

## Respuesta de cerdos en engorde a dietas con soja integral desactivada artesanalmente

Bauza Roberto<sup>1</sup>, Bratschi Cecilia<sup>1</sup>, Benítez Valentina<sup>1</sup>, Hirigoyen Andrés<sup>1</sup>, Grompone María<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Universidad de la República, Facultad de Química, Laboratorio de Grasas y Aceites. Uruguay

Recibido: 4/9/14 Aceptado: 27/9/15

### Resumen

Se evaluó la respuesta de cerdos a soja desactivada artesanalmente en dietas isoenergéticas e isoproteicas en base a maíz. Se utilizaron 28 machos castrados entre 40 y 105 kg de peso vivo asignados a cuatro tratamientos variando el suplemento proteico: T1: harina de soja, T2: poroto de soja cocido, T3: poroto de soja tostado, T4: poroto de soja crudo. Se evaluaron: consumo diario (CD) y total (CT) de alimento, ganancia diaria de peso (GP), índice de conversión (IC), rendimiento de carcasa (R), largo de res (L), espesor de grasa dorsal (GD), perfil lipídico de la grasa dorsal (PL). Los animales del T4 presentaron menor CD ( $P \leq 0,01$ ) sin diferencias en el CT. La GP fue mayor ( $P \leq 0,01$ ) para T1, sin diferencias entre T2 y T3 y menor para T4. T1 tuvo mejor IC que T4 ( $P \leq 0,01$ ) y T2 y T3 ( $P \leq 0,05$ ) mientras que T4 fue inferior ( $P \leq 0,01$ ). No se observaron diferencias en R ni GD, mientras que L fue mayor ( $P \leq 0,01$ ) para el T1. Se observaron diferencias en PL, con mayor contenido en PUFA y en los ácidos oleico, linoleico y linolénico en los tratamientos incluyendo poroto de soja integral ( $P \leq 0,01$ ). Se concluye que los tratamientos realizados al grano de soja mejoraron su valor nutricional con respecto al poroto crudo, aunque no se igualaron los resultados de la dieta testigo. Las carcasas provenientes de dietas con poroto de soja integral presentan menor valor industrial, pero mejor valor nutricional para consumo fresco que las basadas en harina de soja.

**Palabras clave:** alimentación de cerdos, métodos de desactivación de soja, calidad de carcasas, perfil lipídico

### Summary

## Response of Fattening Pigs to Diets with Whole Beans Handmade Deactivated

The response of pigs receiving handmade deactivated soybean in isoenergetic and isonitrogenous corn-based diets was evaluated. Twenty-eight barrows between 40 and 105 kg live weight were assigned to four treatments varying supplemental protein: T1: soybean meal, T2: cooked soybean, T3: roasted soybean, T4: raw soybean. Daily intake (CD) and total intake (CT) of food, daily weight gain (GP), feed conversion index (IC), dressing percentage (R), carcass length (L), backfat thickness (GD) and lipid profile of the fat (PL) were evaluated. T4 animals had lower CD ( $P \leq 0.01$ ) but no differences in CT. The GP was higher ( $P \leq 0.01$ ) for T1, with no difference between T2 and T3, and less for T4. T1 had better IC than T4 ( $P \leq 0.01$ ) and T2 and T3 ( $P \leq 0.05$ ), while T4 was lower ( $P \leq 0.01$ ). No differences were observed for R or GD; while L was higher ( $P \leq 0.01$ ) for T1. Differences in PL, with higher content of PUFA and oleic, linoleic, linolenic in the treatments including whole soybean ( $P \leq 0.01$ ) were observed. We concluded that the treatments used to deactivate soybeans improved their nutritional value, although the results of the control diet were not achieved. Carcass from diets with whole soybeans have less industrial value, but better nutritional value for fresh consumption than those based on soybean meal.

**Keywords:** swine nutrition, soybeans deactivation methods, carcass quality, lipid profile

## Introducción

Uruguay presenta un incremento de la producción de soja asociado al aumento del área sembrada y de la productividad. La superficie con soja pasa de 7 mil toneladas en el año agrícola 1999/2000 a 1:817 mil toneladas en el 2010/2011 (Ferrari, 2012), impulsado por el aumento en la demanda mundial y precios de aceites y harinas provocado por el desarrollo de los biocombustibles (Souto, 2011).

Actualmente en Uruguay se dispone de diversos coproductos derivados del procesamiento de la soja con destino a la elaboración de biodiesel (Hernández, 2008).

También existe en el mercado grano de soja integral, desactivado mediante calentamiento o extrusado, así como poroto integral crudo, que debe pasar por un proceso de desactivación para su uso en alimentación animal.

El poroto de soja se clasifica como un suplemento proteico y energético (Solano *et al.*, 2012), siendo valorado por su aporte en lisina, ácido linoleico y colina (de Blas *et al.*, 2003; Wijeratne, 2005; Echegaray, 2006; Cervantes-Pahm y Stein, 2008).

El aceite de soja posee 54 % de ácido linoleico (18:2) y 8 % de linoléico (18:3) (Navarro, 1993; de Blas *et al.*, 2003), determinantes de su valor nutricional (Bañón *et al.*, 2000).

La soja contiene menos de 1 % de almidón y 6-8 % de azúcares solubles, y presenta alrededor de 6 % de carbohidratos no amiláceos, oligosacáridos (de Blas *et al.*, 2003; Van Kempen *et al.*, 2006).

El grano de soja también posee factores antinutricionales: inhibidores de la tripsina (o factores de Kunitz y Bowman-Birk), que forman complejos estables, inactivos, con la tripsina y quimotripsina, haciendo que aumente su producción, provocando hipertrofia pancreática y mayores pérdidas endógenas (Han *et al.*, 1991; Huisman, 1991; Fan *et al.*, 1995); lectinas, glicoproteínas termolábiles que dañan la mucosa intestinal aumentando las pérdidas endógenas (Bellaver, 1999; Palacios *et al.*, 2004); factores antigénicos termoestables (glicinina y  $\beta$ -conglucina) que provocan atrofia en los vellosidades con reducción de la absorción y diarrea (Li *et al.*, 1991; Braun, 2000; de Blas *et al.*, 2003).

Herkelman *et al.* (1992) y Zollitsch *et al.* (1993) mencionan que para utilizar en alimentación animal se debe inactivar al menos el 80 % de los inhibidores. Como la mayoría son termolábiles se realiza un tratamiento térmico (Bellaver, 1999) estableciendo como rango óptimo entre 80 y 100 °C ya que, según Ramos *et al.* (2006), tratamientos superiores a 100 °C provocan pérdida de valor nutritivo, y por debajo de 70 °C son insuficientes.

La efectividad del desactivado depende de las condiciones de realización, especialmente el manejo de los tiempos y temperatura de tratamiento (Ramos *et al.*, 2006; Hirigoyen *et al.*, 2010; Bratschi *et al.*, 2010; González *et al.*, 2010).

Para controlar la calidad del procesamiento térmico se utilizan el Índice de Actividad Ureásica (IAU) y el Índice de Solubilidad del Nitrógeno (ISN) (Gaviria Restrepo, 2003). El IAU se basa en que el calor desnaturaliza la ureasa y los inhibidores de la tripsina en proporciones similares (Bellaver, 1999) estableciéndose un rango de aceptabilidad entre 0,05 y 0,20 de incremento de pH (Ramos *et al.*, 2006).

El sobrecalentamiento puede provocar daños en la proteína aun mayores que los de la falta de procesamiento (Van der Poel y Melcion, 1995). Para detectarlos se utiliza el Índice de Solubilidad Proteica (ISN) o el Índice de Dispersibilidad de la Proteína en agua (IDP) (Araba y Dale, 1990; de Blas *et al.*, 2003). Un tratamiento es óptimo cuando consigue productos con IDP entre 15 y 30 % (Gaviria Restrepo, 2003; Ramos *et al.*, 2006).

El poroto de soja integral crudo provoca una disminución cuadrática de las performances de cerdos cuando sustituye porcentajes crecientes de harina de soja, debido a la menor digestibilidad de la proteína (Pontif *et al.*, 1987; Southern *et al.*, 1990). Con los tratamientos térmicos se mejoran los resultados con respecto a utilizar poroto crudo, pero no siempre se alcanzan los valores de digestibilidad y performance de las dietas en base a harina de soja (de Blas *et al.*, 2003; Opapeju *et al.*, 2006; Bauza *et al.*, 2007; González *et al.*, 2010, 2011, 2014), atribuibles a una insuficiente inactivación de los factores antinutricionales.

Con niveles elevados de poroto de soja integral, un producto con mayor aporte de ED, del orden de 4280 kcal/kg (de Blas *et al.*, 2003) en la dieta, se cambia la fuente energética, pasando los lípidos a tener mayor importancia con respecto a los carbohidratos (Leszczynski *et al.*, 1992a), haciendo que algunas diferencias en los resultados de performance se deban a cambios en la relación Energía/Proteína de la dieta. Cannon *et al.* (1992), Leszczynski *et al.* (1992a), Zollitsch *et al.* (1993), y Shelton *et al.* (2001) no observaron diferencias en las performances de cerdos en terminación cuando reemplazaron la harina de soja por poroto integral desactivado por distintos métodos (tostado, extrusado o cocido) trabajando con dietas isoenergéticas.

El desarrollo muscular de cerdos recibiendo poroto de soja integral crudo fue menor que en cerdos recibiendo dietas con harina de soja, mejorando cuando fueron suplementados con lisina, triptófano y treonina (Southern *et al.*, 1990).

Shelton *et al.* (2001) observan que el poroto de soja integral extrusado como único suplemento en dietas isoproteicas (pero no isoenergéticas) para cerdos en engorde produce carcasas con mayor contenido de grasa dorsal, sin variar el contenido de grasa intramuscular (Bañón *et al.*, 2000; Leszczynski *et al.*, 1992b; Warnants *et al.*, 1999; Apple *et al.*, 2009).

Las dietas con alto contenido de poroto de soja integral producen cambios en la composición de la grasa del tocino, con un significativo incremento del contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Leszczynski *et al.*, 1992b; Zollitsch *et al.*, 1993; Spiner *et al.*, 1994) sin muchas diferencias en el contenido de ácidos grasos saturados produciendo un cambio en la relación PUFA:SFA con respecto a una dieta convencional (Warnants *et al.*, 1999; Apple *et al.*, 2009). Los mayores cambios se observan en los ácidos grasos de 18 carbonos con aumento del ácido linoleico, compensado por reducción del ácido oleico y aumento del  $\alpha$ -linolénico (18:3) (Leszczynski *et al.*, 1992b; Apple *et al.*, 2009).

Se genera una grasa de mala calidad industrial, blanda y con alto potencial de enranciamiento (Pontif *et al.*, 1987; Zollitsch *et al.*, 1993; Bañón *et al.*, 2000; Apple *et al.*, 2009), pero a su vez el ácido  $\alpha$ -linolénico es miembro de la serie de ácidos grasos  $\omega$ -3, de reconocido interés por sus beneficios sobre la salud (Cannon *et al.*, 1992; Leszczynski *et al.*, 1992b).

De Blas *et al.* (2003) y Yaceniuk (2010) recomiendan, para evitar el riesgo de deterioro de la calidad de la grasa a partir de los 90 kg, no superar el 10 % de soja integral, en combinación con maíz, a 20 % con otro cereal.

En el marco del proyecto sobre evaluación del valor nutritivo de poroto de soja, llevado a cabo en Facultad de Agronomía con financiamiento CSIC, se diseñaron y pusieron en funcionamiento un tostador a leña y un sistema de cocción utilizando gas, realizando pruebas de ajuste hasta la obtención de un producto artesanal que cumpla los niveles de aceptabilidad.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la performance, las características de las carcasas y el perfil lipídico de la grasa dorsal de cerdos recibiendo dietas conteniendo como única fuente proteica complementaria poroto de soja sometido a la cocción en agua o al tostado para desactivar los factores antinutricionales, cuantificando los resultados obtenidos con respecto al poroto crudo y en relación a una dieta estándar de maíz y harina de soja.

## Materiales y métodos

El ensayo se realizó entre los meses de octubre de 2010 y enero de 2011 en la Estación de Prueba de Porcinos de la Facultad de Agronomía en Montevideo.

Se evaluaron cuatro dietas isoenergéticas e isoproteicas utilizando diferentes productos del tratamiento de grano de soja. Estas fueron:

T1: dieta convencional en base a maíz y harina de soja (testigo positivo).

T2: dieta con maíz y poroto de soja desactivado por cocción.

T3: dieta con maíz y poroto de soja desactivado por tostado.

T4: dieta con maíz y poroto de soja crudo (testigo negativo).

## Alimentos evaluados

La harina de soja utilizada como «testigo positivo» corresponde a una harina de extracción de aceite por prensado y solvente, siendo adquirida en plaza.

El poroto de soja crudo fue adquirido en COOPAGRAN de la ciudad de José Enrique Rodó, siendo tomado de los silos de almacenaje de la cooperativa, proveniente de la zafra 2010. Este poroto fue utilizado crudo y procesado para los tratamientos de desactivado evaluados.

El poroto de soja integral desactivado por tostado fue obtenido mediante calentamiento en tostador a leña, accionado manualmente, durante 30 minutos (Figura 1). De acuerdo a ensayos previos (Bratschi *et al.*, 2010) la temperatura se mantuvo en el eje de los 85 °C, manejando la intensidad del fuego y la velocidad de rotación del tambor. El poroto tostado fue molido previo a su mezclado con el resto de los ingredientes que componían la dieta.

El poroto de soja integral desactivado por cocción se obtuvo siguiendo las indicaciones de Lon Wo (2007) y en base a los resultados presentados por Hirigoyen *et al.* (2010). Los porotos fueron sometidos a un proceso de remojado durante 4 h en una proporción agua:poroto de 2:1 y posterior cocción en agua durante 30 minutos desde que el agua inicia la ebullición. La cocción se realizó en un tacho calentado mediante boquilla de gas (Figura 2). El poroto cocido fue utilizado en las 48 h siguientes a su obtención para evitar los riesgos de fermentación, dado su consistencia no fue necesario realizar molienda, incorporándolo directamente a la premezcla con el resto de los ingredientes.



Figura 1. Tostador a leña utilizado en el ensayo.



Figura 2. Calentador a gas y tacho utilizado para la cocción de la soja.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de análisis de composición química realizados en el laboratorio de nutrición animal a los productos evaluados en el ensayo.

#### Dietas evaluadas

Se formularon dietas isoproteicas e isocalóricas en base seca. Para cada tratamiento se formularon dos dietas, para los periodos de recría y terminación respectivamente. La composición porcentual y resultados de los análisis realizados se presentan en los Cuadros 2 y 3.

Las raciones fueron elaboradas en la planta de raciones de INIA-Las Brujas. En las dietas 1, 3 y 4, los ingredientes fueron molidos y mezclados en la planta; en el caso de la dieta 2, se realizó el molido y mezclado de la mezcla de alimentos secos, siendo incorporado el poroto cocido en forma manual previo al suministro a los animales, para evitar las fermentaciones en un producto con alto contenido de agua.

Cuadro 1. Composición química de los productos de soja utilizados (<sup>1</sup>).

	Harina	Poroto cocido	Poroto tostado	Poroto crudo
Materia seca (MS) %	87,25	38,81	89,22	88,61
	<b>% en base seca</b>			
Proteína cruda	46,99	38,6	39,5	39,3
Extracto al éter	2,41	15,32	16,25	15,56
Índice de actividad ureásica	0,00	0,04	0,03	2,56

(<sup>1</sup>) Análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía.

**Cuadro 2.** Composición porcentual y química en base seca de las raciones utilizadas en recría.

Ingredientes %	T1	T2	T3	T4
Maíz	69,00	58,00	59,00	59,00
Afrechillo de arroz desgrasado	—	6,00	6,00	6,00
Harina de soja	27,50	—	—	—
Poroto de soja cocido	—	32,50	—	—
Poroto de soja tostado	—	—	31,50	—
Poroto de soja crudo	—	—	—	31,50
Concentrado vitamínico-mineral	3,00	3,00	3,00	3,00
Sal común	0,50	0,50	0,50	0,50
Aporte nutritivo (*)				
Materia seca %	86,30	55,51	87,65	87,61
Proteína cruda %	17,92	17,93	17,90	17,93
Energía digestible (Mcal/kg de MS) (**)	3,40	3,43	3,44	3,44

(\*) En base a los análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía.

(\*\*) Cálculo de EB a partir de composición química y calores de combustión; ED por ecuación NRC (2).

**Cuadro 3.** Composición porcentual y química en base seca de raciones utilizadas en terminación.

Ingredientes (%)	T1	T2	T3	T4
Maíz	37,50	35,00	35,00	35,00
Sorgo	38,00	34,50	34,50	34,50
Afrechillo de arroz desgrasado	—	1,00	1,00	1,00
Harina de soja	21,00	—	—	—
Poroto de soja cocido	—	26,00	—	—
Poroto de soja tostado	—	—	26,00	—
Poroto de soja crudo	—	—	—	26,00
Concentrado vitamínico-mineral	3,00	3,00	3,00	3,00
Sal común	0,50	0,50	0,50	0,50
Aporte nutritivo (*)				
MS %	87,25	67,89	88,89	87,37
Proteína cruda %	15,84	15,71	15,92	15,87
ED (Mcal/kg de MS) (**)	3,47	3,51	3,56	3,52

(\*) En base a los análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Agronomía.

(\*\*) Cálculo de EB a partir de composición química y calores de combustión; ED por ecuación NRC (2).

Animales: se utilizaron 28 cerdos machos castrados, del mismo tipo genético (híbrido Large White x Landrace), adquiridos en un criadero comercial, los que fueron asignados al azar a razón de siete animales por tratamiento. Los cerdos fueron evaluados en el rango de 42,4 ( $\pm 2$ ) a 101,4 ( $\pm 3,2$ ) kg de peso vivo, siendo distinguidas dos etapas: recría, hasta los 61,2 ( $\pm 1,91$ ) kg, y terminación desde los 61,2 ( $\pm 1,91$ ) kg hasta el peso final.

Condiciones de alojamiento y manejo experimental: los animales fueron alojados en bretes individuales, con piso de hormigón, ubicados en el local techado de la Estación de Pruebas de Porcinos de la Granja de Sayago de Facultad de Agronomía (Figura 3). Los bretes contaban con bebedero automático tipo chupete para el suministro de agua potable a voluntad y comederos de hormigón tipo batea. El suministro de ración fue a voluntad, con control semanal de consumos. Se



**Figura 3.** Cerdos en bretes individuales en Estación de Prueba de Porcinos.

realizó alimentación manual, una vez al día, retirando y pesando los rechazos en casos de existir. En los rechazos se realizó determinación de materia seca a los efectos de realizar corrección de consumo. Se realizó control semanal de peso: los animales fueron pesados cada siete días, previo a su alimentación, a primera hora de la mañana.

Faena y evaluación de carcasas: cuando los animales alcanzaron el peso de finalización de la prueba fueron trasladados y faenados en Matadero Puerto del Sauce. Se determinó el peso de ingreso a la planta de faena y, al finalizar la línea de faena, se registró el peso de las reses en caliente, con cabeza, para determinar rendimiento. Las reses luego de enfriadas fueron trasladadas a la planta de despiece de BELISAR SA, donde se midió con cinta métrica, sobre la media res izquierda colgada: largo de res (desde el borde anterior de la primer costilla al centro de la sínfisis pubiana) y espesor de grasa dorsal (promedio de las mediciones sobre la línea media dorsal a la altura de los puntos correspondientes a última costilla y músculo *Gluteus medius*).

Composición de las grasas: en la planta de despiece se retiraron muestras de grasa subcutánea en cuatro reses por tratamiento de animales recibiendo las dietas experimentales, sobre la línea dorsal de la media res izquierda, a nivel de la última costilla, siendo congeladas y enviadas al Laboratorio de Grasas y Aceites de Facultad de Química para determinación de perfil lipídico por cromatografía de gases. La extracción de los lípidos se hizo a temperatura ambiente con hexano:isopropanol en proporción 3:2. La

materia grasa extraída se derivatizó según la técnica IU-PAC 2.301 para obtener los ésteres metílicos y luego se realizó el análisis por cromatografía de gases (según técnica AOCS Ce 1c-89, AOCS Ce 1f-96). Se utilizó un equipo marca Shimadzu modelo 14B, provisto con una columna capilar Supelco SP-2560.

Parámetros evaluados: para cada uno de los periodos y para el total del ensayo se evaluaron los parámetros de performance: consumo promedio diario expresado como kilogramo de alimento consumidos en cada período/número de días en el periodo, y evolución del consumo promedio diario semanal a lo largo de la prueba); velocidad de crecimiento (ganancia de peso en el periodo considerado/el número de días en el periodo, expresado en g/día) e índice de conversión del alimento (kg de alimento necesario para 1 kg de ganancia de peso). A fin de obtener información comparable entre tratamientos, los datos de consumo fueron corregidos a un valor de alimento estandarizado con 90 % de MS. Con los datos de faena se calculó rendimiento en caliente con cabeza, largo de res y espesor de grasa dorsal. A partir de los análisis de las muestras de grasa dorsal se evaluaron las relaciones entre ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, expresados como porcentaje del total de ácidos grasos; y se estudió la concentración de los ácidos grasos esteárico, oleico, linoleico y linoléico para cada uno de los sistemas de alimentación evaluados.

### Modelo y análisis estadístico

Se aplicó un diseño de parcelas al azar, siendo la unidad de observación cada animal o canal. El modelo ajustado corresponde a una variable aleatoria con distribución normal, con la siguiente fórmula general:

$$y_i = \mu + D_i + \varepsilon_{in}$$

siendo:

$y_i$  la variable de respuesta;  $D_i$  el efecto del subproducto de soja utilizado;  $\varepsilon_{in}$  el error experimental. Los resultados fueron analizados mediante la 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

#### Performances

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de performance.

Los cerdos recibiendo la dieta T4 presentaron menor consumo diario de alimento ( $P \leq 0,01$ ), atribuible a la presencia de los factores antinutricionales que afectan la palatabilidad del poroto crudo, aspecto mencionado por Pontif *et al.* (1987), Southern *et al.* (1990), Cannon *et al.* (1992),

Gallardo y Gaggioti (2003) y consistente con los valores de IAU determinados en los productos de soja utilizados (Cuadro 1). En el caso de las dietas conteniendo poroto desactivado artesanalmente no se observaron diferencias en el consumo diario de materia seca con respecto a la dieta con harina de soja, también explicado por la baja concentración de factores antinutricionales en estos productos. En el caso del T2, el consumo de alimento fresco fue mayor (3,97 kg) que en las dietas T1 y T3, dado que los animales ajustaron su ingesta para compensar el menor contenido de MS de la ración ofrecida. En la Figura 4 se visualiza la evolución del consumo promedio diario semanal de las dietas en estudio. Coincidiendo con lo observado por Cannon *et al.* (1992), Leszczynski *et al.* (1992a), Zollitsch *et al.* (1993) y Shelton *et al.* (2001), con la utilización de dietas isoenergéticas no se dan las diferencias en el consumo mencionadas por Shelton *et al.* (2001) y Palacios *et al.* (2004), atribuibles a la mayor densidad energética que se genera por el mayor contenido de lípidos del poroto integral cuando se realiza la sustitución directa de la harina por poroto integral desactivado en dietas isoproteicas.

Los animales recibiendo la dieta testigo presentaron la mayor velocidad de crecimiento ( $P \leq 0,01$ ), alcanzando el peso de faena en 10 semanas, mientras que los que recibieron las dietas con poroto integral desactivado demoraron una semana más. La mayor velocidad de crecimiento de los animales del T1 se dio principalmente en la etapa de

**Cuadro 4.** Resultados de performance.

	Período de recría			
	T1	T2	T3	T4
Consumo diario de alimento (kg)	2,73 ± 0,16 A	2,62 ± 0,17 A	2,63 ± 0,18 A	2,20 ± 0,25 B
Velocidad de crecimiento (g/día)	741 ± 93 A	564 ± 92 B	618 ± 30 B	472 ± 77 C
Índice de conversión (kg/kg)	3,73 ± 0,62 A	4,64 ± 0,65 B	4,24 ± 0,22 A	4,70 ± 0,36 B
	Período de terminación			
	T1	T2	T3	T4
Consumo diario de alimento (kg)	3,49 ± 0,22 A	3,58 ± 0,15 A	3,44 ± 0,42 A	2,71 ± 0,24 B
Velocidad de crecimiento (g/día)	1063 ± 65 Aa	973 ± 61 Ab	980 ± 75 Ab	639 ± 110 Bc
Índice de conversión (kg/kg)	2,82 ± 0,33 Aa	3,26 ± 0,39 Abc	2,98 ± 0,48 Aa	3,84 ± 0,48 Bc
	Período total			
	T1	T2	T3	T4
Consumo diario de alimento (kg)	3,16 ± 0,22 A	3,08 ± 0,15 A	2,99 ± 0,42 A	2,46 ± 0,24 B
Velocidad de crecimiento (g/día)	933 ± 43 A	801 ± 74 B	807 ± 70 B	550 ± 95 C
Índice de conversión (kg/kg)	3,05 ± 0,27 Aa	3,61 ± 0,45 Ab	3,36 ± 0,30 Aab	4,23 ± 0,46 Bc

Aa: promedios seguidos de subíndices diferentes difieren significativamente ( $P \leq 0,01$  y 0,05, respectivamente).

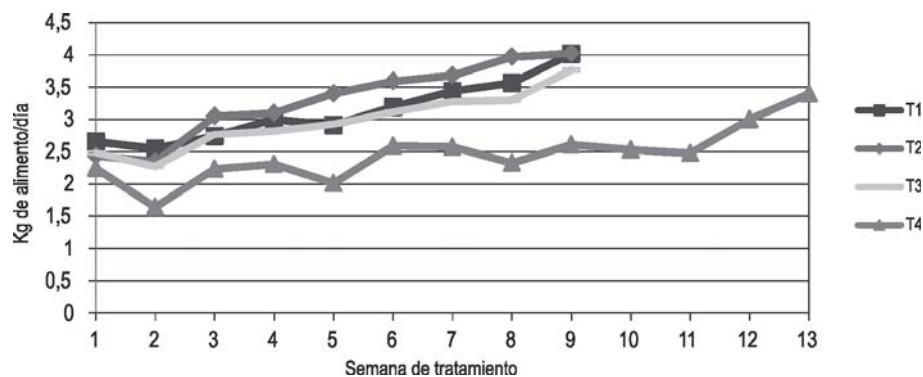


Figura 4. Evolución del consumo diario de alimento.

recría (Cuadro 4), y teniendo en cuenta que no existieron diferencias en el consumo de alimento, lo asociamos a un mejor aporte en aminoácidos disponibles de la dieta con harina, aspecto planteado por Southern *et al.* (1990).

Por su parte, el período de engorde de los cerdos recibiendo la dieta T4 (testigo negativo) con poroto crudo se prolongó durante 14 semanas, siendo interrumpido el ensayo sin que los animales alcanzaran los 102 kg establecidos en el protocolo. La ganancia diaria de peso del T4 (550 g/día) fue casi la mitad del T1 (933 g/día), lo que se asocia al menor consumo de esta dieta y a la peor eficiencia en su utilización. Pontif *et al.* (1987) y Southern *et al.* (1990) observaron que el poroto de soja integral crudo provoca una disminución cuadrática de las performances de cerdos cuando sustituye porcentajes crecientes de harina de soja, que los autores atribuyen a la menor digestibilidad de la proteína. Estos resultados son el reflejo de la presencia de los factores antinutricionales, que afectan la palatabilidad y la digestibilidad de las dietas, como mencionan Cannon *et al.* (1992) y González *et al.* (2010, 2014). En este ensayo, se realizó una sustitución total de la harina por poroto integral, lo que estaría explicando la importancia de las diferencias observadas entre tratamientos.

No se observaron diferencias entre los tratamientos conteniendo poroto de soja desactivado artesanalmente, pero ambos fueron inferiores al testigo ( $P \leq 0,01$ ).

Este resultado es coincidente con las apreciaciones de Blas *et al.* (2003); Opapeju *et al.* (2006); Bauza *et al.* (2007) y González *et al.* (2010, 2011, 2014), quienes afirman que con los tratamientos térmicos se mejoran los resultados con respecto a utilizar poroto crudo, pero no siempre se alcanzan los valores de digestibilidad y performance de las dietas en base a harina de soja, lo que atribuyen a una insuficiente o inadecuada inactivación de los fac-

tores antinutricionales. Estas limitantes pueden ser atribuidas tanto a una inactivación incompleta como a un efecto negativo del calentamiento sobre la calidad de la proteína, especialmente sobre la disponibilidad de la lisina, aspecto mencionado por Gaviria Restrepo (2003) y Ramos *et al.* (2006). Es de resaltar la dificultad que se presenta para obtener un grado calentamiento/inactivación uniforme en las diferentes tandas de elaboración, especialmente cuando se realiza el tostado con leña, coincidiendo con las aseveraciones de Roger *et al.* (2003) en cuanto a la dificultad de generalizar conclusiones con respecto a la efectividad de los tratamientos artesanales de inactivado.

Del punto de vista práctico, en la realidad este hecho se traduce por una semana más promedio del tiempo de engorde (Figura 5), aspecto que puede no ser de mucha importancia en la medida que se consiga un alimento de menor costo relativo con respecto a la dieta testigo.

Con respecto al Índice de Conversión de la materia seca, los resultados obtenidos señalan diferencias significativas ( $P \leq 0,01$ ) de las dietas con poroto tratado o harina de soja con respecto al T4, que fue inferior al resto. Se detectaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) de la dieta con harina con respecto al desactivado por cocción, mientras que los tratamientos con poroto desactivado artesanalmente no difieren entre sí. Este resultado es concordante con lo ya observado para los parámetros de consumo y ganancia de peso, coincidiendo con lo observado por Zollitsch *et al.* (1993), Bauza *et al.* (2007) y Yaceniuk (2010).

En síntesis, los resultados de performance obtenidos con la dieta con poroto sin tratar no dejan dudas acerca de su inconveniencia, dado que no solo se demora un 50 % más en alcanzar el peso de faena, sino que su costo en kg de alimento es también 30 % más alto con respecto a la harina o los otros métodos de desactivado evaluados, as-



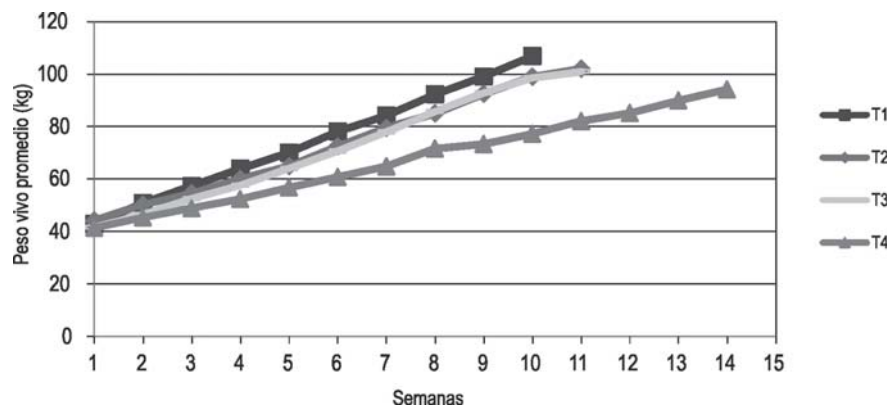


Figura 5. Evolución del peso vivo por tratamiento.

pecto que no justifica su adopción aun en condiciones de obtener este producto a muy bajo costo. Con las dietas conteniendo poroto desactivado artesanalmente no se logran los valores de ganancia de peso ni eficiencia obtenidos con la dieta testigo, lo que estaría demostrando que estos procesos no fueron suficientemente efectivos. Sin embargo se logra una importante mejora en las performances con respecto a las dietas incluyendo poroto sin tratar. La conveniencia de la utilización de estos productos va a depender del análisis económico que se realice en cada situación, especialmente considerando la posibilidad de utilizar poroto de soja obtenible localmente a bajo costo, siendo desactivado por los propios usuarios.

#### Carcasas

Las carcasas (Cuadro 5) de los cerdos del T1 fueron más largas, lo que podría explicarse por el mayor crecimiento observado en las etapas iniciales. No se observaron diferencias para rendimiento en caliente ni espesor de grasa dorsal, a pesar del mayor contenido de lípidos en las dietas conteniendo poroto de soja integral con respecto a la dieta con harina de soja, posiblemente como resultado de mantener similares niveles de energía y proteína entre tratamientos. A similares resultados habían llegado Southern *et al.* (1990), Cannon *et al.* (1992), Shelton *et al.* (2001), Capra *et al.* (2007b) así como Bratschi *et al.* (2011).

#### Perfil lipídico

El perfil lipídico de la grasa dorsal (Cuadro 6) de los cerdos recibiendo dietas conteniendo poroto de soja integral, desactivado o crudo, presenta diferencias en su composición con respecto a los animales que recibieron harina de soja como fuente proteica. La concentración de ácidos grasos saturados no presentó diferencias entre tratamientos, pero varió la proporción relativa entre los ácidos grasos individuales, con un mayor contenido en ácido palmítico ( $P \leq 0,05$ ) en los cerdos recibiendo harina de soja.

La proporción de ácidos grasos poliinsaturados es mayor en las dietas con poroto de soja integral ( $P \leq 0,01$ ), resultado concordante con lo observado por Leszczynski *et al.* (1992b); Zollitsch *et al.* (1993) y Spiner *et al.* (1994). En consecuencia se generó un cambio en la relación PUFA:SFA, que pasó de 0,38 en las dietas con harina de soja a valores de 0,55 a 0,72 en las dietas con poroto de soja integral, aspecto que coincide con lo señalado por Warnants *et al.* (1999), Capra *et al.* (2007a) y Apple *et al.* (2009). En las dietas con poroto integral se detectó un aumento en los ácidos grasos de 18 carbonos, observándose un mayor contenido ( $P \leq 0,05$ ) de ácido oleico, así como de linoleico y linolénico ( $P \leq 0,01$ ). Este resultado coincide con las observaciones de Leszczynski *et al.* (1992b), Warnants *et al.* (1999) y Apple *et al.* (2009), quienes explican el importante aumento en el contenido en ácido linoleico, un

Cuadro 5. Características de carcasa.

	T1	T2	T3	T4
Rendimiento en caliente %	75,64 ± 1,89 Aa	77,05 ± 1,36 Aa	75,96 ± 2,84 Aa	76,29 ± 2,17 Aa
Largo de res (cm)	87,02 ± 0,89 A	83,14 ± 3,44 B	83,29 ± 2,36 B	81,63 ± 0,9 B
Espesor de grasa dorsal (mm)	26,38 ± 3,68 Aa	28,47 ± 2,80 Aa	27,52 ± 1,52 Aa	26,67 ± 2,41 Aa

Aa: promedios seguidos de subíndices diferentes difieren significativamente ( $P \leq 0,01$  y 0,05, respectivamente).

**Cuadro 6.** Perfil lipídico de la grasa dorsal.

	T1	T2	T3	T4
% de saturados	37,27 ± 3,81 A	35,42 ± 0,64 A	33,46 ± 3,03 A	32,36 ± 1,41 A
% de monoinsaturados	45,35 ± 1,32 A	43,23 ± 0,65 A	40,67 ± 4,57 A	42,19 ± 1,26 A
% de poliinsaturados	14,01 ± 2,01 A	19,36 ± 1,89 B	24,21 ± 2,37 B	24,89 ± 0,91 B
Relación PUFA:SFA	0,38 A	0,55 B	0,72 B	0,77 B
% de ácido esteárico	11,59 ± 2,19 A	13,33 ± 1,53 A	11,68 ± 2,51 A	10,08 ± 1,03 A
% de ácido palmítico	23,28 ± 2,09 a	20,75 ± 1,89 b	21,34 ± 2,37 b	21,09 ± 0,91 b
% de ácido oleico	42,99 ± 0,97 a	41,21 ± 0,64 b	40,33 ± 1,71 b	40,69 ± 1,10 b
% de ácido linoleico	11,70 ± 1,10 A	18,35 ± 0,69 B	21,85 ± 2,25 B	22,64 ± 0,80 B
% de ácido linolénico	0,56 ± 0,10 A	1,47 ± 0,14 B	1,61 ± 0,12 B	1,64 ± 0,11 B

Aa: promedios en la línea seguidos de subíndices diferentes difieren significativamente ( $P \leq 0,01$  y  $0,05$ , respectivamente).

ácido graso esencial que no puede ser sintetizado *a novo* por el cerdo, dependiendo directamente del aporte en la dieta, que es compensado por una reducción del contenido en ácido oleico. En nuestro caso, no observamos disminución en la concentración de ácido oleico.

La composición en ácidos grasos de los tejidos del cerdo es determinada por la síntesis *a novo* y la deposición de los ácidos grasos dietéticos. Los ácidos grasos poliinsaturados de origen dietético son fácilmente incorporados en la grasa corporal de los cerdos, mientras que los monoinsaturados y los saturados tienen menos efecto en la composición de la grasa corporal (Warnants *et al.*, 1999). Apple *et al.* (2009) destaca que la grasa dietética es efectiva en inhibir la síntesis *a novo* de ácidos grasos, en favor de la deposición directa de los ácidos grasos de la dieta en el tejido adiposo. Por su parte Warnants *et al.* (1999) y Xu *et al.* (2010) demostraron que el suministro de dietas con alto contenido de PUFAs reduce la síntesis de 18:1 en el tejido adiposo, por disminución de la actividad de la esteroil-CoA desaturasa.

Como consecuencia se genera una grasa de inadecuada calidad industrial, blanda y con alto potencial de enranciamiento, como lo indican Pontif *et al.* (1987), Zollitsch *et al.* (1993), Bañón *et al.* (2000) y Apple *et al.* (2009). En caso de destinar estas carcasas a la industria chacinera, coincidiendo con de Blas *et al.* (2003) y Yaceniuk (2010), lo recomendable es modificar la dieta al final del periodo de engorde, limitando o eliminando la inclusión de la soja integral, a los efectos de mantener el valor industrial de las carcasas.

Sin embargo, si el destino final de estas carcasas es con destino al mercado de cortes para consumo fresco, el valor

nutricional de la carne proveniente de dietas conteniendo soja integral es mayor, asociado a la mayor concentración en ácido  $\alpha$ -linolénico, miembro de la serie de ácidos grasos  $\omega$ -3, de reconocido interés por sus beneficios sobre la salud, aspecto destacado por Cannon *et al.* (1992) y Leszczynski *et al.* (1992b).

## Conclusiones

El suministro de poroto de soja crudo afecta negativamente las performances de los cerdos, por un menor consumo y baja eficiencia de utilización, que se refleja en menor tasa de crecimiento, mientras que con dietas conteniendo poroto desactivado están poco por debajo de los que reciben harina de soja como suplemento proteico.

Los procesos de desactivación artesanal de tostado o cocido evaluados mejoran las características nutricionales del poroto de soja aunque no se alcancen los niveles de performance obtenidos con la dieta basada en harina de soja. La conveniencia práctica de su utilización dependerá del resultado económico logrado.

La utilización de poroto de soja integral en dietas isoproteicas e isoenergéticas no afecta las características de carcasa como rendimiento y espesor de grasa dorsal.

El perfil lipídico de las carcasas provenientes de cerdos recibiendo poroto de soja integral presentan mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados, siendo significativos los mayores valores de ácido oleico, linoleico y linolénico, que si bien disminuyen la calidad chacinera del producto, determinan un producto de mayor valor nutricional cuando es destinado al consumo fresco.

## Agradecimientos

Daniel Agüero, funcionario de campo del Departamento de Producción Animal y Pasturas de Facultad de Agronomía, encargado de la atención de los animales en su etapa experimental.

Personal de planta de raciones de la Estación Experimental de INIA Las Brujas, que nos facilitó la molienda y mezclado de los ingredientes de las dietas experimentales.

Filiales COOPAGRAN de Pueblo Riso y José Enrique Rodó, que nos suministraron el poroto de soja utilizado en los ensayos.

Julio César Hirigoyen, que construyó el tostador giratorio utilizado para desactivar el poroto de soja aportando su permanente buena disposición para su modificación y ajuste hasta lograr un funcionamiento satisfactorio.

Sr. Loustanau y personal del Matadero Puerto del Sauce que permitieron y facilitaron las tareas de control e identificación de carcasas en la faena.

Mauricio Baridon y personal de la planta de desosado de BELISAR SA que permitieron y facilitaron las tareas de toma de muestras y control de rendimiento en planta.

## Bibliografía

- Apple JK, Maxwell CV, Galloway DL, Hutchison S, Hamilton CR. 2009. Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: I. Growth performance and longissimus muscle fatty acid composition. *Journal of Animal Science*, 87: 1407-1422.
- Araba M, Dale N. 1990. Evaluation of protein solubility as an indicator of over processing soybean meal. *Poultry Science*, 69(1): 76-83.
- Bañón S, Granados MV, Cayuela JM, Gil MD, Costa E, Garrido MD. 2000. Calidad de la grasa obtenida a partir de cerdos magros. *Anales Veterinarios (Murcia)*, 16: 77-88.
- Bauza R, Gonzalez A, Silva D, Capra G, Echenique A, Grompone M. 2007. Evaluación de la inclusión de grano de soja desactivado, afrechillo de arroz integral o suero de queso en la dieta de cerdos en engorde: 1. Efecto sobre el comportamiento. *Agrociencia (Uruguay)*, (NE): 47-52.
- Bellaver C. 1999. Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. En: Anais do Congresso brasileiro de soja; 1999; Londrina, PR: Embrapa Soja. p.183-199.
- Bratschi C, Benitez V, Saadoun A, Grompone A, Cabrera C, Hirigoyen A, Bauza R. 2011. Evaluación de la calidad de carne y grasa de cerdos alimentados con distintos subproductos de la soja [Cd-Rom]. En: XXII Reunión ALPA; 2011; Montevideo, Uruguay. Poster J8.
- Bratschi C, Hirigoyen A, Furtado S, Arias G, González A, Bauza R. 2010. Caracterización química del grano de soja sometido a diferentes tratamientos de desactivación: 2. Efecto del tostado. *Agrociencia*, 14(3): 202.
- Braun RO. 2000. Técnicas de procesamiento de granos que mejoran la eficiencia alimentaria en la producción animal. En: Actualización y comercialización del sector porcino. Buenos Aires: Pontificia Universidad Católica «Santa María de los Buenos Aires». 16p.
- Cannon JE, Bechtel PJ, Easter RA, Cook H, McKeith FK, Leszczynski DE. 1992. Effects of diet containing extruded full-fat soybeans or butter on the growth, composition, and sensory characteristics of pork. *Journal of Animal Science*, 70: 3651-3656.
- Capra G, Echenique A, Grompone M, Bauza R, Gonzalez A, Silva D. 2007a. Evaluación de la inclusión de grano de soja desactivado, afrechillo de arroz integral o suero de queso en la dieta de cerdos en engorde: 3. Efecto sobre el perfil lipídico de la grasa subcutánea. *Agrociencia (Uruguay)*, (NE): 59-63.
- Capra G, Echenique A, Grompone M, Bauza R, Gonzalez A, Silva D. 2007b. Evaluación de la inclusión de grano de soja desactivado, afrechillo de arroz integral o suero de queso en la dieta de cerdos en engorde: 2. Efecto sobre la calidad de canal y carne. *Agrociencia (Uruguay)*, (NE): 53-57.
- Cervantes-Pahm SK, Stein HH. 2008. Effect of dietary soybean oil and soybean protein concentration on the concentration of digestible amino acids in soybean products fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*, 86: 1841-1849.
- de Blas C, Mateos GG, Garcia-Rebollar P. 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos. 2da ed. Madrid: FEDNA. 423p.
- Echegaray JK. 2006. La soja integral en la alimentación avícola [En línea]. Consultado octubre 2013. Disponible en: [http://www.wpsa-aeca.es/aeca\\_imgs\\_docs/05\\_06\\_51\\_SojaIntegral.pdf](http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/05_06_51_SojaIntegral.pdf).
- Fan MZ, Sauer WC, de Lange CFM. 1995. Amino acid digestibility in soybean meal, extruded soybean and full-fat canola for early-weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology* 52: 189-203.
- Ferrari JM. 2012. Cultivos cerealeros e industriales [En línea]. En: Anuario estadístico agropecuario 2012. Montevideo: DIEA. pp. 82-97. Consulta octubre 2015. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/Diea/anterior/Anuario2012/DIEA-Anuario-2012web.pdf>
- Gallardo M, Caggioti M. 2003. Como utilizar la soja y sus subproductos en la alimentación del ganado [En línea]. Consultado octubre 2015. Disponible en: [http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/art\\_divulgacion/soja\\_subproductos.htm](http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/art_divulgacion/soja_subproductos.htm).
- Gaviria Restrepo JC. 2003. Importancia del tratamiento de las materias primas [En línea]. Consultado octubre 2015. Disponible en: <http://www.agrolerra.com/blog/profesionales/importancia-del-tratamiento-de-las-materias-primas/75774/>.
- González A, Marichal M, Bauza R, Bentancur O, Bratschi C, Leivas Pacheco R, Vignolo M. 2014. Evaluación de alternativas de procesamiento del grano de soja para mejorar su aprovechamiento para la alimentación animal. *Livestock Research for Rural Development*, 26(2): 67-75.
- González A, Bauza R, Bentancur O, Bratschi C. 2011. Valor nutritivo de soja integral y sus subproductos para cerdos en crecimiento [Cd-Rom]. En: Resumen in XXII Reunión ALPA; 2011; Montevideo. Póster J13.
- González A, Bauza R, Bentancur O, Bratschi C, Hirigoyen A, Leivas R, Vignolo M, Arias G, Furtado S. 2010. Utilización del grano de soja integral en la alimentación de cerdos en crecimiento. *Agrociencia (Uruguay)*, 14(3): 204.
- Han Y, Parsons CM, Hymowitz T. 1991. Nutritional evaluation of soybean varying in trypsin inhibitor content. *Poultry Science*, 70: 896-906.
- Herkelman HK, Cromwell GI, Stahly TS, Pfeiffer TW, Knabe DA. 1992. Apparent digestibility of amino acids in raw and heated conventional and low-trypsin-inhibitor soybeans for pigs. *Journal of Animal Science*, 70: 818-826.
- Hernández A. 2008. El mercado de la soja en Uruguay [En línea]. En: El mercado de la soja en los países del Consejo Agropecuario del Sur. IICA, REDPA, CAS. pp. 122-143. Consultado octubre 2015. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/dgp/EI%20mercado%20de%20la%20soja%20en%20los%20países%20del%20CAS%202008.pdf>.

- Hirigoyen A, Bratschi C, Furtado S, Arias G, González A, Bauza R. 2010. Caracterización química del grano de soja sometido a diferentes tratamientos de desactivación: 1. Efecto del cocimiento en agua. *Agrociencia (Uruguay)*, 14(3):205.
- Huisman J. 1991. Antinutritional factors in poultry feeds and their management. En: Proceedings of 8th European Symposium on Poultry Nutrition; 14 - 17 octubre, 1991; Venecia, Mestre, Italia. Venecia: World's Poultry Science Association. pp. 42 - 59.
- Leszczynski DE, Pikul J, Easter RA, McKeith FK, McLaren DG, Novakofski J, Bechtel PJ, Jewell DE. 1992a. Effect of feeding finishing pigs extruded full-fat soybeans on performance and pork quality. *Journal of Animal Science*, 70: 2167 - 2174.
- Leszczynski DE, Pikul J, Easter RA, McKeith FK, McLaren DG, Novakofski J, Bechtel PJ, Jewell DE. 1992b. Characterization of lipid in loin and bacon from finishing pigs fed full-fat soybeans or tallow. *Journal of Animal Science*, 70: 2175 - 2181.
- Li DF, Nelssen JL, Reddy PG, Blecha F, Klemm RD, Giesting DW, Hancock JD, Allee GL, Goodband RD. 1991. Measuring suitability of soybeans products for early-weaned pigs with immunological criteria. *Journal of Animal Science*, 69: 3299 - 3307.
- Lon Wo E. 2007. Procesos tecnológicos para elevar el valor nutritivo de los alimentos. En: IX Encuentro de nutrición y producción de animales monogástricos. Montevideo: Facultad de Agronomía. pp 41 - 48.
- Navarro HA. 1993. Nuevos conceptos de la soja integral en la alimentación avícola [En línea]. *Revista Soyanocticias*, 1 - 5. Consultado octubre 2015. Disponible en: [http://www.wpsa-aeca.es/aeca\\_imgs\\_docs/05\\_06\\_51\\_SojaIntegral.pdf](http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/05_06_51_SojaIntegral.pdf)
- Opapeju FO, Golian A, Nyachoti CM, Campbell LD. 2006. Amino acid digestibility in dry extruded- expelled soybean meal fed to pigs and poultry. *Journal of Animal Science*, 84: 1130 - 1137.
- Palacios MF, Easter RA, Soltwedel KT, Parsons CM, Douglas MW, Hymowitz T, Pettigrew JE. 2004. Effect of soybean variety and processing on growth performance of young chicks and pigs. *Journal of Animal Science*, 82: 1108 - 1114.
- Pontif JE, Southern LL, Coombs DF, McMillin KW, Bidner TD, Watkins KL. 1987. Gain, feed efficiency and carcass quality of finishing swine fed raw soybeans. *Journal of Animal Science*, 64: 117 - 181.
- Ramos N, Lúquez J, Eyherabide G. 2006. Calidad de la harina de soja sometida a distintos tratamientos térmicos para inactivar los factores antinutricionales [En línea]. Consultado octubre 2015. Disponible en: [http://www.acsoja.org.ar/images/cms/contenidos/615\\_b.pdf](http://www.acsoja.org.ar/images/cms/contenidos/615_b.pdf).
- Roger E, Albar J, Granier R. 2003. Incidence de l'origine et du traitement thermique des graines de soja dans l'alimentation du porcelet en 2eme age. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 35: 89 - 96.
- Shelton JL, Hemman MD, Strode RM, Brashear GL, Ellis M, Mc Keith FK, Bidner TD, Southern LL. 2001. Effect of different protein sources on growth and carcass traits in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 79: 2428 - 2435.
- Solano G, Fonseca T, Santiesteban R. 2012. Proteína, aminoácidos y grasa en el grano de variedades de soja (*Glycine max* (L) Merry) cultivadas en el oriente de Cuba. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 19(4): 241 - 245.
- Southern LL, Pontif JE, Watkins LL, Coombs DF. 1990. Amino acid-supplemented raw soybean diets for finishing swine. *Journal of Animal Science*, 68: 2387 - 2393.
- Souto G. 2011. Oleaginosas y derivados: situación y perspectivas [En línea]. En: Anuario 2011 OPYPA. Montevideo: MGAP. pp. 139 - 151. Consultado octubre 2015. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/opypapublicaciones/ANUARIOS/Anuario06/docs/13%20-%20oleaginosos.pdf>.
- Spiner, Naum L, Caminotti S, Brunori J, Legasa A, Garcia P. 1994. Comportamiento de la soja integral desactivada como fuente proteica en raciones para cerdos y su efecto sobre la composición de los depósitos grasos. Marcos Juarez: INTA Marcos Juarez. 4p. (Hoja informativa; 274).
- Van der Poel T, Melcion JP. 1995. Antinutritional factors and process technology: Principles, adequacy and optimization. *Feed Mix*, 3(2): 17 - 21.
- Van Kempen TA, van Heugten E, Moeser AJ, Muley NS, Sewalt VJ. 2006. Selecting soybean meal characteristics preferred on swine nutrition. *Journal of Animal Sciences*, 84: 1387 - 1395.
- Warnants N, Van Oeckel MJ, Boucqué CV. 1999. Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids into pork fatty tissues. *Journal of Animal Science*, 77: 2478 - 2490.
- Wijeratne WB. 2005. Propiedades funcionales de las proteínas de soja en un sistema de alimentos. *Industria Alimentaria (México)*, 27(6): 10 - 18.
- Xu G, Baidoo SK, Johnston L, Bibus D, Cannon JE, Shurson GC. 2010. Effects of feeding diets containing increased content of corn distillers dried grains with solubles to grower-finisher pigs on growth performance, carcass composition and pork fatty quality. *Journal of Animal Science*, 88: 1398 - 1410.
- Yaceniuk M. 2010. Full fat soybeans in swine rations [En línea]. Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives. Consultado octubre 2015. Disponible en: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/livestock/production/pork/print/full-fat-soybeans-in-swine-rations.html>.
- Zollitsch W, Wetscherek W, Lettner F. 1993. Use of differently processed full-fat soybeans in a diet for pig fattening. *Animal Feed Science and Technology*, 41: 237 - 246.