, 1999; Hickling, 2003). En Uruguay la introducción de la arveja forrajera, de origen canadiense, data del año 2007, realizándose experiencias de cultivo y evaluaciones nutricionales de su inclusión en la alimentación animal, a nivel experimental y pruebas de campo por parte de productores (Bauza, Capra y Bratschi, 2013).

La semilla de arveja no contiene albumen y el almidón se almacena en las células del embrión (Grosjean et al., 1998; Hickling, 2003). Posee bajo contenido de polisacáridos no amiláceos (10-16 % de FDN y 8 % de FDA), con menos de 1 % de lignina. Contiene aproximadamente 5 % de α -galactósidos (sucrosa, estaquiosa, verbascosa y rafinosa) pero su potencial de generar gases en el tubo digestivo posterior es bajo (Castell, Guenter y Igbasan 1996; Hickling, 2003).

El contenido de proteína es variable (de 18 a 30 % de PC) dependiendo tanto de diferencias varietales (Grosjean et al., 1998) como de factores ambientales (Hickling, 2003). La proteína de las arvejas es más rica en lisina que la harina de soja (Perrot, 1995; Canibe y Eggum, 1997; Crevieu-Gabriel, 1999), pero posee niveles bajos de metionina, cistina y triptófano (Canibe y Eggum, 1997).

El contenido en aceites es bajo, del orden de 1,4 %, conteniendo ácidos grasos fundamentalmente insaturados (Hickling, 2003; FEDNA, 2010). Los valores de digestibilidad de la materia orgánica, proteína y energía de la arveja son del orden de 89, 86 y 87,4 %, respectivamente (Lund y Håkanson, 1986; Grosjean et al., 1998; Bauza, Capra y Bratschi, 2013). Montoya y Leterme (2011) observaron que la molienda del grano favorece su digestibilidad, aunque una molienda muy fina puede acelerar el tránsito digestivo reduciendo su hidrólisis y absorción (Crevieu-Gabriel, 1999; Le Gall et al., 2007). Bauza, Capra y Bratschi (2013) determinaron que dietas con 40 % de arveja tuvieron similares digestibilidades de materia seca, proteína y energía, que una dieta en base a maíz/harina de soja.

Canibe y Eggum (1997) determinaron que en cerdos una parte importante de la digestión de los carbohidratos de la arveja ocurre en el intestino grueso, como resultado de la degradación microbiana, generando ácidos grasos volátiles que son absorbidos casi en su totalidad (haciendo que la utilización digestiva total de los polisacáridos no amiláceos sea del orden del 70-80 % (Castell, Guenter y Igbasan, 1996; Stein y Bohlke, 2007; FEDNA, 2010; Stein, 2010).

La concentración de energía digestible para cerdos de las arvejas es similar a la del maíz o trigo (Bourdon y Perez, 1982; Stein, 2008; Montoya y Leterme, 2011;

Bauza, Capra y Bratschi, 2013) el rendimiento en Energía Metabolizable es inferior al maíz debido a que parte se obtiene por fermentación en el intestino grueso (Stein, 2008).

La digestibilidad de la proteína de la arveja es similar o ligeramente inferior a la de la harina de soja, siendo ambas superiores a la harina de colza (Bourdon y Perez, 1982; Crevieu-Gabriel, 1999; Eklund et al., 2014). La digestibilidad ileal estandarizada de la proteína de la arveja es del orden de 80 %, existiendo un incremento relativo de la proteína de origen endógeno, que hace que la digestibilidad aparente sea considerada menor que su valor real (Perrot, 1995; Mariscal-Landin et al., 2008; Le Gall et al., 2007; Eklund et al., 2014). El valor biológico de la proteína de dietas conteniendo 20 o 40 % de arvejas no tuvo diferencias con la de una dieta testigo en base a maíz y harina de soja (Bauza, Capra y Bratschi, 2013).

En cerdos en engorde, Hickling (2003), Mathé, Monégay y Gillou (2003) y Bauza, Capra y Bratschi (2013) indican que con niveles de hasta 40 % de arveja, los resultados productivos no difieren de las dietas control. Castell, Guenter y Igbasan (1996) así como Bauza, Capra y Bratschi (2013) concluyen que, en la práctica, el nivel de inclusión estará definido por el balance en nutrientes de la dieta y su costo final y no por un límite de tolerancia de los animales. Castell, Guenter y Igbasan (1996) y Racz y Bell (1999) concluyen que es posible incluir las arvejas como único suplemento proteico si se agregan aminoácidos azufrados y triptófano sintéticos. Otra opción manejada por Racz y Bell (1999) y Kiarie y Nyachoti (2007) es sustituir la totalidad de la harina de soja de una ración para cerdos por una mezcla de arveja y harina de canola, considerando la complementariedad en la composición en aminoácidos de ambas proteínas.

Este trabajo se realizó con el objetivo general de determinar la digestibilidad fecal aparente y el metabolismo proteico para cerdos en recría de dietas en base a maíz o sorgo bajo tanino, donde se sustituye la harina de soja por una combinación de expeller de canola y arveja forrajera.

Sus objetivos específicos fueron evaluar el efecto de la sustitución del maíz por sorgo BT sobre la digestibilidad fecal aparente y el aporte proteico de las dietas, y determinar la incidencia sobre el aporte nutritivo de la dieta de sustituir la harina de soja por una mezcla de arveja forrajera y expeller de canola.

Materiales y métodos

El ensayo fue realizado en la sala de digestibilidad y metabolismo ubicada en la Estación de Prueba de Porcinos de la Granja de Sayago de la Facultad de Agronomía, entre marzo y mayo de 2015. El protocolo experimental fue 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 y metabolismo proteico con cerdos en recría, y se evaluaron dietas isoproteicas e isoenergéticas, con niveles similares en lisina, cistina y metionina, de acuerdo a las recomendaciones de la Tabla de Requerimientos para Ganado Porcino del NRC (2012). Se estudiaron seis tratamientos:

- T1: (dieta testigo): maíz molido + harina de soja
- T2: en base a maíz, + 11 % de harina de soja + 23 % arveja + 12,5 expeller canola
- T3: en base a maíz, + 5 % de harina de soja + 30 % arveja + 16,3 expeller de canola
- T4: sorgo bajo tanino + harina de soja
- T5: en base a sorgo BT, + 13 % de harina de soja + 13,5 % arveja + 15 % expeller canola
- T6: en base a sorgo BT, + 5 % de harina de soja + 35 % arveja + 15,3 % expeller de canola

Origen y características de los alimentos estudiados

El grano de maíz, la harina de soja y el expeller de canola fueron adquiridos en plaza. El sorgo BT provino de las partidas adquiridas por ALUR para la elaboración de biocombustible. La arveja forrajera fue obtenida a través de la Cooperativa CALMER, de un socio que la produce con fines comerciales y para utilización propia.

La composición química de los alimentos se determinó en el Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía. Los resultados se presentan en el Cuadro 1.

Animales

Se utilizaron 24 cerdos machos, castrados, con un peso inicial de 43,43 (\pm 3,3) kg de peso vivo, de tipo genético uniforme (cruzamiento de las razas Large White, Landrace y Pietrain) provenientes de un criadero comercial. Los animales fueron mantenidos en igualdad de condiciones de alojamiento y alimentación hasta el comienzo del periodo experimental siendo asignados al azar a razón de cuatro por tratamiento.

Cuadro 1. Composición química de los alimentos utilizados (en base seca).

Alimento	Materia seca % (*)	Cenizas % (*)	PC% (*)	FDN % (*)	EE% (*)	CHOs % (**)	EB Mcal/kg (***)
Maíz molido	87,9	1,41	9,29	13,21	5,23	70,86	4,53
Sorgo BT molido	88,37	0,95	7,59	6,27	4,66	81,48	4,54
Arveja	87,66	3,15	22,9	22,47	1,31	50,17	4,45
Exp. de canola	89,6	6,73	42,25	46,35	1,43	3,24	4,58
Harina de soja	88,81	6,07	47,22	21,98	2,4	22,33	4,73

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

(**) Calculado por diferencia entre la MS y el resto de las fracciones analíticas

(***) Estimado a partir de la proporción de fracciones analíticas y su calor de combustión

Alojamiento

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

Alimentación

La oferta de alimento se estableció según el peso vivo de los animales y en base al aporte energético de la dieta tes-

tigo, siguiendo las recomendaciones de Noblet y Shi (1993) para estas pruebas: 2,4 veces el requerimiento energético para mantenimiento, estimado en 106 Kcal de Energía Metabolizable (EM) por kg de Peso Metabólico Corporal, calculado como $KPV^{0,75}$ (KPV = kg de peso vivo). Se asume que la EM = 0,96 ED. Para todos los tratamientos se ofreció el mismo aporte diario de materia seca (MS) y energía bruta (EB) por KPV que el testigo.

Las raciones experimentales fueron elaboradas de una sola vez al inicio de la prueba.

Las fórmulas porcentuales de las dietas y su composición química se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales (Base fresca).

Composición porcentual	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Maíz	68,2	51	46	—	—	—
Sorgo BT	—	—	====	66,3	56,15	42
Harina de soja	29,1	11	5	31	13	5
Arveja	—	23,15	23,15	—	13,15	35
Expeller de canola	—	12,15	16,15	—	15	15,3
Fosfato dicálcico	2	2	2	2	2	2
Núcleo vit min	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sal	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Composición química						
Proteína cruda (%)*	18,03	18,12	18,11	18,06	17,98	17,76
FDN (%) *	16,78	19,14	20,2	13,71	18,62	21,35
Energía bruta (Mcal/kg)**	3,89	3,8	3,83	3,81	3,82	3,79
Lisina % ***	0,97	0,98	0,98	0,97	0,96	1
Metionina + cistina % ***	0,56	0,55	0,55	0,57	0,58	0,55

(*) Determinado por análisis en laboratorio de Nutrición Animal de FAO.

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

(***) Calculado a partir de información de composición de los alimentos de tablas FEDNA y su proporción en la dieta.

Manejo experimental

Etapa de acostumbramiento

Se extendió por siete días desde que los animales fueron ubicados en sus jaulas hasta el comienzo de la etapa de recolección. En esta etapa se realizaron los ajustes en las jaulas para lograr una adecuada contención de los animales y permitir la colecta de las heces y orina en forma eficiente y sin contaminaciones.

Los animales fueron pesados al ser subidos a las jaulas para establecer la cantidad de alimento ofrecido, recibiendo durante este período la dieta correspondiente al tratamiento asignado.

Etapa de colecta

Se extendió durante cinco días. Se llevó registro diario por animal de las cantidades de alimento suministradas, los eventuales rechazos y la cantidad de heces y orina colectadas. La alimentación consistió en el suministro diario, en dos tomas iguales, a las 8 y 18 h, de las cantidades de alimento definidas por animal en función de su peso vivo. Diariamente, en la mañana, se realizó recolección total de las heces excretadas por cada cerdo, las que fueron pesadas, colocadas en bolsas de nylon identificadas y guardadas en freezer hasta la finalización del período de recolección.

La totalidad de orina excretada por animal fue colectada en un recipiente colocado debajo de la jaula conteniendo 30 ml de ácido clorhídrico 5N a los efectos de evitar la pérdida de N en forma de amonio. Se guardó diariamente 10 % de la orina emitida por animal, en recipientes plásticos que fueron mantenidos en freezer hasta el final del período de colecta.

Manejo de las muestras recolectadas

Las heces fueron descongeladas al finalizar la etapa de colecta y mezcladas constituyendo dos muestras compuestas por animal que fueron secadas a estufa a 60 °C, durante 72 horas. Al finalizar el secado se pesaron y molieron, conformando así la muestra para envío a laboratorio para determinar su composición química. Las muestras de orina se descongelaron y mezclaron en una muestra única por animal que fue enviada a laboratorio para determinación de N.

Análisis químico

Los análisis fueron realizados en el laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía.

En las muestras de heces se determinó: MS a 105 °C, PC, EE, FDN y cenizas; por diferencia se obtuvo el contenido de carbohidratos solubles (CHOs) y por cálculo a partir de las concentraciones y los calores de combustión se estimó la EB. En la orina se determinó la concentración de N por unidad de volumen y, por cálculo, el total de N excretado por animal durante el período experimental.

Cálculos realizados y parámetros determinados

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

Con esta información se realizó el cálculo de digestibilidad fecal aparente (DFA) de las fracciones: MS, MO, PC y EB a través de la fórmula:

$$DFA \% = [(Cantidad\ consumida - cantidad\ excretada\ en\ heces) / (Cantidad\ consumida)] \times 100$$

Se determinó el valor biológico aparente de la proteína y el valor proteico neto aparente de las dietas en estudio.

$$Valor\ proteico\ neto\ (\%) = [(N\ consumido - N\ en\ heces - N\ en\ orina) / (N\ consumido)] \times 100$$

$$Valor\ biológico\ de\ la\ proteína\ (\%) = [(N\ consumido - N\ en\ heces - N\ en\ orina) / (N\ consumido - N\ en\ heces)] \times 100$$

Diseño estadístico

El diseño estadístico utilizado fue parcelas al azar con distribución factorial de los tratamientos. La unidad experimental estuvo constituida por un animal. El modelo corresponde a una variable aleatoria con distribución normal, con la siguiente fórmula general:

$$Y_i = \mu + E_i + P_j + EP_{ij} + \epsilon_{iep}$$

siendo Y_i la variable de respuesta; μ la media poblacional; E_i el efecto de la i ésima fuente energética en estudio; P_j el efecto de la j ésima fuente proteica; EP_{ij} el efecto de la interacción entre los factores y ϵ_{iep} el error experimental.

Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante prueba F con niveles 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 iguales niveles de significación.

Resultados y discusión

Digestibilidad fecal aparente

Los resultados de digestibilidad fecal aparente de las fracciones analíticas de las dietas se presentan en el Cuadro 3.

Se registraron diferencias ($p \leq 0,05$) entre tratamientos para la DFA de materia seca y energía. La dieta T4, en base a sorgo BT y harina de soja, tuvo mejor aprovechamiento digestivo de estas fracciones, mientras que no se detectaron diferencias de los demás tratamientos entre sí. No se observaron diferencias entre dietas para la digestibilidad de la MO y la PC. Los resultados de DFA agrupados por fuente energética (Cuadro 4) indican que las dietas en base a sorgo BT tuvieron mejor digestibilidad de la MS y E ($p \leq 0,01$) que las que utilizaron el maíz como grano de base. Esta mejor utilización digestiva de las dietas en base a sorgo BT con respecto a las dietas con maíz había sido observada en algunos casos por Gaviria Retrepo (2003) y Nyannor et al. (2007), pero en general la bibliografía se refiere a la inexistencia de diferencias en la utilización digestiva de estos cereales (D'Alessandro et al., 1997; Macías, Díaz y Martínez, 2012; Liu, Selle y Cowieson, 2013). Bauza et al. (2016) observaron una tendencia a mayor

digestibilidad de las dietas con sorgo BT, particularmente cuando es suministrado en forma de silo de grano húmedo, efecto que fue atribuido a la fermentación sufrida durante el proceso de ensilado, que estaría facilitando la actividad de las enzimas digestivas.

Estos resultados permiten reafirmar la tesis, sostenida por Macías, Díaz y Martínez (2012), Martínez, Macías y Díaz (2012) y Bauza et al. (2016) sobre la posibilidad biológica de sustituir totalmente el maíz por sorgo BT en dietas para cerdos en engorde, realizando los ajustes necesarios de los demás componentes para mantener su aporte nutritivo.

Cuando la DFA de las dietas fue analizada en función de la fuente proteica (Cuadro 5), se observa que con 55 % de sustitución no se presentaron diferencias con respecto a las dietas con harina de soja. Se observaron diferencias ($p \leq 0,05$) en la digestibilidad de la MS al sustituir 83 % de la harina de soja por la mezcla de arveja y expeller de canola, efecto que estaría asociado al mayor contenido en FDN de las dietas incluyendo expeller de canola, que disminuye la digestibilidad, como mencionan Grageola et al. (2013) y Maison y Stein (2014). Sin embargo, no fue observada reducción de la digestibilidad de PC, MO y E como

Cuadro 3. Resultados de digestibilidad aparente por fracción.

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Nivel significación
Dig. aparente de la MS (%)	86,13±2,83 a	86,96±2,05 a	85,05±2,05 a	91,47±1,56 b	87,93±3,69 a	88,99±1,93 ab	0,05
Dig. aparente de la MO (%)	89,75±1,86	89,91±1,75	88,74±1,51	93,76±1,37	90,54±2,98	89,48±4,26	ns
Dig. aparente de la PC (%)	83,97±3,13	86,1±2,70	83,08±2,99	88,03±2,78	84,72±4,65	85,65±1,91	ns
Dig. aparente de la energía (%)	86,08±3,13 a	87,01±2,44 a	84,95±2,43 a	91,27±1,90 b	87,71±3,71 a	89,18±1,94 ab	0,05

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

Cuadro 4. Digestibilidad aparente por fracción según fuente energética.

FUENTE ENERGÉTICA	MAÍZ	SORGO	Nivel significación
Dig. aparente de la MS (%)	86,04±2,27 A	89,40±2,83 B	0,01
Dig. aparente de la MO (%)	89,46±1,64	91,26±3,39	ns
Dig. aparente de la PC (%)	84,38±2,70	86,14±3,33	ns
Dig. aparente de la energía (%)	86,02±2,58 A	89,39±2,85 B	0,01

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

Cuadro 5. Digestibilidad aparente por fracción según fuente proteica.

FUENTE PROTEICA	Solo soja	35% Sustitución	50% Sustitución	Nivel significación
Dig. aparente de la MS (%)	88,8±2,83 a	87,34±2,79 ab	87,02±2,80	0,05
Dig aparente de la MO (%)	91,75±2,63	90,23±2,29	88,80±2,99	ns
Dig. aparente de la PC (%)	86,00±3,13	85,41±3,60	84,36±2,70	ns
Dig. aparente de la energía (%)	88,68±3,67	87,36±2,93	87,07±3,04	ns

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

sostienen Seneviratne et al. (2010); Grageola et al. (2013) y Liu et al. (2014).

Esta observación se explicaría, en primer lugar, porque el nivel de inclusión de expeller se mantuvo en el entorno del 15 %, recomendado por Seneviratne et al. (2010) y Trindade Neto et al. (2012). En segundo lugar se deben considerar las características de la fibra de la canola, con una importante proporción de fibra digestible, dado por su alto contenido en pectinas, como lo indican Mariscal-Landin et al. (2008) y FEDNA (2010), que permitirían valores de digestibilidad superiores a lo esperado para el nivel de FDN. Por otra parte el nivel de inclusión de arveja estuvo por debajo de 40 %, límite máximo recomendado por Hickling (2003) y Mathé, Monégay y Gillou (2003), corroborado por Bauza, Capra y Bratschi (2013), para no afectar los valores de digestibilidad ni la performance de los cerdos.

Se plantea que sería posible sustituir hasta 83 % de la harina de soja, en dietas para cerdos, por una combinación de arveja forrajera y expeller de canola, respetando los límites de inclusión recomendados para estos alimentos, sin que se vea afectada la utilización digestiva de las mismas.

Valor proteico

El valor proteico de las dietas, expresado como valor biológico aparente de la proteína y valor proteico neto aparente se presenta en el Cuadro 6. No se observaron diferencias entre dietas para los indicadores analizados, como tampoco cuando se realiza la comparación agrupando los resultados de acuerdo a la fuente energética o proteica de la dieta (Cuadros 7 y 8).

Cuadro 6. Valor Proteico de las dietas estudiadas.

TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Nivel significación
Valor biológico de la proteína (%)	55,71±5,67	56,11±5,83	58,33±5,13	55,11±6,32	60,42±1,61	55,85±2,13	ns
Valor proteico neto (%)	46,68±3,65	48,34±5,64	49,52±4,90	48,5±2,71	52,25±3,33	47,82±2,01	ns

Cuadro 7. Valor proteico según fuente energética.

FUENTE ENERGÉTICA	MAÍZ	SORGO	Nivel significación
Valor biológico de la proteína (%)	56,72±4,73	57,13±3,71	ns
Valor proteico neto (%)	48,18±4,51	49,52±3,20	ns

Cuadro 8. Valor proteico según fuente proteica.

FUENTE PROTEICA	Solo soja	35% Sustitución	50% Sustitución	Nivel significación
Valor biológico de la proteína (%)	55,41±4,84	58,27±4,53	57,09±2,87	ns
Valor proteico neto (%)	47,59±3,13	50,30±4,77	48,67±3,58	ns

En este caso, no se apreció el efecto negativo de la karfirina del sorgo sobre el valor proteico de la dieta, como fue señalado por Louis, Lewis y Peo (1991); Nyannor et al. (2007); Garin, Barlocco y D'Alessandro (2007); Tokach, Goodband y DeRouchey (2012) y Liu, Selle y Cowieson (2013). Sobre este punto se hace notar la mejora genética realizada en el sorgo, que ha favorecido sus condiciones nutritivas (Goodband y Tokach, 2016) y que el resultado observado es el producto de la interacción de los distintos componentes de la dieta.

Un aspecto que caracteriza la proteína de la canola es su bajo contenido en lisina y alto en aminoácidos azufrados (Rojo Gomez et al., 2001; González-Vega y Stein, 2012; Eklund et al. 2014), mientras que la arveja es rica en lisina y pobre en cistina y metionina (Perrot, 1995; Canibe y Eggum, 1997; Crevieu-Gabriel, 1999; Bauza, Capra y Bratschi, 2013). Estos resultados confirman la complementariedad nutricional de las proteínas de la arveja forrajera y el expeller de canola, aspecto sostenido por Racz y Bell (1999), Kiarie y Nyachoti (2007) y Albar, Chauvel y Granier (2001), confirmando que en la medida que se ofrezca a los animales en crecimiento dietas que realicen un adecuado aporte en los aminoácidos esenciales limitantes, lisina y cistina/metionina, su valor nutricional no se ve afectado.

Estos resultados, obtenidos respetando los niveles de inclusión surgidos de trabajos anteriores, permiten pensar en la factibilidad de sustituir un importante porcentaje de harina de soja de la dieta de cerdos en engorde por una combinación de arveja forrajera y expeller de canola sin que se afecte su valor proteico. Se plantea que se debería estudiar la sustitución total de la soja por una combinación de arveja y expeller de canola, manteniendo el aporte en aminoácidos esenciales en los valores recomendados para la categoría, incluso mediante aminoácidos sintéticos.

Conclusiones

Es posible la sustitución total del maíz en dietas para cerdos en engorde por sorgo de bajo tanino sin que se vean afectados sus parámetros de digestibilidad y valor proteico. La sustitución de hasta 83 % de la harina de soja como fuente proteica para cerdos en engorde por una combinación de expeller de canola y arveja forrajera, respetando los límites de inclusión recomendados para estos alimentos, no modifica la digestibilidad ni el valor proteico de las dietas. Se recomienda continuar los estudios, reemplazando la totalidad de la soja por una combinación de arveja y expeller de canola o incluyendo aminoácidos sintéticos que permitan cubrir los aportes establecidos para la categoría en estudio.

Estos resultados deben ser corroborados mediante estudios de respuesta productiva de los animales, en términos de velocidad de crecimiento y eficiencia de conversión del alimento, asociados a su vez al resultado económico.

Agradecimientos

Hugo Martiniena, productor de cerdos que proporcionó los cerdos utilizados en la prueba.

Secciones Intendencia y Transportes de Facultad de Agronomía, Granja de Sayago, por su apoyo a la realización de las tareas requeridas para la ejecución del ensayo.

Ings. Agrs F. Rodríguez J. Iriñiz e I. Cristiani, técnicos de ALUR que facilitaron la obtención del grano de sorgo BT utilizado.

Ing. Agr. Pedro Otero que aportó el expeller de canola utilizado en la prueba

Miguel Sena, productor que aportó el grano de arveja forrajera utilizado.

Personal de Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía, donde se realizaron los análisis químicos.

Gustavo Oliveras, funcionario del Departamento de Producción Animal y Pasturas de Facultad de Agronomía por su participación en el trabajo de campo.

El ensayo es parte del FPTA 326 financiado en el marco de la Convocatoria 2012 por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) Uruguay.

Bibliografía

- Albar, J., Chauvel, J. y Granier, R. (2001). Incidence du taux de tourteau de colza sur les performances de post-sevrage et d'engraissement. *Journées de la Recherche Porcine*, 33, 197-203.
- Bariffi, H. (2002). Consideraciones generales sobre el cultivo de arveja proteica. *Balcarce: INTA*.
- 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 distintas formas de procesamiento en cerdos. *Agrociencia*, 20(1), 79-89.
- Bauza, R., Capra, G. y Bratschi, C. (2013). Evaluación de la arveja forrajera como alimento para cerdos en engorde. *Agrociencia*, 17(2), 91-98.
- Berti, A. (2009). La harina de colza ¿Nueva alternativa para la alimentación animal en Uruguay? En *Almanaque Banco de Seguros del Estado* (pp. 178-181). Montevideo: BSE.
- Bourdon, D. y Perez, J. M. (1982). Premiers résultats sur la valeur énergétique et azotée des pois proteagineux de printemps. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 14, 261-266.
- Bucaramanga: CORPOICA. Recuperado de
- Canibe, N. y Eggum, B. (1997). Digestibility of dried and toasted peas in pigs. 2: Ileal and total tract digestibility of amino acids, protein and other nutrients. *Animal Feed Science and Technology*, 64, 311-325.
- Castell, A. G., Guenter, W. y Igbasan, F. A. (1996). Nutritive value of peas for non-ruminant diets. *Animal Feed Science and Technology*, 60, 209-227.

- Chessa, A. (2015). El lugar actual y futuro del sorgo granífero en la gran zona agrícola de Argentina. Recuperado de [http://agroconsultasonline.com.ar/documento.html/EI%20lugar%20actual%20y%20futuro%20del%20Sorgo%20Gran%C3%ADfero%20en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20la%20gran%20zona%20agr%C3%ADcola%20de%20Argentina%20\(2015\).pdf?op=d&documento_id=618](http://agroconsultasonline.com.ar/documento.html/EI%20lugar%20actual%20y%20futuro%20del%20Sorgo%20Gran%C3%ADfero%20en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20la%20gran%20zona%20agr%C3%ADcola%20de%20Argentina%20(2015).pdf?op=d&documento_id=618)
- Cousins, B. W., Tanksley, T. D., Hnabe, 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.
- Creveu-Gabriel, I. (1999). Digestion des protéines végétales chez les monogastriques: Exemple des protéines de pois. *INRA Productions Animales*, 12(2), 147-161.
- Cuitiño, M. J. y Vera, M. (2016). Efecto de los taninos condensados en el rendimiento de sorgo granífero. *Revista INIA-Uruguay*, 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. Recuperado de <https://www.upc.edu.uy/nutricion?download=31:dallaandro-y-col-1997&start=10>
- Eklund, M., Caine, W. R., Sauer, W. C., Huang, G. S., Diebold, G., Schollenberger, M. y Mosenthin, R. (2014). True and standardized ileal digestibilities and specific ileal endogenous recoveries of crude protein and amino acid in soybean meal, rapeseed meal and peas fed to growing pigs. *Livestock Science*, 145, 174-182.
- FEDNA. (2010). Ingredientes para piensos (Tablas FEDNA 2010). Recuperado de <http://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>.
- Fekete, J. y Castaing, J. (1987). Utilisation de sorgos a diferentes teneurs en tanins 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*, 9(1-2), 93-95.
- Gaviria Retrepo, J. C. (2003). Importancia del tratamiento de las materias primas. Recuperado de <http://www.agroterra.com/blog/profesionales/importancia-del-tratamiento-de-las-materias-primas/75774/>.
- González-Vega, J. C. y Stein, H. H. (2012). Amino acid digestibility in canola, cottonseed and sunflower products fed to finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 90, 4391-4400.
- 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
- Grageola, F., Landero, J. L., Beltrana, E. y Cervantes, M. (2013). Energy and amino acid digestibility of expeller-pressed canola meal and cold-pressed cake in ileal-cannulated finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 186, 169-176.
- Grosjean, F. y Castaing, J. (1984). Comparaison de sorgos français a différentes teneurs en tanins dans l'alimentation du porc charcutier. *Journées de la Recherche Porcine*, 18, 301 - 306.
- Grosjean, F., Williate-Hazouard, I., Jondreville, C. y Peyronnet, C. (1998). Variabilité de la valeur alimentaire du pois pour les porcs, en liaison avec le milieu de production et les techniques culturales. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 30, 231-237.
- Hickling, D. (2001). Pasta de canola: Guía para la industria del pienso. Winnipeg: Canola Council of Canada.
- Hickling, D. (2003). Guía de la arveja canadiense para la industria forrajera. Winnipeg: Pulse Canadá.
- http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/chataing/Cursos/productos_naturales/taninos_2.pdf
- Jezierny, D., Mosenthin, E. y Bauer, E. (2010). The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 157, 111-128.
- Kiarie, E. y Nyachoti, C. M. 2007. Ileal digestibility of amino acids in co-extruded peas and full fat canola for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 139, 40-51.
- Landero, J. J., Beltrana, E., Cervantes, M., Araiza, A. B. y Zijlstra, R. T. (2012). The effect of feeding expeller-pressed canola meal on growth performance and diet nutrient digestibility in weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 171, 240-245.
- Latorre, S. J. y Calderon, C. A. (1998). Evaluación fisiológica y nutricional del efecto de los taninos en los principales sorgos graníferos (*Sorghum bicolor* (L.) moench) cultivados en Colombia.
- Le Gall, M., Quillien, L., Sève, B., Guéguen, J. y Lallés, J. P. (2007). Weaned piglets display low intestinal digestion of peas (*Pisum sativum* L.), lectin and pea albumin. *Journal of Animal Science*, 85, 2972-2981.
- 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.
- Liu, Y., Song, M., Maison, T. y Stein, H. H. (2014). Effects of protein concentration and heat treatment on concentration of digestible and Metabolizable energy and on amino acid digestibility in four sources of canola meal fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 92, 4466-4477.
- Louis, G. F., Lewis, A. J. y Peo, E. R. (1991). Feeding value of grain sorghum for the lactating sow. *Journal of Animal Science*, 69, 223-229.
- Lund, S. y Håkansson, J. (1986). Nutritional and growth studies with pea-crop meals and peas for growing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 16, 119-128.
- Macías, M., Díaz, C. y Martínez, O. (2012). Digestibilidad y flujo de digesta ileal en cerdos alimentados con granos de sorgo rojo en la dieta. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(6), 1-7.
- Maison, T. y Stein, H. H. (2014). Digestibility by growing pigs of amino acids in canola meal from North America and 00-rapeseed meal and 00-rapeseed expellers from Europa. *Journal of Animal Science*, 92, 3502-3514.
- Mariscal-Landin, G., Reis de Souza, T. C., Parra, J. E. y Aguilera, S. (2008). Ileal digestibility of protein and amino acids from canola meal in weaned piglets. *Livestock Science*, 116(1-3), 53-62.
- Martínez, O., Macías, M. y Díaz, C. (2012). Digestibilidad y flujo de digesta ileal en cerdos alimentados con harina de granos de sorgo en la dieta. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 19(3), 158-160.
- Mathé, D., Monéger, R. y Gillou, D. (2003). Effet du pois proteagineux sur les performances et le comportement du porc lors des transitions alimentaires. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 35, 127-132.
- Maupertuis, F., Quiniou, N., Royer, E., Guibert, J., Quinsac, A. y Peyronnet, C. (2011). Effets d'une utilisation continue et du mode de distribution du tourtear de colza sur les performances des porcs charcutiers. *Journées de la Recherche Porcine*, 43, 67-72.
- Messerschmidt, U., Eklund, M., Sauer, N., Rist, V. T. S., Rosenfelder, P., Spindler, H. K., ... y Mosenthin, R. (2014). Chemical composition and standardized ileal amino acid digestibility in rapeseed meals sourced from German oil mills for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 187, 68-76.
- Methol, M. (2016). Granos forrajeros: Situación y perspectivas. En *Anuario OPYPA 2015* (pp. 171-186). Montevideo: MGAP.
- Montoya, C. A. y Leterme, P. (2009). Determination of the digestible energy and prediction of the net content of toasted and non-toasted canola meals for Brassica juncea and Brassica napus in growing pigs by the total faecal collection and indigestible marker methods. *Canadian Journal of Animal Science*, 89, 481-487.

- Montoya, C. A. y Leterme, P. (2011). Effect of particle size on the digestible energy content of field pea (*Pisum sativum* L.) in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 169, 113-120.
- Noblet, J. y Shi, X. S. (1993). Comparative digestibility of energy and nutrients in growing pigs fed ad libitum and adult sows fed at maintenance. *Livestock Production Science*, 34, 137-152.
- NRC. (2012). *Nutrient Requirements of Swine* (11th ed.). Washington DC: National Academy Press.
- Nyannor, E. J., Adedokun, S. A., Hamaker, B. R., Ejeta, G. y Adeola, O. (2007). Nutritional evaluation of high-digestible sorghum for pigs and broiler chicks. *Journal of Animal Science*, 85, 196-203.
- Perrot, C. (1995). Les protéines de pois: de leur fonction dans la graine a leur utilisation en alimentation animale. *INRA Productions Animales*, 8(3), 151-164.
- Racz, V. J. y Bell, J. M. (1999). Feeding peas to swine. Government of Saskatchewan. Agriculture. Recuperado de <http://www.agriculture.gov.sk.ca>.
- Rojo Gomez, A., Perez Mendoza, V., Bayardo Uribe, A., Correa Cardona, H. y Cuaron Ibarguengoytia, J. (2001). Pasta de canola como suplemento proteico en dietas para la finalización de cerdos. *Técnica Pecuaria en México*, 39(3), 179-192.
- Sauer, W. C., Cichon, R. y Misir, R. (1982). Amino acid availability and protein quality of canola and rapeseed meal for pigs and rats. *Journal of Animal Science*, 54(2), 292-301.
- Seneviratne, R. W., Toung, M. G., Beltranena, E., Goonerwardene, L. A., Newkirk, R. W. y Zijlstra, R. T. (2010). The nutritional value of expeller pressed canola meal for grower-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 88, 2073-2083.
- Smit, M. N., Seneviratne, R. W., Young, M. G., Lanz, G., Zijlstra, R. T. y Beltranena, E. (2014). Feeding increasing inclusions of canola meal with distillers drier grains and soluble to growing-finishing barrows and gilts. *Animal Feed Science and Technology*, 189, 107-116.
- Souto, G. y Rava, C. (2016). Oleaginosos y derivados: situación y perspectivas. En: *Anuario OPYPA 2015* (pp.187-204). Montevideo: MGAP.
- Stein, H. (2008). Digestibility to swine of energy and nutrients in field beans. Recuperado de <http://nutrition.ansci.illinois.edu/sites/default/files/Proc2ndJtMtgMPAofNDandNDPC2.pdf>.
- Stein, H. (2010). Energy and nutrient concentration and digestibility in alternative feed ingredients and recommended inclusion rates. Recuperado de <http://nutrition.ansci.illinois.edu/sites/default/files/ProcAASV42AnnMtg.pdf>
- Stein, H. y Bohlke, R. A. (2007). The effects of thermal treatment of field peas (*Pisum sativum* L.) on nutrient and energy digestibility by growing pigs. *Journal of Animal Science*, 85, 1424-1431.
- Tokach, M., Goodband, B. y DeRouchey, J. (2012). Sorghum in swine production feeding guide. Recuperado de <http://texassorghum.org/wp-content/uploads/2011/09/Swine-Feeding-Guide.pdf>.
- Trindade Neto, M. A., Opepaju, F. O., Slominski, B. A. y Nyachoti, C. M. (2012). Ileal amino acid digestibility in canola meal from yellow-and black-seeded *Brassica napus* and *Brassica juncea* fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 90, 3477-3484.